



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ДГТУ)**

Составитель

профессор к.т.н. Решенкин А.С.

Учебно-методические материалы лекционного курса

по дисциплине «Основы ремонта средств аэродромно-технического
обеспечения»

Ростов-на-Дону 2017

Содержание

Содержание	2
Глава 1 МОЙКА И ОЧИСТКА ДЕТАЛЕЙ	6
1.1. ВИДЫ И ХАРАКТЕР ЗАГРЯЗНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ	6
1.2. МОЮЩИЕ СРЕДСТВА	10
1.3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МОЙКИ И ОЧИСТКИ	17
1.4. ОХРАНА ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	25
Глава 2 ДЕФЕКТАЦИЯ И СОРТИРОВКА ДЕТАЛЕЙ	30
2.1. СУЩНОСТЬ ДЕФЕКТАЦИИ И СОРТИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ	30
2.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ ДЕТАЛЕЙ	31
2.3. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ РАЗМЕРОВ, ФОРМЫ И ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ	34
2.4. МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ СКРЫТЫХ ДЕФЕКТОВ	41
2.5. ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА ДЛЯ ДЕФЕКТАЦИИ	64
2.5.1. Рентгеновский и гамма-методы	64
2.5.2. Капиллярный метод Аппаратура и приспособления.	66
2.5.3. Ультразвуковой метод	68
2.5.4. Магнитопорошковый метод	70
2.5.5. Импедансный метод	74
2.5.6. Велосимметрический метод	77
2.5.7. Метод вихревых токов	79
2.6. СОРТИРОВКА ДЕТАЛИ ПО ГРУППАМ ГОДНОСТИ И ПО МАРШРУТАМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ	83
Глава 3 КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ	87
3.1. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ	87
3.2. СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ	88
Глава 4 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ОБРАБОТКОЙ ПОД РЕМОНТНЫЙ РАЗМЕР	93
4.1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СПОСОБА	93
4.2. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЯ И ЧИСЛА РЕМОНТНЫХ РАЗМЕРОВ	94
4.3. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	96
Глава 5 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОСТАНОВКОЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ РЕМОНТНОЙ ДЕТАЛИ	105
5.1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СПОСОБА	105
1.2. СПОСОБЫ КРЕПЛЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РЕМОНТНЫХ ДЕТАЛЕЙ	108
1.3. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА	111
Глава 6 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ	123
6.1. СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ	123
6.2. КЛАССИФИКАЦИЯ И ВИДЫ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ	125
6.3. ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ	152
6.4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ	162
Глава 7 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКОЙ И НАПЛАВКОЙ	166
7.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ВАРКИ	166
7.2. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ	167
7.3. СВАРКА И НАПЛАВКА ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА	173
7.4. СВАРКА И НАПЛАВКА В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ	183
7.5. ВИБРОДУГОВАЯ НАПЛАВКА ДЕТАЛЕЙ	195
7.6. СВАРКА ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЕЙ	198

Глава 8 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПЕРСПЕКТИВНЫМИ СПОСОБАМИ СВАРКИ И НАПЛАВКИ.....	204
8.1. ЭЛЕКТРОКОНТАКТНАЯ ПРИВАРКА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СЛОЯ	204
8.2. ИНДУКЦИОННАЯ НАПЛАВКА	210
8.3. ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА И НАПЛАВКА	230
Глава 9 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ	232
9.1. СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА НАПЫЛЕНИЯ	232
9.2. СПОСОБЫ ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ.....	233
9.2.1. Электродуговое напыление	233
9.2.2. Газоплазменное напыление	237
9.2.3. Высокочастотное напыление.....	243
9.2.4. Плазменное напыление	244
9.2.5. Детонационное напыление	246
9.2.6. Упрочнение конденсацией металла с мойной бомбардировкой.....	248
Глава 10 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ГАЛЬВАНИЧЕСКИМ И ХИМИЧЕСКИМ НАРАЩИВАНИЕМ МАТЕРИАЛА	251
10.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО И ХИМИЧЕСКОГО НАРАЩИВАНИЯ МАТЕРИАЛА	251
10.1. ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ К НАНЕСЕНИЮ ПОКРЫТИЙ	257
10.3. ХРОМИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ	263
10.4. ЖЕЛЕЗНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ	266
10.5. ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫЕ ПОКРЫТИЯ	269
10.6. ВНЕВДННЫЕ И БЕЗВАННЫЕ СПОСОБЫ НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ.....	274
10.7. ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ.....	277
10.9. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	285
Глава 11 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ СИНТЕТИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ	287
11.1. ХАРАКТЕРИСТИКА СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ.....	287
11.1. НАНЕСЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ.....	288
11.3. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ	292
11.4. СОЕДИНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ.....	297
11.5. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ.....	299
Глава 12 МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ.....	310
12.1. БАЗИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ.....	310
12.2. ОБРАБОТКА НАПЛАВЛЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ	317
12.3. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ С ГАЗОТЕРМИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ.....	320
12.4. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ С ГАЛЬВАНИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ	322
12.5. ОБРАБОТКА СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	324
12.6. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ.....	328
Глава 13 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ.....	331
13.1. ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ	331
13.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ.....	334
13.3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ	337
13.4. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ.....	344
ПРИЛОЖЕНИЯ	346
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	346
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	347

ВВЕДЕНИЕ

Постоянная необеспеченность ремонтного производства запасными частями является серьезным фактором снижения технической готовности автомобильного парка. Расширение же производства новых запасных частей связано с увеличением материальных и трудовых затрат. Вместе с тем около 75% деталей, выбраковываемых при первом капитальном ремонте автомобилей, являются ремонтпригодными либо могут быть использованы вообще без восстановления. Поэтому целесообразной альтернативой расширению производства запасных частей является вторичное использование изношенных деталей, восстанавливаемых в процессе ремонта автомобилей и его агрегатов.

Из ремонтной практики известно, что большинство выбракованных по износу деталей теряют не более 1 — 2% исходной массы. При этом прочность деталей практически сохраняется. Например, 95% деталей двигателей внутреннего сгорания выбраковывают при износах, не превышающих 0,3 мм, и большинство из них могут быть вторично использованы после восстановления.

С позиции материалоемкости воспроизводства машин экономическая целесообразность ремонта обусловлена возможностью повторного использования большинства деталей как годных, так и предельно изношенных после восстановления. Это позволяет осуществлять ремонт в более короткие сроки с меньшими затратами металла и других материалов по сравнению с затратами при изготовлении новых машин.

Высокое качество отремонтированных автомобилей и агрегатов предъявляет повышенные требования к ресурсу восстановленных деталей. Известно, что в автомобилях и агрегатах после капитального ремонта детали работают, как правило, в значительно худших условиях, чем в новых, что связано с изменением базисных размеров, смещением осей в корпусных деталях, изменением условий подачи смазки и пр. В этой связи технологии восстановления деталей должны базироваться на таких способах нанесения покрытий и последующей обработки, которые позволили бы не только сохранить, но и увеличить ресурс отремонтированных деталей. Например, при восстановлении деталей хромированием, плазменным и детонационным напылением, индукционной и лазерной наплавкой, контактной приваркой металлического слоя износостойкость их значительно выше, чем новых.

Восстановление автомобильных деталей стало одним из важнейших показателей хозяйственной деятельности крупных ремонтных, специализированных малых предприятий и кооперативов. Создана фактически новая отрасль производства — восстановление изношенных деталей. По ряду наименований важнейших наиболее металлоемких и дорогостоящих деталей вторичное потребление восстановленных деталей значительно больше, чем потребление новых запасных частей. Так, например, восстановленных блоков двигателей используется в 2,5 раза

больше, чем получаемых новых, коленчатых валов — в 1,9 раза, картеров коробок передач — в 2,1 раза больше, чем новых. Себестоимость восстановления для большинства восстанавливаемых деталей не превышает 75% стоимости новых, а расход материалов в 15 — 20 раз ниже, чем на их изготовление. Высокая экономическая эффективность предприятий, специализирующихся на восстановлении автомобильных деталей, обеспечивает им конкурентоспособность в условиях рыночного производства.

За рубежом также уделяют большое внимание вопросам технологии и организации восстановления деталей. В высокоразвитых странах— США, Англии, Японии, ФРГ — ремонт в основном осуществляется на предприятиях-изготовителях автомобилей. Восстанавливают дорогостоящие, металлоемкие, массовые автомобильные детали — коленчатые и распределительные валы, гильзы цилиндров, блоки и головки блоков, шатуны, тормозные барабаны и пр. Ремонтной базой являются моторо- и агрегаторемонтные предприятия фирм-изготовителей новых* машин, самостоятельные фирмы-посредники. Например, в США восстановлением деталей занято около 800 фирм и компаний. К ним относятся как специализированные фирмы, так и фирмы, производящие комплектующие изделия для автомобилестроительных предприятий, в общем объеме продукции которых 10 — 40% приходится на выпуск восстановленных деталей. Ремонтным фондом служат детали со списанных автомобилей, которые поставляют фирмы производители или фирмы, специализирующиеся на переработке негодных автомобилей. В США удовлетворение потребности автотранспортных средств в запасных частях обеспечивается на 25 % в результате восстановления деталей.

Глава 1 МОЙКА И ОЧИСТКА ДЕТАЛЕЙ

1.1. ВИДЫ И ХАРАКТЕР ЗАГРЯЗНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ

Автомобили и их составные части при поступлении в капитальный ремонт могут иметь на поверхностях деталей разнообразные загрязнения, различающиеся по условиям формирования и физико-механическим свойствам (табл. 1.1).

Все загрязнения подразделяют на эксплуатационные и технологические. Эксплуатационные загрязнения возникают в процессе эксплуатации автомобиля. К ним относятся: дорожно-почвенные отложения, продукты коррозии, накипь, масляно-грязевые отложения, асфальтосмолистые отложения, лаковые отложения и нагар.

Дорожно-почвенные отложения накапливаются в основном в ходовой части. Загрязненность ими зависит от условий эксплуатации (сезона работ, дорожных условий и т. п.). Прочность удержания частиц грязи на поверхности (адгезия) зависит от шероховатости поверхности, размера частиц, влажности воздуха и ряда других факторов. Адгезия мелких пылевидных частиц к поверхности весьма значительна. Удалить эти отложения можно щеткой или ветошью.

Продукты коррозии образуются в результате химического или электрохимического разрушения металлов и сплавов. На поверхности стальных и чугунных деталей появляется пленка красновато-бурого цвета — гидрат окиси железа (ржавчина), который растворяется в кислотах и лишь незначительно в щелочах и воде. Алюминиевые детали также подвержены коррозии, продукты которой имеют вид серовато-белого налета и представляют собой окиси или гидраты окислов алюминия.

Накипь образуется в системе водяного охлаждения двигателя при эксплуатации. Откладываясь на стенках рубашек охлаждения двигателя и радиатора, накипь затрудняет теплообменные процессы и нарушает нормальную работу двигателя. Образование накипи обусловлено содержанием в воде в растворенном состоянии солей кальция и магния, т.е. жесткостью воды. Кроме накипи, в системах охлаждения двигателей образуются илистые отложения в результате попадания в систему охлаждения механических примесей (песка, глины), органических веществ (микроорганизмов, растений) и образования продуктов коррозии.

Масляно-грязевые отложения возникают при попадании дорожной грязи и пыли на поверхности деталей, загрязненные маслом. Возможно обратное явление — попадание масла на поверхности, загрязненные дорожной грязью: при этом грязь пропитывается маслом.

Асфальтосмолистые отложения — мазеподобные сгустки, откладывающиеся на стенках картеров, щеках коленчатых валов, распределительных шестернях, масляных насосах, фильтрах и маслопроводах.

Лаковые отложения — пленки, образующиеся в зоне поршневых колец, на юбке и внутренних стенках поршней.

Нагары — твердые углеродистые вещества, откладывающиеся на деталях двигателей (стенки камеры сгорания, клапаны, свечи, днище поршня, выпускной трубопровод, распылители форсунок). Основу нагара составляют карбены и карбоиды (30 — 80%), масла и смолы (8 — 30%), остальное — оксикислоты, асфальтены и зола. Нагары содержат большинство нерастворимых или плохо растворимых составляющих.

Таблица 1.1. Свойства некоторых загрязнений составных частей автомобиля

Загрязнения	Характерные детали автомобиля	Максимальная толщина слоя загрязнения, мм	Максимальная площадь загрязненной поверхности, % *	
			Автомобиля**	двигателя
Дорожно-почвенные отложения (дорожная грязь)	Детали ходовой части, рамы, кузова, кабины	30	70	—
Масляно-грязевые отложения	Наружная поверхность двигателя и коробки передач	10	10	15
Отслоившиеся лакокрасочные покрытия	Кабина, кузов, рама, крылья	1,0	90	70
Продукты коррозии	Рама, детали шасси, кабина, кузов	20	10	5
Накипь	Рубашка охлаждения блока и головки цилиндров	5	1	2
Асфальтосмолистые отложения	Щеки коленчатого вала, шатуны, картер блока цилиндров	3	—	30
Нагар	Головка цилиндров, выпускной трубопровод, выпускной клапан	10	—	3

*Площадь поверхности автомобилей и их агрегатов составляет 75—150 м²; площадь двигателей и их деталей 10—25 м².

**Без двигателя.

Технологические загрязнения связаны с процессом ремонта. К ним относятся: производственная пыль, стружка и абразив, окалина и шлаки, притирочные пасты и остатки эмульсий, продукты износа при обкатке.

При неудовлетворительной очистке деталей от этих загрязнений в процессе приработки поверхностей трения происходит интенсивный их износ. Задиры, царапины и риски, возникающие в период приработки, существенно влияют на первоначальный износ деталей.

Технологические загрязнения имеют свои особенности, которые необходимо учитывать при выборе технологии очистки. Твердые загрязнения (производственная пыль, микропорошки, шлак, окалина, стружка), химически не связаны с поверхностью, а обычно связаны масляной пленкой и удаляются вместе с ней. Исключение составляют стружка в каналах, окисные пленки, частички абразива, внедренные (шаржированные) в поверхность металла. Для их удаления необходимо сильное и направленное гидродинамическое воздействие или продолжительное кавитационное (ультразвуковое) воздействие. При удалении притирочных паст необходимо иметь в виду, что удалять необходимо одновременно жидкие и твердые компоненты паст, иначе удаление только

жидких компонентов, например, растворением, затруднит удаление твердых компонентов из-за засушивания и уплотнения, что усложнит их эмульгирование.

Продукты износа при обкатке необходимо извлекать из системы при фильтрации циркулирующего масла.

В зависимости от количества остаточных загрязнений различают три уровня очистки: макроочистку; микроочистку; активационную очистку.

Макроочистка — процесс удаления с поверхности наиболее крупных загрязнений. Микроочистка — удаление загрязнений из микронеровностей поверхности. Активационная очистка — это травление деталей в растворах щелочей и кислот.

Применяют различные способы контроля остаточной загрязненности поверхности. При макроочистке приемлемы протирание, массовый и люминесцентный методы, а при микроочистке и активационной очистке — люминесцентный и метод смачивания водой.

Протирание поверхности выполняется бумажной салфеткой, тканью или ватным тампоном. Наличие грязи на протирочном материале количественно оценивается взвешиванием.

Массовый метод также состоит в том, что остаток загрязнения определяют взвешиванием. Сравнивая очищенные образцы с эталонами, можно быстро и с достаточной точностью оценивать моющую способность различных средств.

Люминесцентный метод основан на свойстве масел люминесцировать под влиянием ультрафиолетового света. Величина и интенсивность светящейся поверхности указывают на загрязненность поверхности.

Метод смачивания поверхности водой основан на способности металлической поверхности удерживать непрерывную пленку воды, если эта поверхность свободна от масляных (гидрофобных) загрязнений.

Очистка поверхности — удаление загрязнений с поверхности до определенного уровня ее чистоты. Существуют различные методы очистки (рис. 1 . 1). В основе каждого метода используется определенный способ разрушения загрязнений и удаления их с поверхности. Для ускорения процессов очистки применяют следующие способы интенсификации: повышение температуры и давления очищающей среды, вибрационную активацию очищающей среды и др.

В общем виде работа очистки

$$A_0 = A_{\text{фх}} + A_{\text{м}}$$

где $A_{\text{фх}}$ — работа, совершаемая очищаемой средой в результате физико-химической активности; $A_{\text{ч}}$ — работа, связанная с механическим воздействием среды на разрушение загрязнения и его связи с поверхностью.

Чем физико-химически активнее среда (т. е. больше $A_{\text{фх}}$), тем потребуется меньше механической энергии; чем меньше $A_{\text{фх}}$, тем больше необходимо затратить $L_{\text{м}}$ для достижения одинакового эффекта очистки.

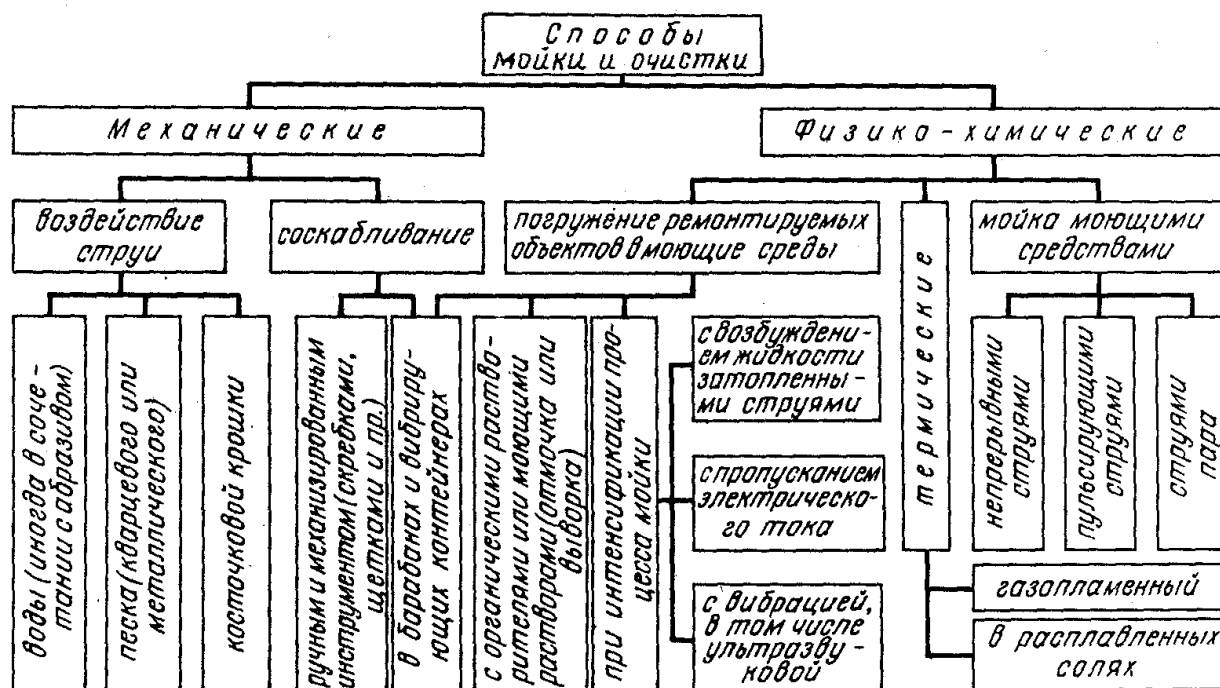


Рис. 1.1. Классификация способов мойки и очистки деталей

Таблица 1.2. Перспективные способы удаления различных загрязнений

Виды загрязнений	Способ очистки
Нагар	Термомеханический (расплав солей); гидровиброабразивный; комбинированный; ванно-струйная очистка (растворяющий состав — щелочной раствор)
Асфальтосмолистые отложения	Пароводоструйный с моющими средствами; струями с моющими средствами; гидровиброабразивный; циркуляционный в растворителе; в щелочном растворе погружением с активацией раствора винтами и в растворителе с активацией вибрацией
Застарелая смазка	Пароводоструйный с моющими средствами; струями высокого давления (с моющими средствами и без них); струями низкого и среднего давления с моющими средствами; погружением в щелочной раствор или растворитель с возбуждением раствора вибрацией или винтами; комбинированные способы (растворяющий состав — щелочной раствор)
Накипь	Термомеханический (расплав солей)
Продукты коррозии	Гидровиброабразивный; циркуляционный в кислотном растворе; погружением в кислотный раствор (ванна со статическим положением деталей)
Отслоившиеся лакокрасочные покрытия	Пароводоструйный; струями высокого давления (с моющими средствами); погружением в щелочной раствор и возбуждением раствора винтами или вибрацией
Дорожно-почвенные отложения	Пароводоструйный без моющих средств; струями высокого давления с моющими средствами и без них

Выбор процесса очистки за счет оптимальных величин $L_{фх}$ и L_m основан на технологических и экономических соображениях. Работа $L_{фх}$ зависит от моюще-очищающей активности среды, ее концентрации и температуры. Работа L_m зависит от механической интенсивности процесса очистки (струи, вибрации, ультразвуковых колебаний и т. д.). Способы очистки, рекомендуемые для удаления различных загрязнений, приведены в табл. 1.2.

1.2. МОЮЩИЕ СРЕДСТВА

Рассмотрим механизм удаления масляной пленки с деталей моющим раствором. Схема воздействия горячего моющего раствора на масляную пленку изображена на рис. 1.2. На рис. 1.2, а показано исходное состояние масляной пленки на поверхности детали. Под действием горячего моющего раствора масляная пленка быстро нагревается и в результате расширения и действия сил поверхностного натяжения принимает волнистый вид с углом $\alpha = 90^\circ$ (рис. 1.2, б), и с углом $\alpha \leq 90^\circ$ (рис. 1.2, в). В дальнейшем масляная пленка деформируется настолько, что, разрушаясь, образует масляные капли, которые обволакиваются моющим раствором. В результате этого сила сцепления этих частиц с металлом уменьшается и они легко удаляются с поверхности деталей струей раствора.

Таким образом, из рассмотренной схемы следует, что главным условием высокого качества обезжиривания деталей является обеспечение оптимальной температуры моющего раствора. При недостаточной температуре масляная пленка на детали не деформируется несмотря на действие моющего раствора. С повышением температуры значительно снижается вязкость загрязнения, повышается его текучесть, и эффективность обезжиривания улучшается.

Моющее действие состоит в удалении жидких и твердых загрязнений с поверхности и переводе их в моющий раствор в виде растворов или дисперсий. Моющее действие проявляется в сложных процессах взаимодействия загрязнений, моющих средств и поверхностей. Основными явлениями, определяющими моющее действие, являются смачивание, эмульгирование, диспергирование и пенообразование. Указанные явления связаны с поверхностным натяжением и поверхностной активностью моющих средств.

Известно, что вдоль поверхности жидкости действуют силы натяжения, стремящиеся сократить эту поверхность. Они получили название сил поверхностного натяжения. Поверхностное натяжение измеряют работой, которую необходимо затратить для увеличения поверхности жидкости на 1 см^2 . Произведение поверхностного натяжения на поверхность называется свободной поверхностной энергией. Способность веществ понижать свободную поверхностную энергию характеризует поверхностную активность этих веществ. Вещества, понижающие поверхностное натяжение раствора, называются поверхностно-активными веществами (ПАВ).

Смачивание заключается в растекании капли жидкости, помещенной на поверхность твердого тела. Поверхности, смачиваемые водой, называются гидрофильными, а не смачиваемые водой — гидрофобными. Смачиваемость твердого тела жидкостью зависит от поверхностного натяжения жидкости, от природы и состава жидкости и твердого тела. Например, поверхности, загрязненные маслами, хорошо смачиваются углеводородными растворителями и не смачиваются чистой водой. Добавление в воду ПАВ понижает поверхностное натяжение воды и обеспечивает смачивание загрязненных маслами поверхностей.

В большинстве случаев загрязнения состоят из двух фаз — жидкой (масла, смолы) и твердой (асфальтены, карбены, почвенные и пылевые частицы и т. п.). Удаление таких загрязнений с поверхности происходит двумя путями: эмульгированием жидкой фазы (образование эмульсий) и диспергированием твердой фазы (образование дисперсий).

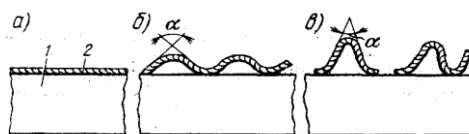


Рис. 1.2. Схема воздействия горячего моющего раствора на масляную пленку: 1 — деталь; 2 — масляная пленка

Рис. 1.2. Схема воздействия горячего моющего раствора на масляную пленку: 1 — деталь; 2 — масляная пленка

Эмульсией называется система несмешивающихся жидкостей, одна из которых распределена в виде мелких капель в другой. Эмульсии подразделяются на два типа: эмульсии прямые — "масло в воде" и эмульсии обратные — "вода в масле". Под маслом здесь понимается любая органическая жидкость, не растворимая в воде и водных растворах.

Эмульгирование жидкой фазы загрязнений возможно в водных растворах ПАВ. Молекулы ПАВ создают на поверхности капель масла прочные адсорбционные слои. Гидрофобная часть молекулы связывается с маслом, а гидрофильная — ориентируется в сторону водного раствора (см. рис. 1.3). При этом происходит гидро-филизация капель масла, что препятствует их слиянию (коалесценции). Вещества, в данном случае ПАВ, адсорбирующиеся на поверхности гидрофобных частиц, называются эмульгаторами.

Диспергирование твердой фазы загрязнений происходит благодаря адсорбции ПАВ на частицах загрязнений. Малое поверхностное натяжение раствора позволяет ему проникать в мельчайшие трещины частиц загрязнения и адсорбироваться ПАВ на поверхностях этих частиц. Адсорбированные молекулы ПАВ создают расклинивающее давление на частицы, разрушая и измельчая их. На процессы эмульгирования и диспергирования большое влияние оказывает механическое воздействие раствора, способствующее разрушению загрязнений.

Важным этапом в моющем процессе является стабилизация в растворе отмытых загрязнений и предупреждение их повторного осаждения на очищенную поверхность. Стабилизация загрязнений зависит в основном от состава моющего раствора и технологических условий его применения (концентрации, температуры, загрязненности).

В итоге моющий процесс можно представить состоящим из ряда последовательных этапов. Поскольку почти все загрязнения гидрофобны, то вода, обладая большим поверхностным натяжением, не смачивает загрязненные поверхности и стягивается в отдельные капли (рис. 1.3,а).

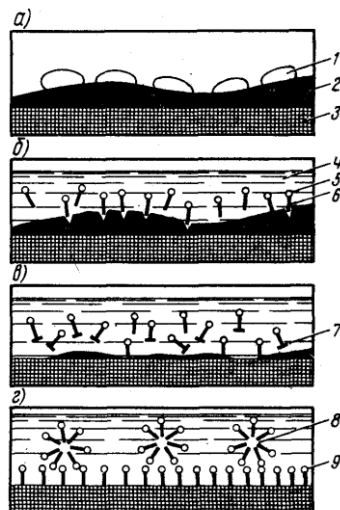


Рис. 1.3. Схема моющего процесса: 1 — капли воды; 2 — загрязнение; 3 — очищаемая поверхность; 4 — моющий состав; 5 — гидрофильная часть молекулы ПАВ; 6 — гидрофобная часть молекулы ПАВ (радикал); 7 — переход частиц загрязнения в раствор; 8 — частицы загрязнения, стабилизированные в растворе; 9 — адсорбция молекул ПАВ на очищенной поверхности

При растворении в воде моющего средства поверхностное натяжение раствора резко уменьшается, и раствор смачивает загрязнение, проникая в его трещины и поры (рис. 1.3,б). При этом снижается сцепляемость частиц загрязнения между собой и с поверхностью. При механическом воздействии увлекаемые молекулами моющего средства частицы грязи переходят в раствор (рис. 1.3,в). Молекулы моющего средства обволакивают загрязнения и отмытую поверхность, что препятствует укрупнению частиц и оседанию их на поверхность (рис. 1.3,г). В результате частицы загрязнения во взвешенном состоянии стабилизируются в растворе и удаляются вместе с ним.

В быту принято судить о качестве моющего раствора по количеству образующейся пены. Это не совсем верно. Пена способствует удержанию диспергированного загрязнения и предотвращению его осаждения на очищенную поверхность. Однако отождествлять пенообразование с моющим действием нельзя, так как пенообразование не является специфической характеристикой моющего действия.

При очистке поверхности металлов пенообразование имеет большое значение. В одних случаях пенообразование — это положительное влияние, например, при пароводоструйной или электролитической очистке, когда слой пены предотвращает разбрызгивание моющего раствора или создает защитный слой, уменьшающий проникновение едких испарений в атмосферу. В большинстве же случаев пенообразование является отрицательным фактором, т. е. ограничивает использование интенсивного перемешивания моющего раствора. Например, в струйных моечных машинах нельзя применять моющие средства с высоким уровнем пенообразования.

Щелочность моющих растворов является важнейшим фактором, определяющим эффективность очистки. Щелочность определяет способность растворов нейтрализовать кислые компоненты загрязнений, омылять масла, снижать контактное натяжение растворов, жесткость воды и т. д. Различают общую и активную щелочность. Общая щелочность определяется титрованием кислотой с индикатором метилоранжем, а активная — титрованием с фенолфталеином. Моющее действие растворов зависит только от уровня активной щелочности.

Показателем щелочности, равно как и кислотности, служит водородный показатель pH, который определяется как логарифм обратной концентрации ионов водорода. Поскольку моющим действием обладает только часть щелочных соединений, диссоциировавших на свободные ионы, то водородный показатель может служить критерием активности или моющей способности растворов.

Большое распространение во всех процессах очистки получили синтетические моющие средства (СМС). Основу СМС (табл. 1.3) составляют ПАВ, активность которых повышена введением щелочных электролитов. Растворы СМС по моющей способности значительно превосходят растворы едкого натра и различных щелочных смесей. Составы СМС для струйных и погружных способов очистки приведены в табл. 1.3.

Указанные СМС выпускают в виде сыпучего, гигроскопичного белого или светло-желтого порошка. Они не-

токсичны, негорючи, пожаробезопасны и хорошо растворимы в воде. Растворы СМС допускают одновременную очистку деталей из черных, цветных и легких металлов и сплавов. В отличие от растворов едкого натра они безопасны в применении. Узлы и детали, подлежащие непродолжительному хранению (10—15 дней), не нуждаются после очистки растворами СМС в дополнительной антикоррозионной обработке. Антикоррозионная защита поверхности обеспечивается силикатами, входящими в состав СМС.

Таблица 1.3. Состав синтетических моющих средств для струйных и погружных способов очистки, %

Компоненты моющих средств	Марка моющих средств						
	Лабомид-101	Лабомид-203	МС-6	МС-8	МС-15	МС-16	Темп-100
Кальцинированная сода	50	50	40	38	44—42	40	40,5
Тринатрийфосфат	—	—	—	—	—	—	20
Триполифосфат натрия	30	30	25	25	22	26	15
Метасиликат натрия	16,5	10	29	29	28	28	20
Карбамид	—	—	—	—	—	—	2,8
Синтанол ДС-10	3,5	8	6	—	—	—	1,5
Синтаид-5	—	—	—	8	—	—	—
Алкилсульфаты	—	2	—	—	—	—	—
Оксифос-Б	—	—	—	—	6—8	—	—
Синтаид-510	—	—	—	—	—	4	—
Оксифос КД-6	—	—	—	—	—	—	0,5

Эффективность рассмотренных СМС представлена в табл. 1.4, из которой видно, что СМС в 3 — 5 раз эффективнее растворов едкого натра. Средства Лабомид-101, Лабомид-102 и МС-6 предназначены для моечных машин струйного типа, а Лабомид-203 и МС-8 — для машин погружного типа. Разработаны новые составы технических моющих препаратов Темп-100 и Темп-100А. Препараты Темп эффективнее, чем Лабомид и МС, и, кроме того, Темп-100А обладает повышенным пассивирующим действием по отношению к очищаемой поверхности. Из зарубежных СМС наиболее эффективным являются Силирон У-64 и Гр-форте-супер.

Разработано пожаро- и взрывобезопасное средство МС-9, состоящее из неионогенных ПАВ (0,3%), активных добавок — Na_2CO_3 , Na_3PO_4 , NaOH (6%) и воды (93,7%). МС-9 имеет низкую пенообразующую способность, что позволяет применять его при механизированной очистке деталей струйным методом и использовать при более низкой температуре, чем средство МЛ-52 (МЛ-52 при 80 — 100° С; МС-9 при 70 — 75° С) с одинаковым моющим действием.

Таблица 1.4. Эффективность применения моющих средств

Моющее средство	Концентрация СМС, г/л	Чистота поверхности, баллы, в зависимости от времени очистки ¹ , с					
		30	60	90	120	180	240
Едкий натр	15—25	2	4	—	5,0	6,5	7
Лабомид-101	30	2	4,5	6	8	9,5	10
МЛ-52	30	3,5	7,5	9	10	10	—
Лабомид-203	30	3	7	8,5	10	10	—
МС-6	30	2	4,5	7	8	9,5	10
МС-8	30	3,5	7,5	9	10	10	—
Силирон У-64	10	—	—	—	—	8	—
	20	—	—	—	—	9,5	10
	30	3	5	9	9	10	10

Определено на установке КИ-3127. По пенообразующим свойствам СМС существенно различаются.

Рабочие концентрации растворов СМС зависят от загрязненности поверхности и составляют 5 — 20 г/л. Наилучшее моющее действие растворов СМС проявляется при температуре 80 — 85° С. При 70 ° С и ниже резко снижается моющая способность раствора и усиливается пенообразование. Для непогашения используют дизельное топливо, которое добавляют в раствор в количестве 10—15 г/л.

В ремонтном производстве используется водный раствор едкого натра, который не может применяться для очистки и мойки деталей из алюминия и его сплавов. Алюминий реагирует со щелочами с образованием растворимой соли (алюмината натрия), поэтому для обезжиривания деталей из алюминия и алюминиевых сплавов используют растворы на основе кальцинированной соды (10 — 15 г/л) с добавлением тринатрийфосфата (10 — 25 г/л) и жидкого стекла (10—15 г/л).

Нейтральные жидкости не вступают в химическое взаимодействие с загрязнениями, их очищающее действие основано на образовании с загрязнениями коллоидных растворов, суспензий и эмульсий. Нейтральные жидкости подразделяются на органические (перхлорэтилен, трихлор-

этилен, ксилол, ацетон, дихлорэтан, дизельное топливо, керосин тракторный, бензин и уайт-спирит) и неорганические (воду).

К преимуществам органических растворителей следует отнести высокую производительность, возможность удаления загрязнений с деталей сложной формы, так как обезжиривающей способностью обладает не только жидкость, но и пары, возможность многократного использования. Однако у органических растворителей действие избирательное, большинство из них пожароопасно, вредно действуют на организм человека, и они относительно дороги. Повышение скорости и качества очистки находится в зависимости от сочетания высокой химической активности моющей среды и максимального эффекта кавитационного разрушения загрязнений. Как показали исследования моющей способности органических растворителей, хорошие результаты при ультразвуковой очистке от масляных загрязнений дает композиция дизельного топлива и дихлорэтана.

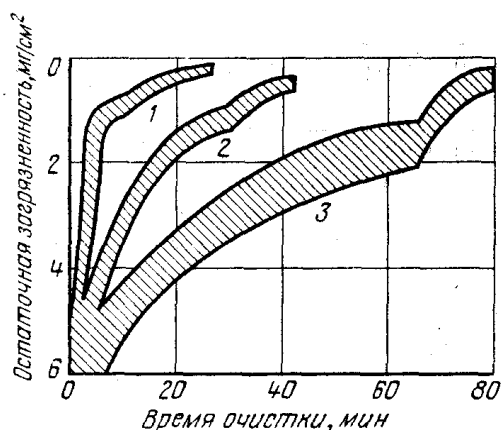
На ремонтных предприятиях часто используют такие моющие средства, как дизельное топливо, бензин, уайт-спирит, керосин. Они применяются для внутренней промывки картера двигателя, коробки передач и ведущих мостов. Наибольший интерес представляет применение этих средств и их композиций для очистки деталей двигателей от асфальтосмолистых отложений и нагаров.

Анализ показывает, что в зарубежном ремонтном производстве имеются тенденции к применению в технологии очистки двигателей очищающих средств на основе органических растворителей. Использование этих средств увеличивает производительность очистных операций в 6 — 8 раз, повышает качество очистки, дает возможность проводить очистку при умеренных температурах (20 — 60 °С). Приблизительно такие же результаты обеспечиваются новыми моющими средствами, созданными в ГОСНИТИ. Лабораторные испытания показывают, что время очистки деталей при использовании этих средств по сравнению с щелочными в несколько раз сокращается (рис. 1.4) при умеренном возбуждении моющих жидкостей колебанием деталей с амплитудой 150 — 200 мм и частотой 1,0 — 2,51/с.

Разработан препарат на основе хлорированных углеводородов — Лабомид-315. Этот препарат обладает высокой очищающей способностью по отношению к масляным, асфальтосмолистым и углеродистым отложениям деталей машин и двигателей. По этому показателю Лабомид-315 превосходит все известные препараты, в том числе наиболее активные из них: Ардрокс-667 и Лабомид-311. Лабомид-315 обеспечивает качественную очистку деталей при небольших затратах энергии и температуре 20 — 25 °С.

В производстве применяют растворяюще-эмульгирующие средства (РЭС), состоящие из базового растворителя, сорастворителей, ПАВ и воды. Сначала детали погружают в РЭС, где загрязнения растворяются, затем они помещаются в воду или водный раствор щелочных синтетических моющих средств для эмульгирования растворителя и оставшихся загрязнений —

при этом эмульгированный растворитель и загрязнения переходят в щелочной раствор, чем обеспечивается необходимое качество очистки. РЭС применяются при очистке деталей от прочных, например, асфальтосмолистых отложений, но их могут использовать и при очистке других загрязнений, когда нет возможности повысить температуру раствора выше 60°C.



1 — Лабомид-311 и Аплайд — хлорированные углеводороды с фенолами и поверхностно-активными веществами; 2 — ДВП-1, МК-3, АМ-15, МЛ-51 — органические растворители с поверхностно-активными веществами; 3 — МЛ-52, МЛ-51, Лабомид-203, Лабомид-101, МС-8 — синтетические моющие средства

Рис. 1.4. Динамика очистки загрязненных деталей двигателей различными моющими средствами

По составу и свойствам растворяюще-эмульгирующие средства, предназначенные для очистки деталей машин, можно разделить на две группы: РЭС-1 — горючие смеси нефтяных углеводородов с ПАВ (смачиватели, эмульгаторы и соразтворители): препараты МК-3, Термос, АМ-15, ДВП-1 и пр.; РЭС-11 — негорючие смеси галоидных производных (чаще всего хлорированных) углеводородов со смачивателями, эмульгаторами, иногда с фенольными соединениями: Лабомид-315, Ардрокс-667, Аплайд 8-77, Лабомид-311, Ардрокс-610с, Аплайд 8-66 и пр.

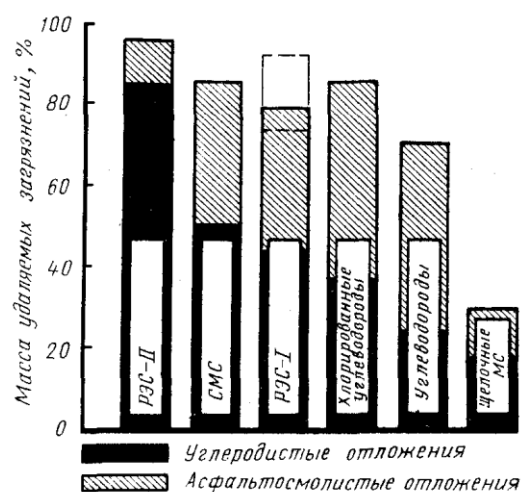


Рис. 1.5. Очищающая способность моющих и очищающих средств

Сравнительная характеристика очищающей способности моющих и очищающих средств РЭС погружением по отношению к асфальтосмолистым и углеродистым загрязнениям представлена на рис. 1.5. Анализ показывает, что РЭС-1 обладает горючестью и низкой активностью по отношению к тяжелым асфальтосмолистым и углеродистым отложениям. РЭС-11 негорюч, достаточно быстро очищает поверхность от масляных и асфальтосмолистых отложений, однако многие его композиции недостаточно активны по отношению к тяжелым асфальтосмолистым и углеродистым отложениям, а эффективные в этом отношении РЭС — высокотоксичны.

1.3. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ МОЙКИ И ОЧИСТКИ

Недостаточная очистка ремонтируемых объектов является одной из серьезных причин снижения качества их ремонта. Производительность труда при разборке и сборке загрязненных объектов ремонта резко снижается. По данным исследований только в результате повышения качества очистки можно на 20 — 30% повысить ресурс отремонтированных агрегатов и на 15 — 20% увеличить производительность труда на разборочно-сборочных работах.

Струйная моечная установка ОМ-4267 (рис. 1.6) предназначена для мойки сборочных единиц и деталей с применением СМС. Однако промывка в струйных моющих машинах с применением соответствующих моющих средств, в том числе и синтетических, не обеспечивает должной степени очистки от смолистых отложений, особенно на поверхностях, не подвергающихся непосредственному воздействию струй. В связи с этим детали со смолистыми отложениями очищают в ваннах (очисткой погружением — "вываркой"). Таким способом можно очищать даже шасси автомобиля.

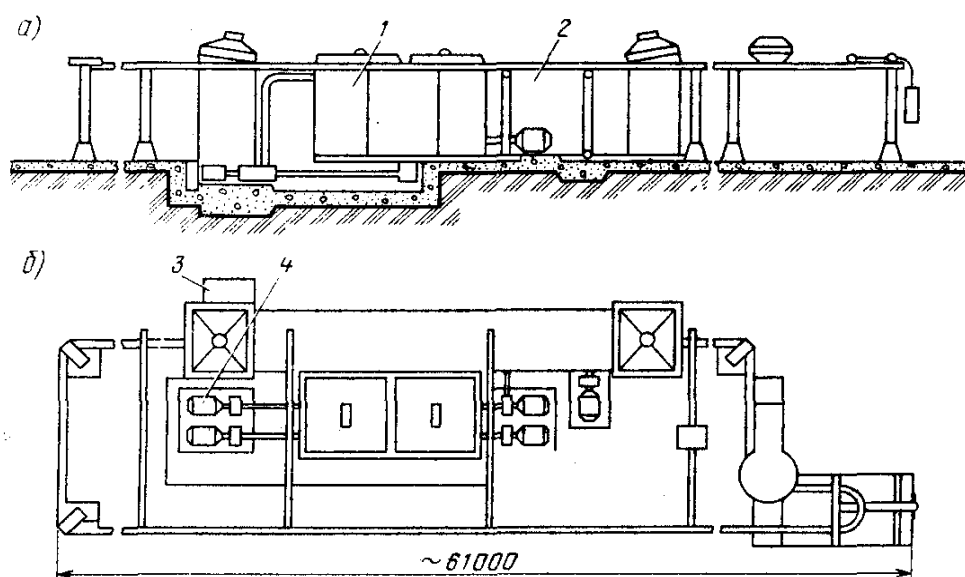


Рис. 1.6. Моечная установка ОМ-4267:

а — схема установки на фундаменте; *б* — общий вид; 1 — ванна для моющего раствора; 2 — моечная камера; 3 — электрошкаф; 4 — система подачи и перекачки раствора и воды

Для очистки погружением в качестве моющих средств применяют Ла-бомид-203 и МС-8 концентрацией 20 — 30 г/л. Рабочая температура растворов 80 — 100°С. Использование при очистке погружением растворов каустической соды с концентрацией более 50 г/л нецелесообразно, так как их моющая способность при дальнейшем повышении концентрации не увеличивается. Для повышения моющей способности/в раствор каустической соды вводят силикаты (жидкое стекло, метасиликат натрия) и различные поверхностно-активные вещества. Растворы моющих средств Лабомид-203 и МС-8 в 3 — 4 раза эффективнее растворов каустической соды.

Интенсивность процесса очистки деталей погружением возрастает при перемешивании раствора в ванне или перемещении очищаемых деталей. Для этой цели выварочные ванны со статической выдержкой деталей заменяют установками с винтами, осевыми насосами, вибрационными и колеблющимися платформами. Продолжительность очистки деталей в таких установках по сравнению с обычными ваннами сокращается в 1,5 — 2 раза. Для устранения вредных испарений при очистке деталей погружением ванны оборудуют герметически закрывающимися крышками.

Одним из путей реализации очистки погружением является применение роторных машин АКТБ-227 и др. Объемная загрузка таких машин в

несколько раз выше, чем у струйных, что значительно повышает производительность труда. Периодическое погружение в раствор и извлечение из него очищаемого ремонтного фонда создает обмен раствора у его поверхности.

Конвейерная моечная машина КМ-4(рис. 1.7)с непрерывным циклом работы предназначена для очистки деталей на крупных авторемонтных предприятиях.

Машина состоит из ванны /, в которой Помещены гребные винты 15 для перемешивания жидкости. Каретки, на которых подвешена корзина с очищаемыми деталями, перемещаются при помощи подвижного конвейера. Двигаясь по конвейеру, корзина опускается в моющую жидкость и передвигается вдоль ванны до выхода в противоположном конце. При продвижении в ванне корзина при помощи реек вращается вокруг вертикальной оси и шестерни на конвейере.

Для удаления асфальтосмолистых отложений с деталей используют растворители и растворяюще-эмульгирующие средства (РЭС). Наиболее распространенными растворителями являются:

хлорированные (тетрахлорэтилен, трихлорэтилен, хлористый метилен, четыреххлористый углерод, дихлорэтан), хорошо растворяющие минеральные масла, асфальтосмолистые отложения и старые лакокрасочные покрытия; они пожаробезопасны, но обладают высокой токсичностью;

ароматические (бензол, ксилол) используют для растворения минеральных масел и асфальтосмолистых отложений (бензол высоко токсичен);

предельные (дизельное топливо, керосин, тракторный бензин, уайтспирит) хорошо растворяющие минеральные масла, консистентные смазки и консервационные составы. Они наименее токсичны в ряду растворителей.

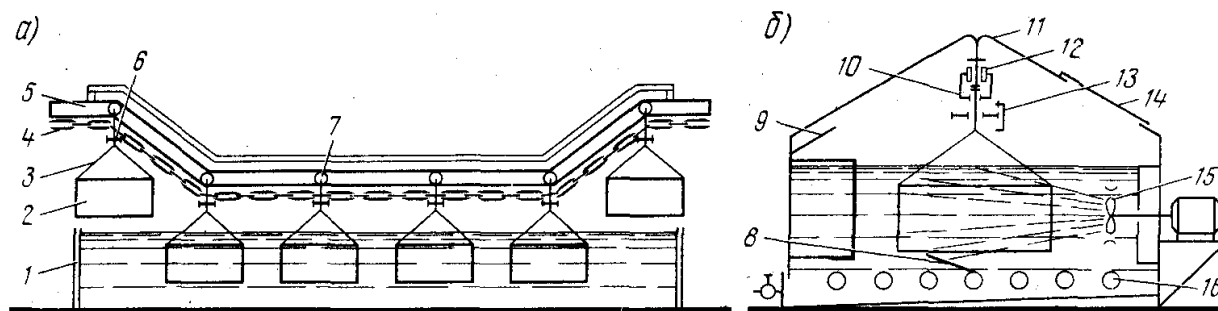


Рис. 1.7. Конвейерная моечная машина КМ-4:

a — продольный разрез; *б* — вид в плане; 1 — ванна; 2 — контейнер; 3 — растяжка; 4 — цепь; 5 — двутавровая балка; 6 — шестерня; 7 — каретка; 8 — козырек; 9 — щитки; 10 — упорный подшипник; 11 к 14 — крышки; 12 — ролики; 13 — рейка; 15 — гребной винт; 16 — теплообменник

Из растворителей наибольшее применение имеют дизельное топливо, керосин, бензин и уайтспирит. Хлорированные углеводороды, которые по очищающей способности в десятки раз более эффективны, чем перечисленные выше, пока не применяют ввиду высокой токсичности, однако их используют при наличии специальных установок, работающих по замкнутому циклу, с соблюдением требований техники безопасности.

Для очистки деталей от асфальтосмолистых отложений при низкой температуре рекомендуют растворяюще-эмульгирующие средства АС-15 и "Ритм", которые отличаются от СМС тем, что удаляют загрязнения в результате частичного их растворения с последующим эмульгированием оставшихся загрязнений.

Очистку при помощи РЭС осуществляют в два этапа, при этом выдерживают детали в них при комнатной температуре и ополаскивают в растворе любого СМС при температуре 50 — 60°C. Средство АС-15 готовят на основе растворителя ксилола, а "Ритм" — на основе хлорированных углеводородов типа трихлорэтилена. Особенностью РЭС является их токсичность и некоторая огнеопасность, поэтому применять эти средства необходимо в герметизированных машинах погружного типа с соблюдением особых мер безопасности. С помощью РЭС очищают детали из черных металлов и алюминиевых сплавов.

При одинаковом способе применения растворов СМС и РЭС в погружных Машинах РЭС в 5— 15 раз эффективнее, чем СМС. Для двухэтапной технологии очистки с применением РЭС разработаны моечные машины погружного типа. Машины представляют собой ванну для моющего раствора, в которой имеется платформа, загружаемая очищаемыми деталями. Платформа совершает возвратно-поступательные движения с частотой 1 — 2 Гц и ходом 50 — 200 мм.

Привод движения* платформы осуществляется от сети сжатого воздуха давлением 0,4 — 0,5 МПа. Выпускается несколько типов таких машин — ОМ-5287, ОМ-5299 и др.

От нагара, накипи и продуктов коррозии детали очищают механическим, термохимическим и комбинированным способами.

Очистка твердых отложений на автомобильных деталях механическим способом осуществляется при помощи металлических щеток, косточковой крошкой, металлическим песком, гидropескоструйной обработкой. Металлические щетки приводятся во вращение от электродрели. Несмотря на простоту такого способа, он применяется лишь на мелких предприятиях, так как не обеспечивает необходимых качества очистки и производительности труда. Очистка деталей от нагара косточковой крошкой является более совершенным способом, отличается высокой производительностью при вполне удовлетворительном качестве очистки. Косточковая крошка изготавливается из скорлупы зерен плодов, является мягким материалом и, удаляя загрязнения, не разрушает поверхность деталей, включая алюминиевые.

Перед обработкой косточковой крошкой удаляют масляные и асфальтосмолистые загрязнения. Очистку деталей косточковой крошкой выполняют в специальных установках. Очистке косточковой крошкой поддаются лишь поверхности, которые попадают в зону прямого действия струи. Внутренние полости, карманы и углубления сложной формы остаются неочищенными.

Установка, очищающая детали косточковой крошкой, предназначена для механизации процессов очистки деталей от нагара, накипи и других загрязнений.

Техническая характеристика стационарной камерной установки для очистки крупногабаритных деталей косточковой крошкой

Давление сжатого воздуха, МПа. 0,4—0,6

Расход воздуха, м³/4 200

Габаритные размеры, мм:

длина 2100

ширина 1090

высота 2300

Масса, кг 350

Установка (рис. 1.8) для очистки косточковой крошкой крупногабаритных деталей (блока цилиндров, головки блока) состоит из камеры очистки 11, бункера 9 с косточковой крошкой, смесительного механизма 7, влагоотделителя б, приемного стола 5, тележки 4. Камера очистки представляет собой сварной металлический каркас, облицованный снаружи листовым железом. Чтобы уменьшить шум при работе установки, камера внутри облицована резиной. Дно камеры выполнено из двух перфорированных листов железа, прикрепленных к каркасу. Через заднюю стенку в камеру входит шланг 2 с соплом 3 на конце, предназначенный для очистки деталей.

Спереди, в зоне обслуживания установки, на вертикальном облицовочном листе имеются два отверстия для доступа рук рабочего в зону очистки. К кромкам этих отверстий прикреплены специальные рукава для предохранения рук работающего от травм и относительной герметизации установки. Вентиляционный зонт 1 камеры присоединен к вытяжной сети вентиляции. На наклонном переднем листе укреплены смотровое окно 12 и два светильника для освещения рабочей зоны.

В камере очистки предусмотрено сопло 10 для обдува деталей воздухом после очистки. С правой стороны камера имеет дверь для загрузки деталей. В смесительном механизме находится инжекторное устройство, к входу которого от влагоотделителя через пробковый кран подводится сжатый воздух. К выходу инжекторного устройства прикреплен гибкий шланг с соплом для подачи рабочей смеси. Управление инжекторным устройством осуществляется при помощи пробкового крана, связанного тягой с педалью 8.

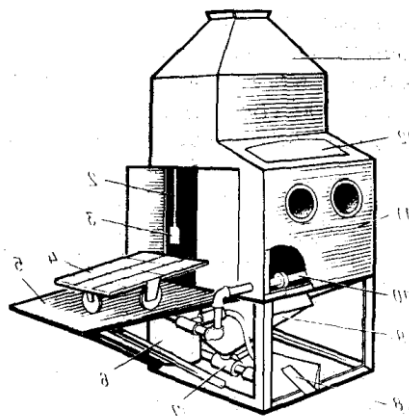


Рис. 1.8. Установка для очистки деталей косточковой крошкой

Пескоструйная очистка при ремонте не применяется, так как загрязняет помещения кварцевой пылью, способствующей заболеванию работающих силикозом. Гидропескоструйная очистка исключает появление кварцевой пыли и может быть рекомендована для очистки деталей от коррозии и старой краски.

Термохимический метод предусматривает очистку деталей в щелочном расплаве. Наиболее распространенный состав расплава содержит 65% едкого натра, 30% азотнокислого и 5% хлористого натрия. Температура расплава $(400 \pm 20)^\circ\text{C}$. Установки ОМ-4944 и ОМ-5458 применяют для очистки деталей от нагара, накали и ржавчины в щелочном расплаве.

Установка ОМ-4944 состоит из четырех ванн. В первой ванне детали для разрушения загрязнения выдерживают 5 — 10 мин в щелочном расплаве. Во второй ванне детали промывают проточной водой: резкий перепад температур вызывает бурное парообразование, которое способствует разрушению разрыхленных остатков нагара, накали, ржавчины и растворению остатков расплава.

В третьей ванне осуществляют кислотную обработку (травление) для, осветления поверхности деталей и нейтрализации остатков щелочи. При одновременной очистке деталей из

черных металлов и алюминиевых сплавов травление ведут раствором фосфорной кислоты (85 г/л) с добавлением хромового ангидрида (125 г/л) при температуре $(30 \pm 5)^\circ\text{C}$. В четвертой ванне детали промывают окончательно горячей водой. Общее время цикла обработки составляет 20 — 25 мин. Загружают и выгружают контейнеры с деталями, а также перемещают их из одной ванны в другую электротельфером.

Установка ОМ-5458 снабжена автооператором, позволяющим перемещать детали в автоматическом режиме. Мелкие детали (клапаны, толкатели, нормали и др.) очищают во вращающихся барабанах с жидким наполнителем, в качестве которого используют керосин, дизельное топливо, Лабомид-203 или МС-8.

Барабан загружают на 75% своего объема. В рабочем положении он должен быть погружен в раствор на $2/3$ — $3/4$ своей высоты и вращаться со скоростью 1-6—18 об/мин. Перспективной является очистка мелких деталей (клапанов, толкателей) от твердых отложений виброабразивным способом, при котором детали и обрабатывающую среду (водные растворы лабонида или МС и наполнители в виде уралита, мраморной крошки, измельченных абразивных кругов) помещают в контейнер, которому сообщается колебательное движение.

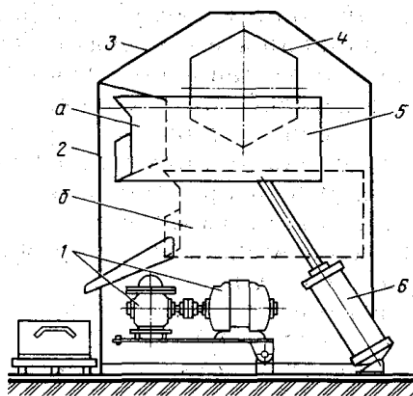


Рис. 1.9. Установка для мойки мелких деталей во вращающемся барабане:

а и *б* — соответственно крайнее верхнее и крайнее нижнее положение ванны

Установка (рис. 1.9) для мойки и очистки мелких деталей во вращающемся барабане состоит из привода 1, шестигранного барабана 4 с перфорированными стенками, который вращается в подшипниках, установленных на верхней рамке каркаса; ванны 5 для моющей жидкости; пневмоцилиндра 6 двустороннего действия для подъема и опускания ванны; каркаса 2, имеющего внутри направляющие, в которых движутся ролики ванны; колпака 3 с дверцей для загрузки деталей в барабан.

Техническая характеристика установки с

вращающимся барабаном для мойки и очистки мелких деталей в жидкой среде

Моющая жидкость керосин

Вместимость ванны, л 90

Частота вращения барабана, об/мин..... 34

Время мойки, мин 15—20

Масса загружаемых деталей, кг 87

Габаритные размеры, мм:

длина 1070

ширина 1880

высота 1485

Вначале откидывают дверцу колпака и подводят барабан люком в верхнее положение. Затем открывают дверцы барабана и загружают его деталями, подлежащими мойке. После этого закрывают дверцы барабана и колпака и включают пневмоцилиндр для подъема ванны с моющей жидкостью в верхнее положение. Затем включают привод и начинают мойку деталей. По окончании мойки ванну опускают в нижнее положение и чистые детали выгружают по наклонной плоскости, образованной дверцей *барабана*, в накопитель. После этого процесс мойки деталей повторяется. Для периодического слива моющей жидкости ванна имеет два отвода с винтовыми пробками.

Детали небольших размеров, но сложной конфигурации, в частности детали системы питания и электрооборудования, очищают в моечных установках ультразвуком. Детали, подлежащие очистке, помещают в ванну с моющим раствором, где под действием ультразвука в моющем растворе образуются области сжатия и разрежения. Образование пустот в жидкости и действия (гидравлические удары), вызываемые ими там, где они возникают, получило название кавитации. Под действием кавитации загрязнения на поверхности детали разрушаются и удаляются вместе с моющим раствором. В качестве моющих средств целесообразно применять водные растворы лабоми-да или МС (в зависимости от загрязненности концентрация раствора составляет 10 — 30 г/л, температура раствора 55 — 65°С) или растворители и средства на их основе (керосин, дизельное топливо, АМ-15 и др.).

Оборудование, применяемое при ультразвуковой очистке, обычно состоит из ультразвуковой ванны, генератора тока высокой частоты и излучателя (преобразователя тока высокой частоты в ультразвуковые колебания), встроенного в дно ванны. В качестве излучателей в основном применяют магнитострикционные преобразователи, преобразующие электрические колебания ультразвукового генератора в механические ультразвуковые колебания, которые передаются моющей жидкости в ванне.

Для удаления накипи и продуктов коррозии, помимо очистки в расплаве солей, косточковой крошкой или металлическим песком, объекты ремонта обрабатывают в 10—12%-ном растворе ингибированной соляной кислоты при температуре 78 — 85°C в течение 20 — 25 мин. После обработки в кислотном растворе объекты ремонта ополаскивают в растворе кальцинированной соды (5 г/л) и тринатрийфосфата (2 г/л).

Старые лакокрасочные покрытия чаще всего удаляют обработкой деталей в щелочных растворах каустической соды (едкий натр, ГОСТ 2263— 71) концентрацией 80— 100 г/л при температуре 80 — 90°C в течение 60 —90 мин. Детали промывают горячей водой в установках ванного или струйного типа. Завершающей операцией является пассивирование поверхности деталей в ванне с раствором нитрита натрия концентрацией 5 г/л при температуре 50 — 60°C. Когда удаление старой краски в щелочных растворах невозможно по технологическим или конструктивным соображениям, ее удаляют при помощи смывок или растворителей. Химическая промышленность выпускает следующие смывки: СД (СП) по ТУ МХП 1113-44, СД(ОБ) по ТУ МХП 906-42 и АФТ-1 по ТУ МХП 2648-51. Скорость действия смывок: СД (СП) —5 мин, СД (ОБ) —30 мин и АФТ-1 — 20 мин. Расход — 170, 150 и 250 г/м² соответственно. Разрушающее действие смывки АФТ-1 повышается при добавлении в нее фосфорной кислоты из расчета 15 мл на 1 л смывки. В качестве смывок можно применять растворитель Р-4 № 646 или № 647..

От консервационных смазок детали очищают в растворах синтетических моющих средств, таких как Ла-бомид-101 концентрацией 10 г/л при температуре 90 — 100°C. Установки АКТБ-180 или ОМ-3600 и др. с пульсирующим потоком жидкости применяют для очистки масляных каналов блока цилиндров и коленчатого вала.

Для обезжиривания некоторых точных деталей (плунжерные пары, распылители, шариковые и роликовые подшипники) применяют бензин с последующей промывкой веретенным или солярным маслом. Обезжиривать подшипники после промывки их в бензине можно и в растворах 1 и 2, приведенных в табл. 1.5, при температуре раствора 60 — 70°C.

При очистке деталей электрооборудования применяют керосин. В качестве заменителя керосина и бензина можно применять керосиновый контакт, который получают на нефтеперерабатывающих заводах в виде побочного продукта при очистке минеральных масел серной кислотой. Состав керосинового контакта: 40% — сульфонефтяных кислот; 8% — минеральных масел; 1% — серной кислоты; остальное — вода. Ввиду повышенного раздражающего действия на кожу рук керосиновый контакт применяют только при механизированной мойке.

Распространенным моющим средством на авторемонтных заводах является раствор на основе каустической соды (NaOH). Однако необходимо иметь в виду его раздражающее действие (особенно при концентрации свыше 1,2 — 1,5%) на кожу рук. Применяя более высокие concentra-

ции растворов, необходимо обязательно применять последующую промывку деталей в ванне с горячей водой с добавлением нитрита натрия или хромпика, что предохраняет детали от коррозии.

Таблица 1.5. Составы для обезжиривания подшипников

Компоненты	Массовые части составов	
	№ 1	№ 2
Кальцинированная сода	0,15—0,25	0,1—0,3
Натриевый хромпик	0,08—0,1	—
Азотнокислый натрий	—	0,1—0,3
Жидкое стекло	—	0,1—0,3
Вода	Остальное	Остальное

1.4. ОХРАНА ТРУДА И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Организация рабочих мест при разборке включает следующие основные требования:

на посты разборки ремонтный фонд должен поступать тщательно вымытый и очищенный;

рабочие места должны быть специализированы, т. е. каждый рабочий Должен выполнять определенные виды работ, что позволяет сократить время на подготовку к работе и более полно использовать инструмент и приспособления;

рабочее место должно предусматривать максимальную экономию движений рабочего, что должно быть заложено в конструкцию оборудования (высота конвейера, стенда, взаимное расположение рабочих мест и т. д.);

рабочее место должно быть оснащено средствами механизации основных и вспомогательных работ, необходимой документацией, местом для инструмента, специализированной тарой.

Основные требования охраны труда заключаются в следующем. Участок разборки должен иметь прочные несгораемые стены. Полы на участке должны иметь ровную (без порогов) гладкую, но нескользкую, удароустойчивую, не впитывающую нефтепродукты поверхность. Их необходимо систематически очищать от смазки и грязи. Потолки и стены следует окрашивать краской светлых тонов.

Оборудование должно быть расставлено с соблюдением необходимых разрывов между ними. Нельзя допускать скопления на участке большого числа агрегатов и деталей. Запрещается загромождать проходы, проезды и подходы к доскам с пожарным инструментом и огнетушителями.

Агрегаты и детали, соприкасавшиеся во время работы с этилированным бензином, следует предварительно промывать керосином в специальных ваннах, имеющих местный отсос. Агрегаты и детали, имеющие массу более 20 кг, необходимо снимать, транспортировать и устанавливать при помощи подъемно-транспортных средств. Усилие при подъеме груза механизмом должно быть направлено вертикально. Подтаскивание грузов краном запрещено. Разбирать агрегаты,

имеющие пружины (передняя независимая подвеска, сцепление, клапанный механизм и др.), разрешается только на специальных стендах или при помощи приспособлений, обеспечивающих безопасную работу. При выпрессовке деталей, имеющих плотную посадку, на прессах последние следует снабжать защитными решетками. Освещенность рабочих мест искусственным светом должна соответствовать для работ средней точности при малом контрасте различения объекта с фоном (фон светлый) для газоразрядных ламп: комбинированное — 400 лк, общее — 200 лк; для ламп накаливания: комбинированное— 400 лк, общее—100 лк.

Чтобы обеспечить электробезопасность, каждое производственное помещение окольцовывают шиной заземления, расположенной на 0,5 м от пола и снабженной надежными контактами. Сопротивление шины заземления в любом месте не должно превышать 4 Ом. Все корпуса электродвигателей, а также металлические части оборудования, которые могут оказаться под напряжением, должны быть занулены или заземлены.

Переносный электроинструмент можно применять при условии его исправности при напряжении не более 36 В. Если переносный электроинструмент работает от напряжения, большего чем 36 В, то он должен выдаваться вместе с защитными приспособлениями (диэлектрические перчатки, обувь, коврики и др.). Общий свет может иметь любое напряжение, освещение станков 36 В, переносные лампы 12 В. Применение голых ламп (без арматуры) запрещено. Все стационарные светильники должны быть прочно укреплены, чтобы они не давали качающихся теней.

Использованный обтирочный материал складывают в металлические ящики с крышкой. В конце смены ящики следует очищать во избежание самовозгорания обтирочного материала.

Участки промывки и очистки относятся к участкам повышенной огнеопасности. Учитывая, что при очистке применяют щелочные растворы, растворители и другие вредные вещества, к охране труда предъявляют повышенные требования. Работающих на этих участках обеспечивают спецодеждой, индивидуальными средствами защиты (перчатками, очками,

респираторами и т. д.). Участки оборудуют надежной приточно-вытяжной вентиляцией. Помещения для очистки, санитарно-гигиеническое оборудование цехов и участков должны соответствовать санитарным нормам проектирования промышленных предприятий (СНиП).

В автомобильной промышленности ежегодно используются десятки тысяч тонн моющих реагентов на водно-щелочной основе, которые сбрасываются в виде сточных вод, поскольку процессы обезжиривания и мойки осуществляются по прямоточной схеме. Кроме экологических проблем, все более широкое использование этих составов приводит к значительному увеличению энергетических затрат, так как еженедельная замена отработанных растворов также требует дополнительных затрат на разогрев свежих растворов до рабочей температуры.

Для создания совершенных методов очистки твердых, жидких и газообразных отходов до экологически безопасного уровня необходимы затраты, равные или превышающие капитальные

вложения в основную технологию. Одним из наиболее рациональных способов использования отходов является рециркуляция, позволяющая вводить отходы обратно в производство для повторного их использования. На современном уровне критерием совершенства технологического процесса можно считать его максимальную безотходность и экологическую безопасность.

В проблеме создания ресурсосберегающих малоотходных технологий основное внимание уделяется разработке новых интенсивных технологий разделения, концентрирования и очистки технологических сред. Одним из достижений технологического процесса последних лет в этой области является мембранная техника.

К основным мембранным методам разделения сред относятся ультрафильтрация, обратный осмос, микрофильтрация в потоке, испарение через мембрану, диализ, электродиализ, диффузионное разделение газов и мембранная дистилляция.

Процесс отделения от растворителя крупных коллоидных частиц, или взвешенных микрочастиц размером 0,1 — 10,0 мкм называют микрофильтрацией (МФ), а иногда мембранной фильтрацией, подразумевая под этим термином фильтрацию с поперечным потоком. Микрофильтрация занимает промежуточное место между ультра- и обычной фильтрацией. МФ приобрела большое значение наряду с такими известными мембранными методами разделения, как обратный осмос и ультрафильтрация.

Обратный осмос, ультрафильтрацию, поперечную микрофильтрацию в потоке проводят под избыточным давлением и все эти процессы объединены в одну группу баромембранных процессов (табл. 1.6).

Таблица 1.6. Условные границы и рабочие давления применяемых процессов

Процесс	Рабочее давление, МПа	Диаметр частиц, мкм
Обратный осмос	0,7—7,0	0,0001—0,0010
Ультрафильтрация	0,2—1,0	0,001—0,020
Поперечная микрофильтрация в потоке	0,01—0,20	0,02—10,00

Ультрафильтрация, обратный осмос, поперечная микрофильтрация представляют собой процессы выделения из растворов молекул и ионов в зависимости от их размеров под давлением при фильтровании через полупроницаемую мембрану (ППМ) без изменения химического состава. При ультрафильтрации, обратном осмосе, микрофильтрации -происходит разделение раствора на два, один из которых представляет собой очищенный фильтрат (например, моющий раствор) или воду (при обратном осмосе), а другой — концентрат загрязнителей или полезных продуктов — концентрат грунтовок (при-ультрафильтрации, микрофильтрации) и концентрат технологических растворов (при обратном осмосе).

Очищенная вода, фильтраты, технологические растворы после мембранной обработки возвращают в производство, а концентраты загрязнений утилизируют. Между ультрафильтрацией и обратным осмосом имеются различия. Мембраны, используемые для ультрафильтрации, имеют

поры диаметром порядка сотен и тысяч ангстрем, и вода проходит через них вязким потоком. Диаметр пор мембран обратного осмоса не превышает нескольких десятков ангстрем, при этом скорость течения воды через мембраны значительно меньше, чем при ультрафильтрации. В баромембранных процессах накопление растворенного вещества у поверхности мембраны недопустимо, так как приводит к резкому снижению селективности (разделяющей способности) и проницаемости (производительности по фильтрату) мембран.

Ультрафильтрацию в отличие от обратного осмоса используют для разделения систем, в которых молекулярная масса растворенных компонентов намного больше молекулярной массы растворителя. Например, для разделения водных растворов ультрафильтрацию применяют тогда, когда хотя бы один из компонентов намного больше молекулярной массы растворителя. К ультрафильтрациям относятся процессы, в которых мембрана задерживает частицы эффективным диаметром в несколько ангстрем.

Важнейшими преимуществами ультрафильтрации по сравнению с другими физико-химическими методами очистки, фракционирования и концентрирования растворов являются безреагентность, экологичность, высокие интенсивность, экономические показатели и качество получаемых продуктов, простота технологических схем и аппаратов, возможность обработки водных и неводных растворов разных объемов.

Поперечная микрофильтрация в потоке может быть использована в качестве основной или вспомогательной стадии во многих химико-технологических процессах. Например, в качестве промежуточной стадии при разделении растворов в процессах ультрафильтрации и обратного осмоса для уменьшения загрязнения мембран и снижения в связи с этим их селективности и проницаемости. На процесс поперечной микрофильтрации влияет ряд макро- и микрофакторов. К числу первых могут быть отнесены давление, температура и скорость циркуляции потока, к числу вторых — распределение частиц жидкой фазы и пор фильтрующей мембраны по размеру, толщина фильтрующей мембраны, морфологические и физико-химические свойства мембран.

Мембранные методы относятся к сравнительно небольшому перечню безреагентных методов, которые эффективно реализуются при температуре окружающей среды. К достоинствам этих методов можно отнести несложность процесса, простоту конструкции установок, экономичность, полную автоматизацию, безлюдность.

Мембранные процессы разделения жидких и газовых смесей имеют технические, экономические и экологические преимущества по сравнению с другими методами.

В отличие от реагентных и электролитических способов обезвреживания сточных вод мембранные процессы перспективны экологически, так как не приводят к дополнительному загрязнению воды добавляемыми реагентами и продуктами разложения или взаимодействия исходных загрязняющих веществ. Очищенная вода, фильтраты, концентраты (технологические реагенты) после мембранной обработки возвращаются в производство, а концентрат загрязнений

утилизируется. Кроме того, отсутствуют шламовые отходы, нет необходимости в больших по объему отстойниках.

По сравнению с ионным обменом мембранная технология обеспечивает более высокую степень очистки воды независимо от состава загрязнений в результате задержания не только ионов, но и неионных веществ. При этом возможна очистка растворов солей широкого диапазона концентрации (до 20%). Мембранная технология лишена таких серьезных недостатков, как необходимость частой регенерации ионообменников и сброс в водоемы регенерационных растворов.

По сравнению с электролизом и термическими способами разделения мембранные процессы не требуют больших затрат электроэнергии. Возможность разделения смеси при низкой температуре позволяет лучше сохранять исходные свойства разделяемых компонентов.

Примером промышленной установки, применяемой для фильтрации водомасляных обезжиривающих растворов, является установка УФ-1.

Технологическая характеристика установки УФ-1

Производительность установки по фильтрату, м ³ /ч	0,3 — 0,4
Поверхность фильтрации, м ²	2,5
Рабочее давление, МПа	0,45
Скорость потока над мембраной, м/с.....	3,0—4,5
Производительность по рабочему раствору, м ³ /ч	13 — 15
Производительность по регенерированному раствору, м ³ /сут	7,2
Среднее количество поступающего масла, г/ч	210—400

Уменьшение объема рабочего цикла в режиме "Ультрафильтрация" составляет 85,7 — 92,3% при степени концентрации 13— 15%. После 169-кратной предварительной концентрации содержание масла в концентрате составляло 8,5— 15,0%. Ультрафильтрат без корректировки обладает моющей способностью на 12,5 — 28,0% меньшей, чем свежеприготовленный рабочий раствор. Удельная производительность ультрафильтров БТУ 0,5/2 — Ф1 изменяется от 240 до 60 л/м²-ч. Через 56 — 70чэксплуатации требуется промывка ультрафильтров.

Глава 2 ДЕФЕКТАЦИЯ И СОРТИРОВКА ДЕТАЛЕЙ

2.1. СУЩНОСТЬ ДЕФЕКТАЦИИ И СОРТИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ

Целью дефектации разобранных деталей является определение их технического состояния и сортировка на соответствующие группы: годные, подлежащие восстановлению и негодные. Результаты дефектации и сортировки используются для определения коэффициентов годности и распределения деталей по маршрутам восстановления.

Многие причины отбраковки деталей прямо или косвенно связаны с техническими возможностями средств и методов контроля и дефектации. Существенное влияние на нормы отбраковки оказывают также технологические возможности авторемонтного предприятия. Нередки случаи отбраковки деталей, содержащих исправимые дефекты, только из-за отсутствия соответствующих методов ремонта.

После сортировки годные детали отправляют в комплектовочное отделение, негодные — на склад металлолома или для использования как материал для изготовления других деталей. Детали, требующие восстановления, после определения маршрута ремонта поступают на склад деталей, ожидающих ремонта, и далее на соответствующие участки восстановления. Громоздкие детали — рамы, картеры задних мостов и другие — контролируют непосредственно на рабочих местах.

Дефектацию деталей выполняют внешним осмотром, а также при помощи инструмента, приспособлений, приборов и оборудования. В процессе дефектации и сортировки детали маркируют краской: годные — зеленой, негодные — красной, детали,

подлежащие восстановлению, — желтой. Количественные показатели дефектации и сортировки деталей фиксируют в дефектовочных ведомостях или при помощи специальных суммирующих счетных устройств.

Дефектацию обычно начинают с наружного осмотра деталей, определяя их общее техническое состояние и выявляя внешние дефекты — трещины, пробоины, вмятины и др. Для выявления скрытых дефектов применяют приборы и приспособления, работа которых основана на неразрушающих методах контроля.

Развитие средств и методов дефектации в итоге позволяет улучшить качество ремонта автотранспортных средств. На крупных авторемонтных заводах используют автоматизированные системы управления (АСУ), в том числе и на участках дефектации деталей, позволяющие получать необходимую информацию о количественных показателях производственного процесса, потребностях в материалах, комплектующих изделиях и обеспечивать ритмичность работы цехов и участков.

Комплекс методов дефектации или методов технической диагностики, позволяющий получить количественные критерии качества продукции, играет все более важную роль в обеспечении ресурса капитально отремонтированных автотранспортных средств до уровня 0,8 ресурса новых.

2.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ ДЕТАЛЕЙ

Дефект — это каждое отдельное несоответствие продукции требованиям нормативной документации. По последствиям дефекты подразделяют на критические, значительные и малозначительные. Критический дефект — это дефект, при котором использование продукции по назначению практически невозможно или исключается в соответствии с требованиями техники безопасности. Значительный дефект — это дефект, который существенно влияет на использование продукции по назначению и (или) на ее долговечность, но не является критическим. Малозначительный дефект — это дефект, который не оказывает существенного влияния на использование продукции по назначению и на ее долговечность.

По месту расположения все дефекты подразделяют на наружные и внутренние. Наружные дефекты, такие как деформация, поломки, изменение геометрической формы и размеров, легко выявляют визуально или в результате несложных измерений. Внутренние дефекты, такие как усталостные трещины, трещины термической усталости и т. п., выявляют различными методами структуроскопии деталей. К методам структуроскопии относят магнитодефектоскопию, рентгеноскопию, ультразвуковую дефектоскопию и другие методы. Таким образом, в процессе структуроскопии деталей выполняется комплекс работ, состоящий в выявлении и характеристике дефектов, имеющих в деталях.

Дефекты по возможности исправления классифицируют на исправимые и неисправимые. Исправимые дефекты — это дефекты, устранение которых технически возможно и экономически целесообразно. К ним относят такие дефекты, как деформации, вмятины, обломы, износ поверхностей, задиры и другие дефекты, не ведущие к полной утрате работоспособности детали. Неисправимые дефекты — это дефекты, устранение которых технически невозможно или экономически нецелесообразно.

По причинам возникновения дефекты подразделяют на три класса: конструктивные, производственные, эксплуатационные.

Конструктивные дефекты — это дефекты, выражающиеся в несоответствии требованиям технологического задания или установленных правил разработки (модернизации) продукции. Причины таких дефектов могут быть весьма различны: ошибочный выбор материала изделия, неверное определение размеров деталей, режима термической обработки и т. д. Эти дефекты являются следствием несовершенства конструкции и ошибок конструирования.

Производственные дефекты — это дефекты, выражающиеся в несоответствии требованиям нормативной документации на изготовление (ремонт) или поставку продукции. Такого рода дефекты возникают, в результате нарушения технологического процесса при изготовлении или восстановлении деталей.

Производственные дефекты подразделяют на шесть групп.

Первая группа — дефекты плавления и литья. К ним относятся: отклонения химического состава от заданного, ликвация, газовые поры, земляные и шлаковые включения, усадочные раковины, спаи, горячие и холодные трещины и др.

Вторая группа — дефекты, возникающие при обработке давлением. К ним относятся: поверхностные и внутренние трещины, разрывы, риски, волосовины, закаты, плены, расслоения, флокены, зажимы и т. д.

Третья группа — дефекты термической, химико-термической и электрохимической обработки. В эту группу входят: термические трещины, обезуглероживание, науглероживание, водородные трещины, перегрев, пережог, трещины отслаивания и др.

Четвертая группа — дефекты механической обработки. К этой группе относятся: отделочные трещины, прижоги, шлифовочные трещины, нарушение герметических размеров.

Пятая группа — дефекты, возникающие при правке, монтаже и демонтаже. К ним относятся: рихтовочные и монтажные трещины, погнутость, обломы резьбы, нарушение посадок.

Шестая группа — дефекты соединения металлов сваркой и наплавкой. В эту группу входят: раковины, поры, шлаковые включения, перегрев, изменение размеров зерна, горячие и холодные трещины, непровар, неполное заполнение шва, нахлест, смещение кромок шва, непропаивание, непрочное склеивание, отслоение и др.

Эксплуатационные дефекты — это дефекты, которые возникают в результате износа, усталости, коррозии и неправильной эксплуатации. В процессе эксплуатации наибольший процент отказов возникает в результате изнашивания деталей. Изнашивание — это процесс постепенного изменения размеров и формы тела при трении, проявляющийся в отделении с поверхности трения материала и в его остаточной деформации. Изнашивание деталей зависит от ряда факторов, в частности от условий трения. В зависимости от наличия между трущимися телами смазки различают сухое, граничное и жидкостное трение.

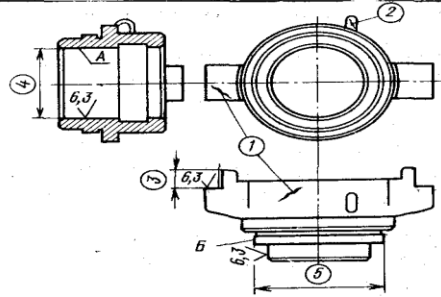
Учитывая, что каждому классу деталей присущи конструктивные особенности и определенные условия эксплуатации, можно ориентировочно установить характерные дефекты деталей каждого класса. В табл. 2.1 приведены примеры вышеуказанной классификации.

Нормативно-техническая, конструкторская, технологическая, эксплуатационная и ремонтная документация стандартизована и является единой для всех предприятий и организаций независимо от их подчиненности и принадлежности к отрасли. Это — "Единая система конструкторской документации" (ЕСКД), "Единая система технологической документации" (ЕСТД), "Единая система технологической подготовки производства" (ЕСТПП).

Таблица 2.1. Характерные дефекты деталей различных классов

Класс деталей	Дефекты	
	устраняемые	неустраняемые
I. Толстостенные корпусные	Деформации, вмятины, сплошная коррозия, обломы, забитость резьбы и отверстий, износ	Трещины: усталостные, термической усталости, ползучести, контактные. Коррозия: местная, межкристаллитная, щелевая, газовая, растрескивания под напряжением
II. Тонкостенные корпусные	Деформации, вмятины, сплошная коррозия, разрывы	Трещины: усталостные, термической усталости, контактные. Коррозия: местная, межкристаллитная, газовая, щелевая
III. Прямые круглые стержни	Износ поверхности, деформации, обломы, сплошная коррозия	Трещины: термической усталости, усталостные, контактные, ползучести, растрескивания под напряжением
IV. Прямые круглые стержни с фасонной поверхностью	То же	Трещины: термической усталости, усталостные, контактные, ползучести. Коррозия: газовая, межкристаллитная, щелевая, местная
V. Полые стержни	Износ поверхности, деформация, задиры, сплошная коррозия	Трещины: термической усталости, усталостные, ползучести. Коррозия: газовая, межкристаллитная, местная
VI. Диски с гладким периметром	Износ поверхности, деформация, обломы, сплошная коррозия	Трещины: термической усталости, усталостные, ползучести, контактные, растрескивание под напряжением. Коррозия: межкристаллитная, местная
VII. Диски с фасонным периметром	Износ поверхности, деформация, сплошная коррозия	Трещины: усталостные, контактные, ползучести. Коррозия: межкристаллитная, щелевая, газовая, местная
VIII. Некруглые стержни	Износ поверхности, деформация, обломы, сплошная коррозия	Трещины: усталостные, контактные, термической ползучести. Коррозия: местная, межкристаллитная, щелевая

Таблица 2.2. Карта дефектации

		Деталь				
		Муфта выключения сцепления				
		Номер детали				
		130-1602051				
		Материал		Твердость		
		Чугун СЧ 15		НВ 163÷229		
№ поз.	Возможные дефекты	Способ установления дефекта и измерительный инструмент	Размер, мм			Заключение
			по рабочему чертежу	допустимый без ремонта	допустимый для ремонта	
1	Трещины и обломы любого характера и расположения, кроме трещин и обломов ушка под оттяжную пружину	Осмотр	—	—	—	Браковать
2	Трещины и обломы ушка под оттяжную пружину	"	—	—	—	Ремонтировать наплавкой
3	Износ поверхности лап по высоте	Осмотр, шаблон 16,0 мм	15+ +0,25	16	Более 16	То же
4	Износ отверстия под крышку подшипника первичного вала коробки передач	Пробка пластинчатая 47,9 мм или индикаторный нутромер 35 — 50 мм	47,5	17,9	—	Браковать при размере более 47,9 мм
5	Износ шейки под подшипник выключения сцепления	Скоба или микрометр 50—70 мм	55	55	Менее 55	Ремонтировать наплавкой

Стандартизованные документы на проведение технического контроля предусматривают порядок составления операционных карт технического контроля и ведомостей операционного контроля.

Технические условия (ТУ) на контроль и сортировку деталей в условиях авторемонтного производства разрабатываются на основании анализа условий работы детали, физико-механических свойств, перечня возможных дефектов и др. Они составляются в виде карт (табл. 2.2),

которые по каждой детали в отдельности содержат следующую информацию: наименование детали и номер по каталогу, перечень дефектов, способы их выявления и рекомендуемые способы устранения, эскиз с указанием мест расположения дефектов, размеры детали, материал, твердость.

2.3. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ РАЗМЕРОВ, ФОРМЫ И ВЗАИМНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ

Средства и методы контроля. Состояние деталей и сопряжений можно определить осмотром, проверкой на ощупь, при помощи мерительных инструментов и другими методами.

В процессе осмотра выявляют разрушение детали (трещины, выкрашивание поверхностей, изломы: и т. п.), наличие отложений (накипь, нагар и т. п.), течь воды, масла, топлива: Проверкой на ощупь определяют износ и смятие ниток резьбы на деталях в результате предварительной затяжки, эластичность сальников, наличие задиров, царапин и др. Отклонения сопряжений от заданного зазора или натяга деталей от заданного размера, от плоскостности, формы, профиля и т. д. определяют при помощи измерительных инструментов.

Выбор средств контроля должен основываться на обеспечении заданных показателей процесса контроля и анализа затрат на реализацию контроля при заданном качестве изделия. При выборе средств контроля следует использовать эффективные для конкретных условий средства контроля, регламентированные государственными, отраслевыми стандартами и стандартами предприятий.

Выбор средств контроля включает следующие этапы:

анализ характеристик объекта контроля и показателей процесса контроля;

определение предварительного состава средств контроля;

определение окончательного состава средств контроля, их экономического, обоснования, составление технологической документации.

В зависимости от производственной программы, стабильности измеряемых параметров могут быть использованы универсальные, механизированные или автоматические средства контроля. При ремонте наибольшее распространение получили универсальные измерительные приборы и инструменты. По принципу действия они могут быть разделены на следующие виды.

1. Механические приборы — линейки, штангенциркули, пружинные приборы, микрометрические и т. п. Как правило, механические приборы и инструменты отличаются простотой, высокой надежностью измерений, однако имеют сравнительно невысокую точность и производительность контроля. При измерениях необходимо соблюдать принцип Аббе (компараторный принцип), согласно которому необходимо, чтобы на одной прямой линии располагались ось шкалы прибора и контролируемый размер проверяемой детали, т. е. линия измерения должна являться продолжением линии шкалы. Если этот принцип не выдерживается, то перекося и непараллельность направляющих измерительного прибора вызывают значительные погрешности измерения.

2. Оптические приборы — окулярные микрометры, измерительные микроскопы, коллимационные и пружинно-оптические приборы, проекторы, интерференционные средства и т. д. При помощи оптических приборов достигается наивысшая точность измерений. Однако приборы этого вида сложны, их настройка и измерение требуют больших затрат времени, они дороги и часто не обладают высокой надежностью и долговечностью.

3. Пневматические приборы — длинномеры. Этот вид приборов используется в основном для измерений наружных и внутренних размеров, отклонений формы поверхностей (в том числе внутренних), конусов и т. п. Пневматические приборы имеют высокую точность и быстродействие. Ряд измерительных задач, например точные измерения в отверстиях малого диаметра, решается только приборами пневматического типа. Однако приборы этого вида чаще всего требуют индивидуальной тарировки шкалы с использованием эталонов.

4. Электрические приборы. Они получают все большее распространение в автоматической контрольно-измерительной аппаратуре. Перспективность приборов обусловлена, их быстродействием, возможностью документирования результатов измерений, удобством управления.

Основным элементом электрических измерительных приборов является измерительный преобразователь (датчик), воспринимающий измеряемую величину и вырабатывающий сигнал измерительной информации в форме, удобной для передачи, преобразования и интерпретации. Преобразователи классифицируют на электроконтактные (рис. 2.1), электроконтактные шкальные головки, пневмоэлектроконтактные, фотоэлектрические, индуктивные, емкостные, радиоизотопные, механотронные.

Промышленность выпускает нормализованные узлы средств автоматического контроля, что позволило создать блочную конструкцию автоматических измерительных средств. Помимо преобразователя, такие средства содержат измерительную станцию, пороговое, загрузочное, транспортирующее, запоминающее, исполнительное (сортировочное) и преобразующее устройства.

Общим направлением развития измерительных средств для мелкосерийного, индивидуального и специализированного производства является создание универсальных сборных, легко перенастраиваемых приспособлений, состоящих из агрегатных узлов серийного производства. Такие узлы сборных приспособлений широко выпускаются как в нашей стране, так и за рубежом. Выбор тех или иных узлов и приспособлений проводят по соответствующей справочной литературе.

В последние годы в нашей стране и за рубежом интенсивно разрабатывают средства измерений нового типа — координатные измерительные машины, предназначенные для контроля сложных корпусных деталей, точного измерения длин, погрешностей формы и других параметров. Наиболее универсальны — трехкоординатные измерительные машины, содержащие

автоматическую систему обработки результатов, выполненную на базе микроЭВМ. Известны машины такого типа фирм "Ferrani", "Taylor-Hobson" и др. Трехкоординатная измерительная машина, разработанная Одесским заводом фрезерных станков, позволяет измерять по осям X, Y, Z, соответственно равным 400, 250 и 150 мм, цена деления шкалы по каждой координате — 0,5 мкм.

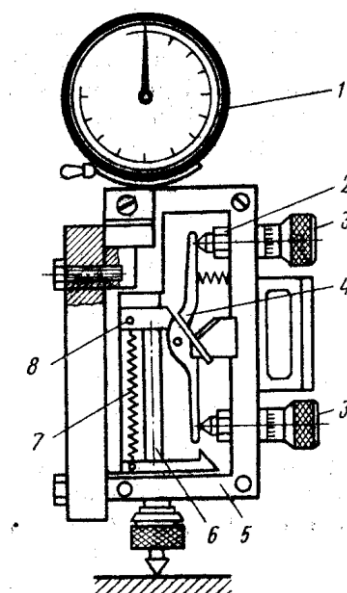


Рис. 2.1. Электроконтактный предельный преобразователь модели 228: 1 — настроечная измерительная головка; 2 — неподвижные контакты; 3 — барабанчики; 4 — двуплечий рычаг; 5 — корпус; 6 — измерительный шток; 7 — пружина; 8 — передвижная планка

Все большее распространение на предприятиях автостроения и ремонта получают автоматическое и автоматизированное технологическое оборудование, станки и инструмент. Технологическим процессом на таком оборудовании управляют при помощи средств активного контроля.

Активный контроль производится до обработки детали на технологическом оборудовании (защитно-блокировочные устройства), в процессе обработки и после обработки — для подналадки оборудования. Наиболее разработаны средства активного контроля при абразивной обработке деталей, токарных, фрезерных и других технологических операциях, при шлифовании и хонинговании, которые широко используются в авторемонтном производстве и, как правило, являются заключительной операцией ремонта детали.

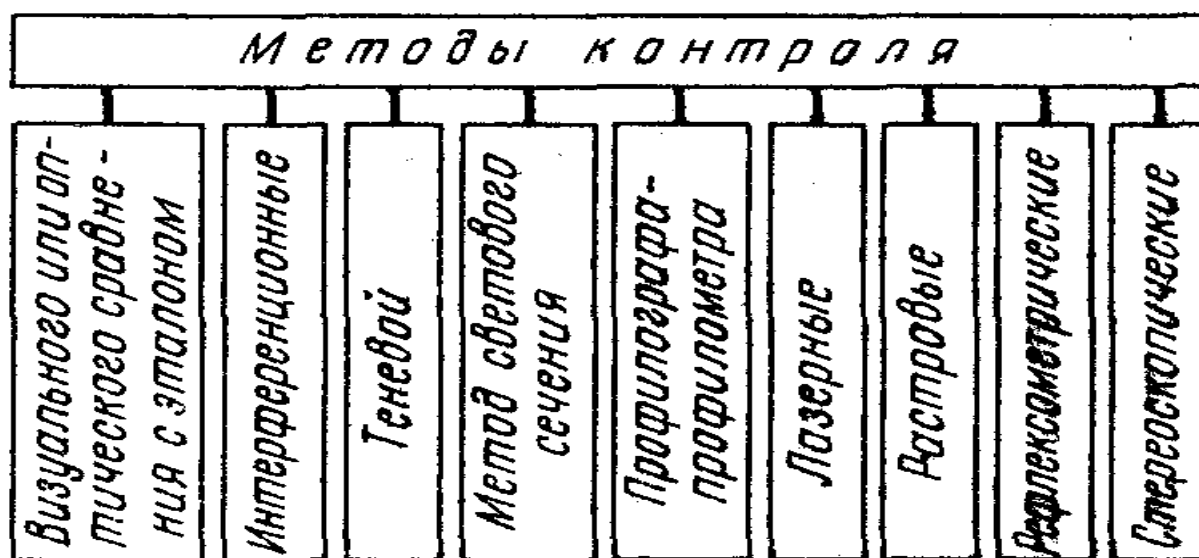


Рис. 2.2. Основные методы контроля шероховатости поверхности

Активный контроль позволяет увеличить производительность труда, уменьшить брак. Однако необходимо иметь в виду, что средства активного контроля целесообразно применять

только в том случае, если исполнительные органы технологического оборудования могут воспринимать и осуществлять с заданной точностью принятые команды.

Разработаны методы измерения и контроля шероховатости поверхности (рис. 2.2). Чаще всего шероховатость измеряют контактным методом, щуповыми приборами (профилометрами и профилографами) и бесконтактным — оптическими приборами (микроинтерферометрами, двойными микроскопами и др.). Например, в современном профилографе-профилометре (рис. 2.3) алмазная ощупывающая игла 1 с радиусом закругления 10 мкм закреплена на якоре 9 измерительного преобразователя. При перемещении преобразователя относительно исследуемой поверхности игла и якорь колеблются на опоре 8 относительно сдвоенного Ш-образного сердечника 4, на котором закреплены две катушки 3 преобразователя. Катушки включены в мостовую схему, которая питается от стабилизированного генератора 2. При колебаниях якоря изменяются воздушные зазоры между якорем и сердечником, индуктивности катушек и соответственно выходное напряжение мостовой схемы. Выходные сигналы с мостовой схемы, амплитуда которых пропорциональна высоте микронеровностей, а частота соответствует шагу микронеровностей, поступают на блок управления 5 и счетно-решающий блок 6, а затем на записывающее устройство 7. Числовые значения параметров шероховатости поверхности (R_a , R_z и др.) определяются при помощи пятиразрядного цифрового отсчетного устройства, расположенного на передней панели счетно-решающего блока. Записывающее устройство используют для записи профилограммы профиля поверхности.

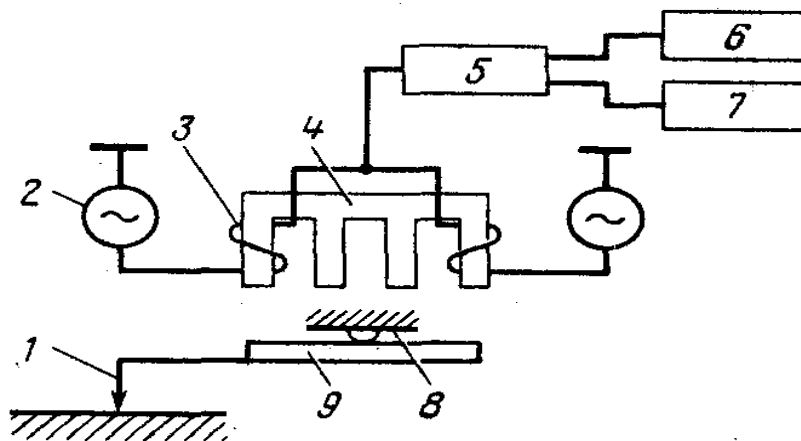


Рис. 2.3. Схема профилографа - профилометра модели 252

Рассмотрим технологию контроля некоторых специфических деталей.

Контроль блока цилиндров двигателя. Основные дефекты — трещины и износ цилиндров определяют следующим образом (рис. 2.4):

измеряют штангенциркулем диаметр верхнего неизнашивающегося пояска цилиндра;

подбирают в соответствии с диаметром верхней кромки цилиндра сменный стержень / индикаторного нутромера, вставляют его в тройник 2 и закрепляют гайкой;

устанавливают микрометр на размер, равный диаметру цилиндра по верхней кромке, плюс 1 мм;

штифты индикаторного нутромера устанавливают между пяткой и шпинделем микрометра, закрепляют сменный стержень и подводят ноль шкалы к стрелке индикатора 3;

измеряют цилиндр в плоскости, перпендикулярной оси коленчатого вала, в трех сечениях I, II и III, на расстояниях $H/6$ и $H/2$ (H — высота гильзы);

измеряют цилиндр в плоскости, параллельной оси коленчатого вала, в трех сечениях.

Пользуясь приведенными ниже формулами, определяют диаметр цилиндра, износ его по сечениям, а также максимальную овальность и конусность цилиндра.

Износы цилиндра в миллиметрах соответственно в плоскостях в перпендикулярной I_1 , и параллельной I_{11} оси коленчатого вала:

$$I_1 = D_1 - D_2 \text{ и } I_{11} = D_{11} - D_2,$$

где D_1 и D_{11} — диаметры цилиндра соответственно в плоскостях перпендикулярной и параллельной оси коленчатого вала и в соответствующих сечениях, мм; D_2 — диаметр цилиндра по верхнему пояску, мм.

Максимальная конусность в миллиметрах

$$K = D_{\max} - D_{\min}$$

где D_{\max} и D_{\min} — соответственно максимальный и минимальный диаметры цилиндра в одной плоскости, но в разных сечениях, мм.

Максимальная овальность в миллиметрах

$$O = D_{\max} - D_{\min}$$

где D_{\max} и D_{\min} — соответственно максимальный и минимальный диаметры цилиндра в одном сечении, но в разных плоскостях, мм.

Результаты замеров заносят в карту измерения и контроля блока цилиндров.

Контроль коленчатых валов. Основные дефекты — погнутость, износ коренных и шатунных шеек, трещины.

Погнутость коленчатого вала проверяют в центрах токарного (или специального) станка на биение индикатором часового типа, укрепленным на индикаторной стойке. Биение определяют по средней шейке коленчатого вала. Разность наибольшего и наименьшего отклонений стрелки за один оборот вала будет равна биению вала.

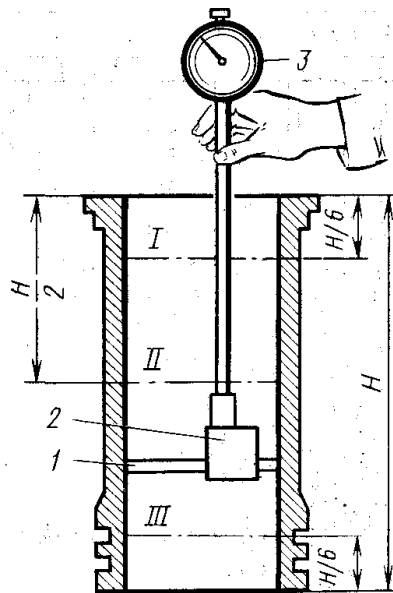


Рис 2,4 Схема измерения диаметра гильзы цилиндра

Овальность и конусность коренных и шатунных шеек коленчатого вала определяют замером в двух сечениях, отстоящих от галтелей на расстоянии 10 — 15 мм. В каждом поясе измеряют в двух перпендикулярных плоскостях: параллельной и перпендикулярной плоскости колена.

Конусность определяют как разность наибольшего и наименьшего диаметров шейки, измеренных в двух сечениях и взаимно перпендикулярных плоскостях. Овальность определяют вычитанием из наибольшего диаметра шейки наименьшего, измеренных в одном сечении, но в различных плоскостях. Результаты замеров каждой шейки заносят в карту измерения и контроля коленчатого вала.

Шейки коленчатого вала измеряют микрометрами с пределами измерений 50,75,100 мм или рычажным микрометром со шкалой соответствующей точности. Трещины коленчатого вала выявляются внешним осмотром невооруженным глазом, при помощи простых луп и магнитного дефектоскопа.

Контроль зубьев зубчатых колес. Основные дефекты — износ зубьев по толщине. Зубья замеряют по толщине штангензубомерами, шаблонами, тангенциальными зубомерами и оптическими приборами типа БП (большой проектор).

Контроль шариковых подшипников. Основные дефекты — радиальные и осевые люфты.

При проверке радиального зазора (люфта) (рис:2.5, а) проверяемый шариковый подшипник внутренним кольцом устанавливают на оправку и зажимают гайкой. Сверху стержень 2 одним концом упирается в поверхность наружного кольца подшипника, а другим — в ножку миниметра 1. Снизу стержень 4 одним концом упирается в поверхность наружного кольца подшипника, а другим концом он связан с системой рычагов. Стержень 2 находится в трубке 3, а стержень 4 — в головке. Трубка 3 и стержень 4 при помощи рычагов соединены с линейкой 5, по которой передвигается груз Р.

Если груз P находится с правой стороны, трубка 3 давит на наружное кольцо подшипника сверху — кольцо перемещается вниз, в результате чего стержень 2 тоже перемещается вниз, и на миниметре 1 фиксируют показание стрелки. Если груз P перемещается на левую сторону, то на наружное кольцо подшипника давит стержень 4 — кольцо перемещается вверх. Стержень 2 также перемещается вверх. Снова фиксируют показание миниметра. Разность между показаниями стрелки миниметра и будет радиальным зазором в проверяемом подшипнике.

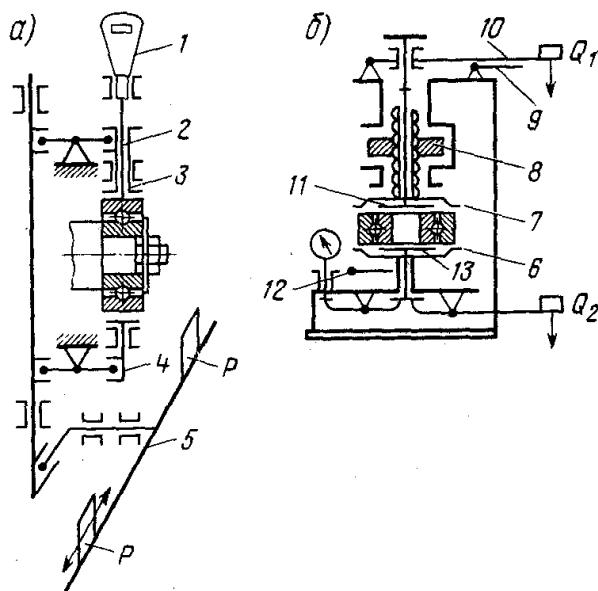


Рис. 2.5. Приспособление для контроля зазоров шариковых подшипников

При проверке осевого зазора (люфта) (рис. 2.5, б) проверяемый шариковый подшипник кладут на неподвижный диск 6, а затем при помощи подвижного диска 7 и гайки 8 зажимают наружное кольцо подшипника. Груз Q_1 закрепленный на рычаге 10, давит сверху через шайбу 11 на торец внутреннего кольца подшипника. Груз Q_2 передает усилие снизу через рычаг и шайбу 13 на торец внутреннего кольца подшипника. Усилие груза Q_1 , должно быть в 2 раза больше усилия груза Q_2 .

Если один конец рычага 9 опустить, то второй его конец поднимет рычаг 10 и шайбу 11. В таком положении на внутреннее кольцо подшипника будет передаваться усилие только груза Q_2 , кольцо переместится вверх, и в этом положении необходимо зафиксировать показание индикатора. Если конец рычага 9 поднять до горизонтального положения, внутреннее кольцо подшипника опустится и на него будет действовать усилие $Q_1 - Q_2$. Перемещение кольца снова отразится на индикаторе, показание которого также необходимо зафиксировать. Разность между показаниями индикатора будет осевым зазором в проверяемом подшипнике. Внутреннее кольцо подшипника в процессе измерения можно поворачивать на незначительный угол рычагом 12.

Шариковые подшипники проверяются и внешним осмотром. При этом выявляют такие дефекты, как цвета побежалости, появившиеся в результате перегрева подшипников; трещины на

кольцах; отпечатки шариков на беговых дорожках; выкрашивание или шелушение поверхностей качения; повреждение сепаратора. Подшипники с такими дефектами бракуют.

Контроль шлицевых валов. Основные дефекты: погнутость вала, износ мест под подшипники и износ шлицев по ширине.

Биение (погнутость) вала проверяют в центрах станка или приспособления по неизношенной части шлицев индикатором часового типа. Места под подшипники измеряют микрометрами, штангенциркулями или предельными скобами, имеющими размеры, допустимые по техническим условиям. Если при измерении скоба пройдет по диаметру шейки, такой вал необходимо ремонтировать. Ширину шлицев измеряют штангенциркулем или шаблоном.

Для обнаружения скрытых дефектов деталей, например внутренних трещин, раковин, несправки в сварочных швах, применяют ультразвуковой способ контроля. Привалочные поверхности головки и блока цилиндров контролируют на контрольной плите шупом или при помощи приспособлений.

2.4. МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ СКРЫТЫХ ДЕФЕКТОВ

Виды и методы неразрушающего контроля. Визуальный контроль позволяет определить видимые нарушения целостности детали. Визуально-оптический контроль обладает рядом очевидных преимуществ перед визуальным контролем. Гибкая волоконная оптика с манипулятором позволяет осмотреть значительно большие зоны, недоступные для открытого обзора. Однако многие опасные дефекты, проявляющиеся в процессе эксплуатации, визуально-оптическими методами в большинстве своем не обнаруживаются. К таким дефектам относятся в первую очередь усталостные трещины небольших размеров, коррозионные поражения, структурные превращения материала, связанные с процессами естественного и искусственного старения и т. д.

В этих случаях используются физические методы неразрушающего контроля (НК). В настоящее время известны следующие основные виды неразрушающего контроля: акустический, магнитный, радиационный, капиллярный и вихретоковый. Их краткая характеристика приведена в табл. 2.3.

Каждый из видов неразрушающего контроля имеет несколько разновидностей. Так, среди акустических методов можно выделить группу ультразвуковых методов, импедансный, свободных колебаний, велосимметрический и т. д. Капиллярный метод подразделяется на цветной и люминесцентный, радиационный метод — на рентгено- и гамма-методы.

Общей особенностью методов неразрушающего контроля является то, что непосредственно измеряемыми этими методами являются физические параметры такие, как электропроводность, поглощение рентгеновских лучей, характер отражения и поглощения рентгеновских лучей, характер отражения и поглощения ультразвуковых колебаний в исследуемых изделиях и т. д. По изменению значений этих параметров в ряде случаев можно судить об изменении свойств

материала, имеющих весьма важное значение для эксплуатационной надежности изделий. Так, резкое изменение магнитного потока на поверхности намагниченной стальной детали свидетельствует о наличии в данном месте трещины; появление дополнительного отражения ультразвуковых колебаний при прозвучивании детали сигнализирует о нарушении однородности материала (например, расслоений, трещин и др.); по изменению электропроводности материала часто можно судить и об изменении его прочностных свойств и т. п. Не во всех случаях можно дать точную количественную оценку обнаруженного дефекта, так как связь между физическими параметрами и параметрами, подлежащими определению в процессе контроля (например, размер трещины, степень понижения прочностных свойств и др.), как правило, не бывает однозначной, а имеет статистический характер с различной степенью корреляции. Поэтому физические методы неразрушающего контроля в большинстве случаев являются скорее качественными и реже — количественными.

Т а б л и ц а 2.3. Характеристика методов неразрушающего контроля

Физическая основа	Выявляемые дефекты	Область возможного применения при ремонте	Факторы, снижающие эффективность данного вида НК
-------------------	--------------------	---	--

Акустический (прошедшего излучения, отраженного излучения, импедансный, свободных колебаний, эмиссионный)

Регистрация параметров упругих волн, возбужденных в контролируемом объекте	Трещины различного рода, макро- и микронесплошности (раковины, пористость и т. п.). Включения, зоны коррозионного поражения, дефекты клеомеханических, сварных и паяных соединений	Безразборная дефектация элементов конструкции. Определение дефектов, расположенных в глубине металлических и неметаллических материалов. Измерение толщин при одностороннем доступе	Неперпендикулярность направления ультразвуковых колебаний к поверхности искомого дефекта в пределах "мертвой зоны". Наличие стыков между контролируемыми элементами. Шумовые помехи, близкие по частоте к частоте колебаний, используемых для НК
--	--	---	--

Магнитный (магнитопорошковый, магнитографический, феррозондовый)

Регистрация магнитных полей рассеяния дефектов или магнитных свойств контролируемого объекта	Трещины любого происхождения, выходящие на поверхность или расположенные на глубине не более 2—3 мм от поверхности ферромагнитного материала. Закаты, заковы, волосовины и другие несплошности	Контроль деталей из ферромагнитных материалов. Контроль качества размагничивания (феррозондовым методом). Контроль сварных соединений, определение дефектов металлургического происхождения	Неперпендикулярность магнитного потока к плоскости трещины. Наличие поверхностных пленок толщиной более 30—40 мкм. Резкие изменения сечения деталей, геометрические концентраторы, рассеивающие магнитный поток
--	--	---	---

Радиационный (радиоскопический, радиографический, сцинтиляционный, ионизационный)

Взаимодействие проникающего ионизирующего излучения с контролируемым объектом	Поверхностные и глубинные трещины, раковины, рыхлости, пористость, неметаллические включения и т. п. Дефекты соединений	Контроль деталей из различных сталей и сплавов	Невысокая производительность контроля. Особое требование техники безопасности
---	---	--	---

Физическая основа	Выявляемые дефекты	Область возможного применения при ремонте	Факторы, снижающие эффективность данного вида НК
-------------------	--------------------	---	--

Проникающими веществами: капиллярный (цветной, яркостный, люминесцентно-цветной, фильтрующихся частиц)

Капиллярное проникновение индикаторных жидкостей в полости поверхности дефектов и регистрация индикаторного рисунка	Поверхностные трещины любого происхождения, раковины, рыхлости, пористости, волосовины, коррозионное поражение, подтекание топлива или рабочих жидкостей органического происхождения	Контроль деталей из немагнитных материалов по ограниченно доступным для наблюдения участкам. Дублирование других методов НК	Наличие на поверхности покрытий или пленок различного происхождения. Заполнение дефектов окислами или органическими веществами. Субъективность, отсутствие соответствующих оптических средств для осмотра контролируемой поверхности
---	--	---	--

Вихретоковый

Регистрация изменения взаимодвижения собственного электромагнитного поля катушки с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых катушкой в контролируемом объекте	Трещины любого происхождения в поверхностных слоях деталей из электропроводных материалов, ориентированные нормально к контролируемой поверхности. Фазовые и структурные изменения электропроводных материалов. Коррозионные повреждения. Остаточная деформация. Изменение толщины защитных покрытий	Контроль материалов и полуфабрикатов. Контроль качества химико-термической обработки (структуроскопия). Безразборная дефектация силовых узлов и деталей. Прогнозирование (в отдельных случаях) остаточной долговечности деталей из ферромагнитных сплавов. Оценка внутренних напряжений. Измерение толщин при одностороннем доступе	Сложность отстройки от мешающих факторов, связанных с зазором между датчиком и контролируемым материалом, кривизной контролируемой поверхности, малым удалением датчика от края детали и т. д.
---	--	---	--

Различные методы неразрушающего контроля не заменяют, а лишь дополняют друг друга. Каждый из них имеет свою, характерную для данного метода, область применения. Одни методы дают возможность обнаруживать мелкие поверхностные дефекты типа трещин, но непригодны для обнаружения внутренних дефектов, другие удобны для обнаружения коррозионных поражений и т. д. Поэтому в некоторых случаях, особенно для контроля наиболее ответственных участков деталей бывает целесообразно применять несколько разных методов, что обеспечивает более полную проверку качества соответствующих деталей.

Необходимо иметь в виду, что возможность использования методов неразрушающего контроля зависит от выполнения ряда требований. Одним из основных требований является обеспечение свободного доступа к контролируемому участку поверхности:

При оценке эффективности использования того или иного метода контроля важнейшим параметром является чувствительность, которая оценивается размерами минимальных, надежно обнаруживаемых данным методом дефектов. Необходимо учитывать, что физические методы являются чувствительными не только к дефектам, подлежащим обнаружению, но и к различным, так называемым мешающим факторам, т. е. таким параметрам контролируемых деталей, изменения которых даже в допустимых технических условиях оказывают заметное влияние на результаты контроля физическими методами. Так, при контроле ультразвуковым

методом отражение ультразвукового луча может быть не только от нарушений сплошности, но и от неоднородности структуры, на-

пример, крупных зерен; допускаемые включения ("аустенитная полосчатость") могут вызывать такую же картину осаждения магнитного порошка при магнитной дефектоскопии, как и поверхностные трещины и т. д. Поэтому повышать чувствительность в результате повышения коэффициента усиления приборов или использования ужесточенных режимов контроля, например, за счет применения более проникающих жидкостей при капиллярной дефектоскопии следует не беспредельно, а лишь до тех пор, пока сигналы от дефектов — "полезные" сигналы — можно надежно отличить от сигналов, вызываемых мешающими факторами.

Далеко не всегда необходимо пользоваться максимальной чувствительностью, которую может обеспечить данный метод с использованием конкретной аппаратуры. Чувствительность необходимо выбирать с таким расчетом, чтобы могли быть надежно выявлены лишь те дефекты материала, которые и являются дефектами изделия, т. е. делают данное изделие (деталь) непригодным для эксплуатации (что должно быть оговорено в соответствующей нормативно-технической документации). Один и тот же дефект материала в одних случаях может считаться допустимым, в других является основанием для браковки деталей, так как по условиям эксплуатации деталь с таким дефектом становится ненадежной.

Таким образом, говоря о чувствительности метода, следует различить максимальную и реально устанавливаемую чувствительность. Максимальная чувствительность метода оценивается размерами минимального дефекта, который может быть надежно, с заметным превышением "полезного" сигнала над сигналом от мешающих факторов (шумов) выявлен в деталях данного типа, в конкретных условиях контроля, при использовании определенной аппаратуры.

Реально устанавливаемая чувствительность или чувствительность метода оценивается минимальными размерами 'дефектов (или их аналогов на специальных образцах), которые должны быть надежно с заданной степенью вероятности (например, 95 %) обнаружены в соответствии с нормативными документами на конкретную деталь конкретными методами и аппаратурой.

Часто, когда речь идет об особо нагруженных ответственных деталях, применяют выражение "никакие дефекты не допускаются". Это означает, что для контроля таких деталей должна устанавливаться чувствительность, соответствующая максимальной чувствительности данного метода и не должны пропускаться никакие достаточно надежно обнаруженные дефекты.

Максимальная чувствительность одного и того же метода может существенно меняться в зависимости от конкретных условий контроля. Очевидно, что в условиях эксплуатации эта чувствительность как правило, меньше, чем в лабораторных условиях, когда используется стационарная аппаратура и для контроля созданы оптимальные условия работы.

Выбор того или иного метода контроля должен основываться не только на требованиях технической документации.

Сама сущность методов предопределяет целесообразность их применения во всех случаях, когда нельзя однозначно судить о качестве того или иного объекта.

Акустические методы неразрушающего контроля. Эти методы основаны на регистрации параметров упругих волн, возбуждаемых или возникающих в контролируемом объекте. Использовать особенности прохождения акустических (ультразвуковых) колебаний через среду для определения ее свойств впервые удалось советскому исследователю С. Я. Соколову в 1928 г. Он же сконструировал первый промышленный дефектоскоп.

По характеру взаимодействия физических полей с контролируемым объектом акустический вид НК делят на методы прошедшего излучения, отраженного излучения (эхо-метод), резонансный, импедансный, свободных колебаний и акустико-эмиссионный.

Для целей НК в настоящее время используют упругие колебания частотой от нескольких десятков до миллионов герц. При частоте колебаний, например, 10^9 Гц в твердых телах возбуждаются волны длиной около 1 мкм, что и определяет высокое разрешение метода. Акустический контроль применяют для обнаружения несплошностей (трещин, пор, раковин, расслоений и т. п.), структурного анализа (определение размеров зерен, наличия примесей и неоднородностей и т. д.), измерения толщин при одностороннем доступе к деталям, определения уровня жидкости в сосудах и для решения многих других дефектоскопических и измерительных задач. По универсальности это один из лучших методов НК, который может применяться для исследования как твердых, так и жидких тел.

Чаще всего для контроля деталей и узлов используют ультразвуковой вид акустического НК. Излучение и прием ультразвуковых колебаний (УЗК) осуществляют при помощи пьезоэлектрических преобразователей— специальных пластинок из кварца, сульфата лития, титаната бария и т. п. Пьезоэлектрический преобразователь является основным элементом искателя (рис. 2.6) — устройства, предназначенного для излучения и (или) приема акустических колебаний и входящего в комплект ультразвукового дефектоскопа.

Ультразвуковые колебания (УЗК), генерируемые пьезопреобразователем, представляют собой импульс, или, точнее, волновой пакет, основная частота которого соответствует собственной частоте колебаний пластины. Для контроля объектов применяют несколько видов ультразвуковых волн: продольные, поперечные и поверхностные.

Продольными называют такие волны, в процессе прохождения которых через некоторую среду частицы среды смещаются в направлении движения волн. Эти волны иногда называют также волнами расширения или сжатия, или невращающимися волнами. В поперечных, или сдвиговых, волнах частицы среды колеблются в плоскости, перпендикулярной к направлению распространения волн.

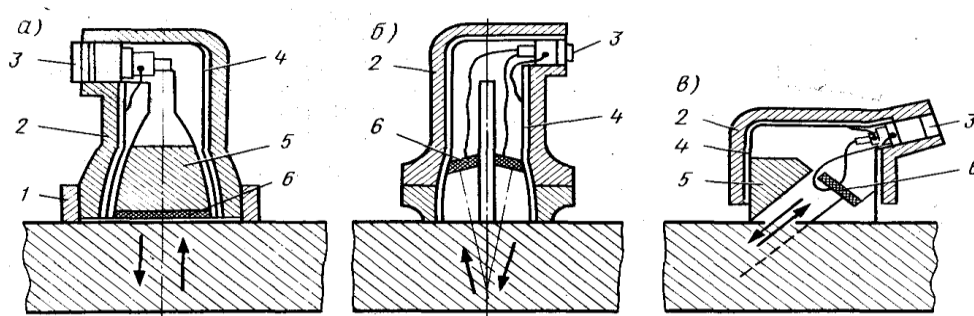


Рис. 2.6. Конструкция нормального (а), раздельно-совмещенного (б) и наклонного (в) искателей: 1 — протектор; 2 — корпус; 3 — штепсельный разъем; 4 — экран; 5 — демпфер; 6 — пьезопластина. Стрелками обозначают направление ультразвукового сигнала

При определенных условиях УЗК с достаточно большой амплитудой могут распространяться по поверхности материала (так называемые волны Рэлея, Лэмба, Лява). Перемещение частиц в этом случае происходит в продольном и поперечном направлениях. Колебания происходят в плоскости направления распространения волн и нормали к поверхности тела.

Потеря энергии при прохождении УЗК через вещество обусловлена четырьмя основными процессами: теплопроводностью, внутренним трением, упругим гистерезисом и рассеянием. Потери зависят главным образом от частоты ультразвуковых колебаний, структуры материала, а также геометрических особенностей детали.

При акустическом контроле чрезвычайно важен ввод УЗК в контролируемое изделие с минимальными потерями энергии колебаний в месте контакта преобразователя с деталью. Это достигается вводом УЗК

через тонкий слой жидкости (например, масла для деталей простой конфигурации), или через слой иммерсионной жидкости, а также применением специальных искателей (рис. 2.7).

При больших скоростях и вибрациях контролируемого объекта начинают использоваться бесконтактные преобразователи, основанные на воздушной акустической связи преобразователей с объектом контроля, термоакустическом эффекте, эффектах электрического и электромагнитного полей.

Чтобы обеспечить ультразвуковой контроль деталей сложной конфигурации, необходимо фиксировать нормальные или наклонные искатели в строго определенном месте контактной поверхности. Для этого рекомендуется изготавливать специальные фиксирующие приспособления, обеспечивающие ввод УЗК в тело детали в строго определенном направлении с учетом геометрических особенностей контрольного участка и характера искомого дефекта (рис. 2.8).

В некоторых случаях при отсутствии доступа к участкам возникновения дефектов бывает целесообразно использовать побочные поверхности деталей, которые могут способствовать преломлению падающих на них колебаний в необходимом по отношению к дефекту направлении. Влияние формы импульса и его частоты на распределение отражений от дефекта и рассеянной

энергии носит весьма сложный характер. Однако для получения достаточного по амплитуде отражения от дефекта колебания должны иметь длину волны по крайней мере одного порядка с размерами дефекта. Следовательно, для обнаружения небольших дефектов частоту следует увеличивать.

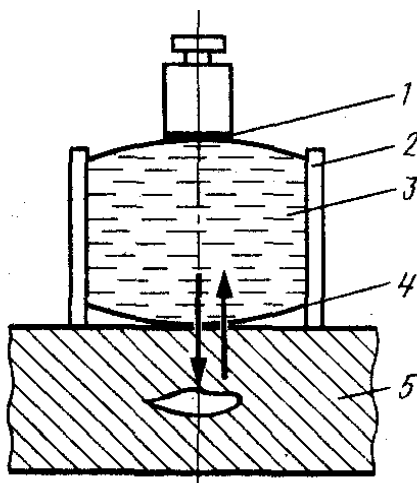


Рис. 2.7. Схема искателя с локальной ванной: 1 — пьезоэлемент; 2 — корпус; 3 — иммерсионная жидкость; 4 — эластичная мембрана; 5 — изделие

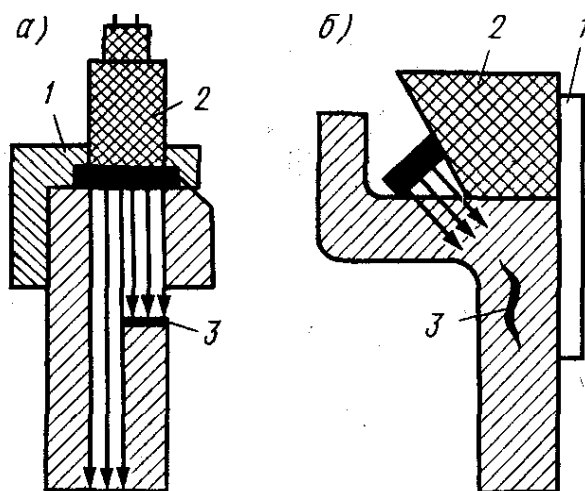


Рис. 2.8. Положение прямого (а) и наклонного (б) искателей при ультразвуковом контроле барабанов:

1 — ограничитель; 2 — искатель; 3 — трещина

При контроле деталей используется ряд методов акустической дефектоскопии. При контроле по методу прошедшего излучения (теновом) УЗК, как правило, вводятся с одной стороны, а принимаются с другой (рис. 2.9, а), а в зеркальном варианте (рис. 2.9, б) вводятся и принимаются с одной стороны, так как УЗК, встретившие на пути дефект в виде несплошности, отражаются в обратном направлении, что приводит к уменьшению амплитуды либо изменению базы УЗК, воспринимаемых приемным элементом искателя. В общем случае для контроля УЗК могут излучаться в непрерывном или импульсном режиме.

Развитие теневого метода связано с возможностями визуализации волнового поля для получения изображения контролируемого участка деталей, изготовленных из оптически непрозрачных материалов.

Метод отраженного излучения (эхо-метод) получил в настоящее время наибольшее распространение. При испытаниях по этому методу в изделие через связывающую среду вводится направленный импульс УЗК- Ультразвуковые волны отражаются от противоположной поверхности изделия, и отраженный сигнал (эхо-сигнал, или "донный" импульс) воспринимается преобразователем (рис. 2.10).

Излучающий преобразователь можно одновременно использовать в качестве приемника сигналов. Наличие в изделии дефекта (несплошности) сопровождается возникновением отраженного сигнала. Интервал между вводом в изделие начального импульса и приемом отраженного сигнала измеряется и наблюдается на экране дефектоскопа. Об очертаниях дефекта можно судить на основании положения и амплитуды отраженного от него импульса.

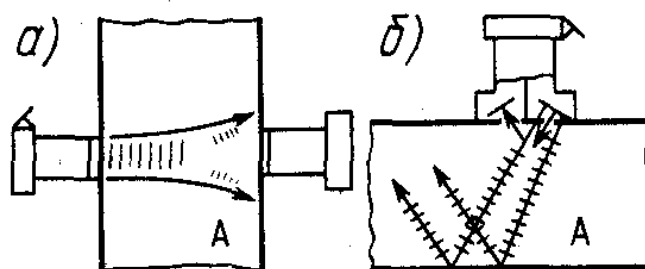


Рис. 2.9. Методы акустического контроля объекта А

Резонансный метод основан на регистрации параметров резонансных колебаний, возбуждаемых в контролируемом объекте. Метод позволяет, определяя резонансные частоты системы, измерить толщину изделий в контролируемой зоне, обнаружить некоторые дефекты в этой зоне. При контроле резонансным методом для возбуждения преобразователя используют настраиваемый генератор переменной частоты. Если изделие имеет толщину, соответствующую резонансным частотам в пределах диапазона настройки генератора, то в момент прохождения резонансных частот изделие будет вибрировать в резонанс с искателем, что приведет к увеличению энергии, выделяемой преобразователем. Это увеличение энергии можно измерить. Резонанс при подобных испытаниях наступает в том случае, если толщина изделия равна целому числу полуволн упругой акустической волны. Наибольшее практическое применение резонансный метод нашел при контроле паяных, клеевых и клеємеханических соединений.

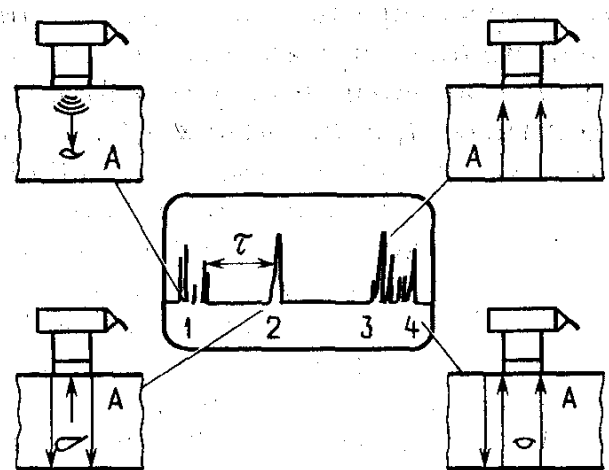


рис. 2.10. Схема акустического контроля объекта *A* по методу отраженного излучения: 1 — начальный импульс; 2 — импульс от дефекта; 3 — донный импульс; 4 — многократно отраженные импульсы; τ — временной интервал

В последнее время получает распространение метод акустической эмиссии. Первые работы в области применения явлений акустической эмиссии для контроля твердых тел относятся к 60-м годам. В настоящее время этот метод привлекает внимание исследователей и практиков и является одним из наиболее динамично развивающихся. Метод успешно применяется для контроля сосудов высокого давления, тонкостенных оболочек и т. д. Соответствующая аппаратура начинает использоваться для контроля и управления некоторыми технологическими процессами.

Интерес к методу акустической эмиссии обусловлен прежде всего тем, что он позволяет определить наличие, величину и месторасположение развивающихся микротрещин, причем дистанционно со значительным быстродействием.

Акустическая эмиссия — это явление распространения в твердом теле волн упругой деформации вследствие освобождения энергии при пластической деформации или разрушении (изломе) локального объема. Акустическая эмиссия в металле представляет собой волны упругой деформации небольшой амплитуды, создаваемые дискретными (разрывными, прерывистыми) движениями, которые сопутствуют неупругой деформации и развитию трещины. Волны упругой деформации, являющиеся результатом деформации или развития источников разрушения, обнаруживаются как небольшие смещения на поверхности контролируемого объекта. Явления акустической эмиссии возникают и при внешнем трении сопряженных поверхностей, а также при технологической обработке поверхностного слоя деталей.

Обнаружение волн акустической эмиссии осуществляется непосредственно присоединением пассивных пьезоэлектрических датчиков к поверхности, преобразования и считывания быстрых электрических импульсов, вызванных смещением чувствительного элемента датчика в виде ряда одиночных импульсов или количества энергии. Принятые импульсы или сигналы имеют сравнительно высокую частоту в пределах 100 кГц до 1 МГц и более.

Вследствие относительно высокого коэффициента усиления (вплоть до 10^6 — 10^7), требуемого для определения акустической эмиссии (10^4 — 10^5 одиночных импульсов за 1 с^{-1}), возникает возможность анализа механизмов разрушения на атомном уровне. Энергия сигналов акустической эмиссии мала.

Можно отметить следующие зависимости параметров акустической эмиссии:

при возникновении участков пластической деформации объемом V_p

$$N=dV_p$$

где N — общее число импульсов акустической эмиссии; d — константа;

при возникновении и скачкообразном развитии в образце трещины

$$N=dk^q$$

где k — коэффициент интенсивности напряжений в устье трещины; d и q — константы.

Уравнения подтверждают, что метод акустической эмиссии можно применять не только для обнаружения, но и для слежения за образовавшейся микротрещиной, а также для оценки момента ее субкритического роста. Причем, если сигналы акустической эмиссии принимаются одновременно двумя или несколькими датчиками в результате измерения разности во времени прихода волн напряжений, можно определить координаты источника акустической эмиссии.

Аппаратура для неразрушающего контроля эмиссионным методом содержит чувствительные высокочастотные преобразователи, фильтры для устранения фоновых посторонних шумов, усилители с высоким коэффициентом усиления и малым уровнем собственных шумов, выходные устройства (регистраторы, счетно-решающие устройства и т. п.).

Магнитные методы неразрушающего контроля. Эти методы основаны на принципе "магнитного рассеяния". Основные виды магнитных методов НК: магнитопорошковый, магниторезисторный (магнитоферрозондовый), магнитографический. В условиях авторемонтного производства наибольшее применение получил магнитопорошковый метод.

Магнитопорошковый метод (метод магнитных частиц) основан на обнаружении магнитных полей рассеяния при помощи ферромагнитных порошков. Он широко используется на авторемонтных предприятиях для обнаружения дефектов в виде нарушения сплошности на ферромагнитных деталях как выходящих на поверхность (видимых), так и лежащих на небольшой глубине под поверхностью (до 3 мм в зависимости от характера дефекта, режима и способа контроля). Магнитопорошковым методом наиболее просто определяют закалочные, термические, шлифовочные, усталостные и усадочные трещины, неметаллические включения, ковочные дефекты и т. п. в виде нарушения сплошности с шириной раскрытия 0,001—0,03 мм и глубиной 0,01 — 0,04 мм. При контроле используют как обычные, или окрашенные, ферромагнитные порошки, так и магнитолюминесцентные — для контроля деталей, имеющих темную, а также блестящую поверхность.

Магнитопорошковый метод включает в себя три основных этапа: намагничивание материала, нанесение магнитных частиц и размагничивание. Магнитные частицы (индикаторная среда) могут использоваться либо взвешенными в воздухе (сухими), либо взвешенными в жидкости. Взвесь порошка в жидкости называется магнитной суспензией и используется чаще.

Если дефект поверхностный или расположен близко к поверхности, то на его месте при намагничивании возникает пара магнитных полюсов, удерживающих на поверхности нанесенные магнитные частицы (порошок). В результате образуется изображение контура дефекта, определяющее его расположение и протяженность. Состояние поверхности контролируемого изделия существенно влияет на обнаружение дефектов Магнитопорошковым методом (особенно это относится к подповерхностным дефектам). Поверхность должна быть чистой, сухой и свободной от коррозии.

Магнитопорошковый метод допускает контроль деталей после оксидирования, окраски или нанесения металлического покрытия (цинкование, кадмирование, хромирование). Если толщина покрытия более 30 мкм, при контроле могут быть выявлены только грубые дефекты. Поверхностные дефекты, как правило, вызывают образование порошковых рисунков с резкими очертаниями, подповерхностным дефектам обычно соответствуют рисунки с менее резкими очертаниями.

Напряженность поля рассеяния от дефектов определяется различными факторами: величиной намагничивания, магнитной проницаемостью материала и формой изделия, формой, размером, расположением и ориентацией дефектов.

После магнитного контроля необходимо снять остаточное намагничивание (магнитное поле может вызвать ошибки в показаниях компаса и других чувствительных электрических приборов, а также интенсифицировать процессы поверхностного разрушения контактирующих деталей). Для этого изделие подвергают действию переменного магнитного Поля, непрерывно уменьшающегося по величине.

Применяют три способа намагничивания детали.

1. Циркулярное намагничивание (рис. 2.11, а), когда через деталь или

проводник, на который надета испытуемая деталь, пропускают ток. При этом создается магнитное циркулярное поле, плоскость которого перпендикулярна направлению тока, протекающего по детали или проводнику. Метод удобен при контроле деталей малого диаметра и большой длине с продольными дефектами.

2. Продольное намагничивание (рис. 2.11, б), когда деталь помещают между полюсами электромагнита или в поле соленоида. Метод эффективен при контроле деталей из магнитотвердых материалов с коэрцитивной силой около 795 А/м.

3. Комбинированное намагничивание (продольное и циркулярное), что позволяет контролировать детали с любой ориентацией дефектов.

Применяют также намагничивание в приложенном магнитном поле (рис. 2.И, в), когда контроль осуществляется без вынесения детали из поля электромагнита. Этот метод пригоден для контроля магнитомягких материалов. Для намагничивания используется постоянный, переменный, однополупериодный выпрямленный и импульсный токи, причем интенсивность магнитного поля зависит от значения тока. Напряжение источника тока должно быть низким в целях безопасности работы и сведения к минимуму возможности повреждения изделия.

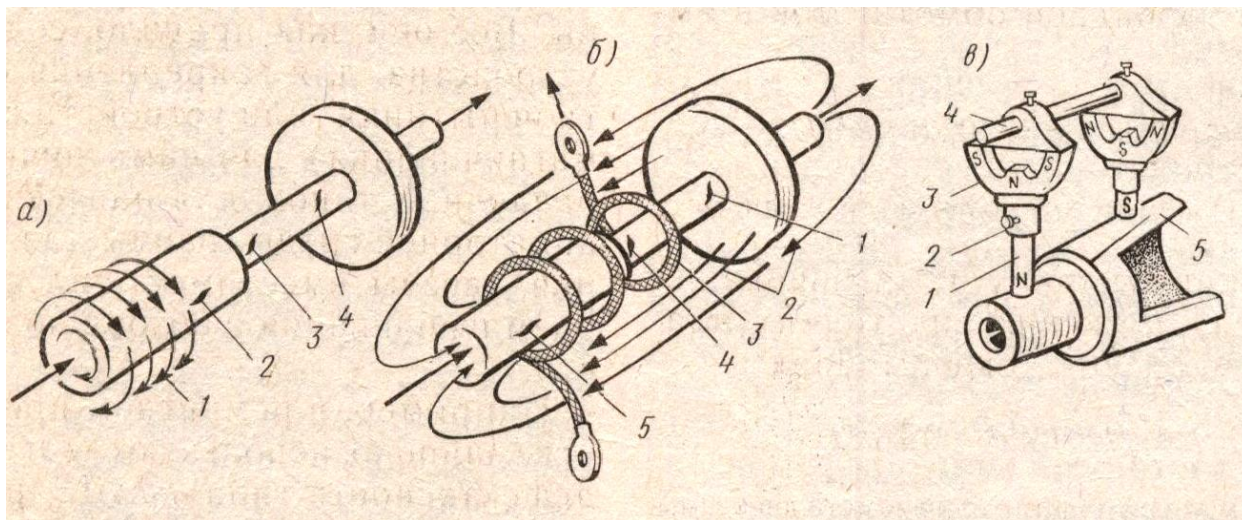


Рис. 2.11. Способы намагничивания деталей:

a — циркулярное: 1 — магнитные силовые линии; 2 — продольная трещина (обнаруживается); 3 — трещина под углом 45° (обнаруживается); 4 — поперечная трещина (не обнаруживается);

б — продольное; 1 — поперечная трещина (обнаруживается); 2 — магнитные силовые линии; 3 — соленоид; 4 — трещина под углом 45° (обнаруживается); 5 — продольная трещина (не обнаруживается);

в — приложенным магнитным полем: 1 — наконечник; 2 — переходный фланец; 3 — магнит; 4 — соединительная штанга; 5 — контролируемая цапфа

Постоянный ток создает магнитное поле, глубоко проникающее в металл. Действие магнитного поля, создаваемого высокочастотным переменным током, ограничено в силу поверхностного эффекта лишь наружными слоями металла. Поэтому переменный ток находит наибольшее применение при выявлении поверхностных дефектов.

Напряженность намагничивающего поля подбирают такой, чтобы она соответствовала магнитным свойствам и размерам исследуемой детали. При циркулярном намагничивании напряженность на поверхности деталей различных конфигураций обычно составляет 75 — 130 Э, при продольном намагничивании 140 — 200 Э, а при контроле в приложенном поле 20 — 40 Э.

Чаще всего используют циркулярное намагничивание. При этом режимы намагничивания можно рассчитывать по следующим формулам:

при циркулярном намагничивании деталей цилиндрической формы ток в амперах

$$I = HD_D / 4 = 0,25 HD_D.$$

где H — напряженность магнитного поля на поверхности детали, Э; D_D — диаметр детали, мм; 0,25 — переводной коэффициент;

при циркулярном намагничивании крупных деталей кольцевой или цилиндрической формы с применением гибкой тороидной обмотки ток в амперах

$$I = HD_K / 4\omega = (0,25 / \omega) HD_K = (0,25$$

где H — число витков обмотки; D_K — диаметр кольца, мм;

при циркулярном намагничивании деталей, имеющих вид тонких пластин или дисков, ток в амперах

$$I = HB / 2\pi = 0.16HB$$

где B — ширина пластин или диаметр диска, мм.

Индикаторная среда, используемая при "сухом" методе контроля, представляет собой размельченный ферромагнитный порошок, обладающий высокой магнитной проницаемостью и малой коэрцитивностью. При приготовлении окрашенных магнитных порошков рекомендуется применять мелкие железные порошки ПЖ10М — ПЖ50М. После нанесения на поверхность лишний порошок удаляют слабой струей воздуха.

При "влажном" методе контроля индикаторной средой служат тонко размельченные частицы черной или красной окиси железа, взвешенные в легких маслах (или в керосино-масляных смесях) или в воде. В воду добавляют бихромат калия (≈ 5 г/л), кальцинированную соду (≈ 10 г/л) и эмульгатор ОП-7 или ОП-10 (≈ 5 г/л). Эту суспензию наносят на поверхность контролируемого изделия набрызгиванием либо погружением.

Иногда вместо обычного магнитного порошка используют магнитно-люминесцентные или флуоресцирующие порошки. Применение флуоресцирующих магнитных порошков облегчает контроль изделий и обеспечивает более высокую чувствительность, особенно при выявлении подповерхностных дефектов. Приготовленный магнитный порошок или суспензия подвергается контролю по специальной методике. Важным показателем качества магнитной суспензии является концентрация магнитного порошка (10 — 30 г/л).

Для проведения контроля деталей методом магнитного порошка могут применяться различные дефектоскопы. Все они, как правило, содержат устройства: для закрепления объекта испытания (или устройств для намагничивания), для намагничивания различных типов, для нанесения индикаторной среды (ванны для окунания, насосы, вместимости и т. д.), для размагничивания и обзора поверхности.

Например, в ремонтном производстве широко используют магнитные дефектоскопы типа УМДЭ различной мощности. Дефектоскопы этой серии позволяют осуществлять полный цикл магнитного контроля. Электронно-ионное управление дефектоскопов УМДЭ обеспечивает включение и выключение тока, главное его регулирование (намагничивающий ток может

достигать 1700 А при максимальной напряженности магнитного поля до 7000 Э), выпрямление тока и ограничение времени его действия, гарантирует стабильность остаточной намагниченности.

Детали можно проверять, намагничивая их отдельно, или комбинированно. Возможен контроль в приложенном магнитном поле и на остаточной намагниченности. Имеются приборы для измерения тока при циркулярном намагничивании и измерения напряженности при продольном намагничивании в соленоиде. После контроля детали размагничивают автоматически в контактном устройстве дефектоскопов.

Основанная на визуальном наблюдении за концентрацией частиц магнитного порошка магнитопорошковая дефектоскопия имеет ряд недостатков. К ним относятся: субъективность, влияние конфигурации детали на результаты контроля и др.

Радиационные методы неразрушающего контроля. Эти методы основаны на регистрации и анализе проникающего ионизирующего излучения после взаимодействия с контролируемым объектом. По характеру взаимодействия физических полей с контролируемым объектом радиационные методы НК классифицируют на методы прошедшего излучения, рассеянного излучения, активационного анализа, характеристического излучения и автоэмиссионный; по способу получения первичной информации — на сцинтилляционный, ионизационный (радиометрический), вторичных электронов, радиографический и радиоскопический методы.

При помощи радиационных методов выявляют: поверхностные и глубинные трещины, ориентированные вдоль направления луча; раковины; рыхлоты; ликвационные зоны; неметаллические и шлаковые включения.

Чувствительность радиационных видов неразрушающего контроля характеризуется чувствительностью в

направлении просвечивания (контрастная чувствительность), и в направлении, перпендикулярном к просвечиванию (разрешающая способность, детальная чувствительность). В среднем радиационными методами выявляют дефекты протяженностью в направлении просвечивания от 2 (стали) до 10 % (легкие сплавы) от толщины изделия при ширине $\geq 0,025$ мм.

При использовании радиометрического метода выявляемость дефекта характеризуют чувствительностью по площади или по объему дефекта (объемная чувствительность). Наивысшая чувствительность радиометрического метода при контроле изделий большой толщины составляет 0,3 — 0,5 %, что соответствует объемной чувствительности 0,3 — 0,7 см³.

Для оценки чувствительности радиационного контроля широко используют эталоны чувствительности, чаще всего стандартные эталоны — пластинки с канавками. В зависимости от ионизирующего излучения, используемого при контроле, наибольшее применение в технике нашли рентгеновский и гамма-метод.

В рентгеновском методе для индикации внутренних дефектов в материалах и изделиях, их местонахождения, формы и размеров используют рентгеновское тормозное, или характеристическое излучение, которым просвечивается объект контроля.

При ионизационном (радиометрическом) методе контроля объект просвечивают узким пучком излучений, который последовательно перемещается по контролируемым участкам (рис. 2.12). Излучение, прошедшее через контролируемый участок, преобразуется детектором, на выходе которого возникает электрический сигнал, пропорциональный интенсивности излучения. Электрический сигнал через усилитель поступает на регистрирующее устройство. Радиометрический метод обладает высокой производительностью и может быть легко автоматизирован. Однако при помощи этого метода трудно судить о характере и форме дефектов, а также невозможно определить глубину их залегания.

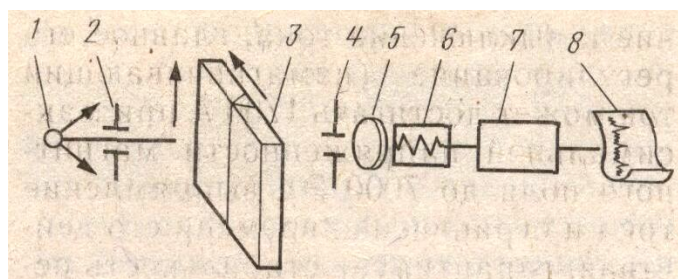
В гаммадефектоскопии в качестве средства испытания используется излучение радиоактивных изотопов.

Источник излучения выбирается в зависимости от материала объекта контроля и его толщины (табл. 2.4).

Основные разновидности метода (гаммаграфия, радиометрический и флуороскопический) аналогичны методам рентгенодефектоскопии. При нейтронном методе в качестве средства испытаний используется нейтронное излучение. Обладая большой проникающей способностью нейтронное излучение позволяет просвечивать большие толщины исследуемых материалов. Методы нейтронной дефектоскопии находятся пока в стадии разработки. В отдельную разновидность выделились методы радиационной толщинометрии. Для этой цели используют рентгеновское, γ и β -излучения.

Выбор оборудования для радиационного контроля определяется: плотностью и толщиной материала контролируемого изделия, скоростью проведения контроля, конфигурацией контролируемой детали или изделия, технологическими особенностями контроля.

Промышленность выпускает обширную номенклатуру средств радиационного контроля, имеющих самые различные характеристики. К наиболее универсальным относятся рентгеновские аппараты РАП 150/300 (стационарный), РИ-10Ф, РУП-100-10(передвижной), РИ-10ФП (полевой рентгеновский флюорограф) и др. В автоматическом рентгеновском флюорографе РИ-10ФП в качестве рентгеновского преобразователя используется монокристаллический экран. Изображение контролируемого участка автоматически регистрируется фотокамерой. Для γ -дефектоскопии используют аппараты типа РИД, ГУП, Гаммарид и др. Для просмотра промышленных рентгеновских негативов, рекомендуется использовать негатоскопы (например, ОД-10Н).



1 — источник излучения; 2 и 4 — коллиматоры;

3 — контролируемый объект; 5 — сцинтилляционный чувствительный элемент; 6 — фотоумножитель; 7 — усилитель; 8 — регистрирующее устройство

Рис. 2.12. Схема радиометрического метода контроля:

Значительные успехи достигнуты в области создания рентгенотелевизионных интроскопов— приборов "внутривидения". В электронно-оптических рентгеновских интроскопах используется преобразование рентгеновского излучения, прошедшего через контролируемый объект, в оптическое изображение, наблюдаемое на выходном экране. В рентгенотелевизионных интроскопах это изображение передается на телевизионный экран.

Дефектоскопическая чувствительность таких приборов составляет обычно от 0,7 до 4 % (в зависимости от толщины контролируемого материала и его марки), разрешение около 0,5 пар линий/мм, диаметр поля контроля от 40 до 200 мм.

Безопасность труда при радиационной дефектоскопии должна отвечать сложному комплексу требований. Она включает в себя защиту оттока высокого напряжения, газов, огня, ионизирующих излучений, в том числе от рассеянного излучения.

Таблица 2.4. Источники излучения в зависимости от материала детали

Материал детали	Толщина детали, мм	Источник излучения
Сталь	1 — 15 15—40 40—80	Тулий-170 Иридий- 192 Цезий- 137
Алюминий и его сплавы	5—50	Тулий- 170
Магний " " "	50—150	Иридий- 192
Титан " " "	10—200	Тулий-170
	2—30	Тулий-170
	30—100	Иридий- 192

Защита от ионизирующих излучений обеспечивается экранированием при помощи защитных материалов(свинца, свинцового стекла, свинцовой резины, вольфрама, железа, барита), соблюдением безопасного расстояния, предельно коротким временем пребывания в зоне излучений. Безопасности труда при радиационном контроле уделяется особое внимание. Меры защиты и предупреждения поражения ионизирующими излучениями детально разработаны и должны неукоснительно соблюдаться.

Капиллярные методы неразрушающего контроля (методы проникающих жидкостей). Эти методы основаны на капиллярном проникновении индикаторных жидкостей в полости поверхностных дефектов и регистрации индикаторного рисунка.

По способу получения первичной информации капиллярные методы делят на следующие:

цветной (хроматический) метод, основанный на регистрации цветного контраста индикаторной жидкости или газа и фона поверхности контролируемого объекта;

люминесцентный метод, основанный на регистрации параметров флуоресцирующей индикаторной жидкости, проникающей в полости дефектов при облучении ультрафиолетовыми лучами;

люминесцентно-цветной метод, основанный на регистрации параметров флуоресцирующей индикаторной жидкости, проникающей в полости дефектов в видимом свете или при облучении ультрафиолетовыми лучами;

метод фильтрующихся частиц, основанный на регистрации яркостного и цветового контрастов, скопления индикаторных частиц в зоне дефекта на поверхности контролируемого объекта;

яркостный (ахроматический) метод, основанный на регистрации яркостного контраста индикаторной

жидкости или газа и фона поверхности контролируемого объекта.

При ремонте наибольшее распространение получил и первые три метода, которые применяют для определения поверхностных дефектов типа трещин, пор, рыхлот, неспаев, волосовин и т. п. на поверхностях деталей. Выявляются трещины шириной раскрытия 0,001 мм и более и глубиной 0,01 мм и более.

Сущность капиллярных методов заключается в следующем. На предварительно очищенную контролируемую поверхность детали наносят жидкость с большой смачивающей способностью и большим капиллярным давлением, которое заставляет жидкость проникать в мельчайшие поверхности трещины и поры (рис. 2.13). Скорость затекания жидкости в полость дефекта определяется поверхностным натяжением, углом смачивания и вязкостью жидкости. Заполнение полостей дефектов может происходить при пониженном давлении в полостях (вакуумный метод), при воздействии на проникающую жидкость повышенного давления или ультразвуковых колебаний (компрессионный и ультразвуковой методы), при статическом нагружении объекта контроля {в пределах упругости) с целью раскрытия трещины (деформационный метод).

В проникающую жидкость в качестве индикатора добавляют либо краситель (при цветном методе), либо люминесцирующую добавку — люминофор (при люминесцентном методе). После проникновения жидкости в капиллярные дефекты {для чего деталь выдерживают в проникающей среде некоторое время) избыток жидкости, остающийся на поверхности, удаляют. Какая-то часть проникающей жидкости с введенным в нее красителем или люминофором остается в дефекте. Далее на поверхность детали наносят проявляющий слой (проявитель), например порошок с большой абсорбирующей способностью. Нанесенное на поверхность вещество абсорбирует оставшуюся в дефекте жидкость и при этом либо окрашивается в яркий цвет красителя в месте расположения дефекта (при цветном методе), либо смачивается жидкостью с люминесцирующей добавкой, которая при облучении ультрафиолетовыми лучами начинает флуоресцировать.

Чувствительность капиллярных методов дефектоскопии зависит от следующих факторов: выбора красителей или люминофора, смачивающей способности основного компонента, свойств абсорбирующего вещества и качества подготовки поверхности детали. Методики цветного, люминесцентного и люминесцентно-цветного контроля отличаются некоторыми особенностями.

При цветном контроле деталь или часть ее поверхности перед началом обработки проникающей жидкостью очищают от лакокрасочных покрытий, масла, стружки и других загрязнений. Применять механические методы очистки не следует, так как при этом в результате контактных деформаций поверхностного слоя вскрытие дефектов может существенно уменьшиться. Проникающая жидкость с добавкой красителя (индикаторная краска) наносится на поверхность детали кисточкой или погружением детали в жидкость. После выдержки в течение 5 — 10 мин жидкость удаляют с поверхности водой либо растворителем в зависимости от применяемых дефектоскопических материалов.

После очистки поверхности детали на нее напылением или мягкой кисточкой наносят слой белой проявляющей смеси. Через 15 — 20 мин на белом фоне в местах расположения дефектов появляются характерные яркие полосы или пятна. Трещины обнаруживаются в виде тонких линий, степень яркости которых зависит от глубины трещин. Поры проявляются в виде точек различной величины, а межкристаллитная коррозия — в виде тонкой сетки. Очень мелкие дефекты можно наблюдать через лупу или в бинокулярный микроскоп. По окончании контроля проявляющую смесь удаляют с поверхности, протирая деталь ветошью, смоченной в растворителе, затем просушивают.

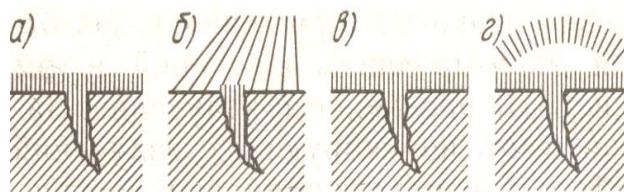


Рис. 2.13. Схема капиллярной дефектоскопии: *а.* — нанесение индикаторной жидкости; *б* — удаление излишков жидкости; *в* — нанесение проявляющей смеси; *г* — наблюдение индикаторного рисунка

Дефектоскопические материалы применяют комплектно. В комплект входят индикаторная (проникающая) жидкость, очищающая жидкость, проявляющая краска (проявитель). Применяют следующие комплекты (первая буква — марка проникающей жидкости, вторая — проявителя):

Д — М и Д — В — для контроля деталей при температуре от +5 °С и выше;

Е — Г — для контроля деталей при температуре от +5 до — 40 °С;

К — М — для контроля деталей при температуре от +50 до — 50 °С.

Дефектоскопические материалы могут находиться в обычной посуде, а также в аэрозольных флаконах, что делает их использование особенно удобным.

При люминесцентном контроле после очистки на поверхность детали наносят флуоресцирующую проникающую жидкость, для чего деталь погружают в резервуар. После нанесения жидкости детали выдерживают на воздухе 5 — 10 мин, чтобы раствор мог проникнуть в микроскопические дефекты на ее поверхности. Удаляют раствор, обдувая деталь сжатым воздухом, промывая струей воды или обтирая ветошью, смоченной в растворителе. После промывки деталь просушивают при температуре 50 °С. Для ускорения выхода из плоскости дефекта на поверхность флуоресцирующей жидкости поверхность опыляют дисперсным порошком, обладающим абсорбирующими свойствами (сухой проявитель), либо погружают в ванну с "мокрым" проявителем.

При использовании сухого проявителя обычно применяют окись магния, силикагель или тальк. Опыленную деталь выдерживают в течение 8 — 10 мин. Продолжительность выдержки зависит от качества адсорбирующего порошка и характера (глубины) трещины. После этой операции излишки порошка удаляют. Адсорбирующий порошок, пропитанный флуоресцирующей жидкостью, остается лишь в местах расположения дефектов/Облучая деталь ультрафиолетовыми лучами, уточняют расположение дефекта на темной поверхности детали в виде яркого свечения различных цветов и оттенков (например, темно-зеленого, зелено-голубого в зависимости от применяемых люминофоров).

Дефектоскопические материалы для люминесцентной дефектоскопии также применяют комплектно. Они включают проникающую индикаторную (люминесцентную) жидкость, очищающую жидкость и проявитель. Так, комплект "**Люм-1** водосмываемый" предназначен для выявления главным образом тонких несплошностей при высокой производительности труда, обеспечиваемой водосмываемостью материала. Комплект "**Люм-2** с последующей эмульсификацией" предназначен для выявления микроскопических и более крупных раскрытых на поверхности несплошностей при индивидуальном контроле деталей. Этим комплектом могут быть выявлены слабо заметные неровности (царапины, следы обработки режущими инструментами и т. п.), благодаря высокой липкости люминесцирующего раствора.

Люминесцентно-цветной контроль является комбинированным методом, который совмещает и расширяет возможность выявления поверхностных дефектов в дневном и невидимом ультрафиолетовом свете с наивысшей чувствительностью без применения оптики (используют как исключение). Этот метод позволяет усовершенствовать люминесцентный метод при помощи диффузионно-сорбционного пленочного проявления и применения красной люминесценции, использовать водосмываемую индикаторную жидкость, снизить токсичность составов.

Люминесцентно-цветной метод обладает следующими особенностями:

дефекты выявляются либо по люминесцентному, либо по цветному способу, т. е. при ультрафиолетовом, дневном или смешанном освещении; выявляются весьма малые по раскрытию на поверхности трещины (порядка 1 мкм); применяемая индикаторная жидкость сохраняет

способность флуоресцировать после высыхания проявителя; смывающее вещество (очиститель) плохо смачивает металл, но является растворителем индикатора, что обеспечивает удаление последнего лишь с поверхности изделия; проявитель представляет собой нитроцеллюлозное, быстросохнущее вещество, в которое при высыхании переходит флуорокраситель индикаторной жидкости.

Флуорокраситель при этом сохраняет способность люминесцировать, имеет достаточную адгезию. При нанесении пленки повышенной толщины возможно ее отделение от контролируемой поверхности для документации результатов дефектоскопии.

Последовательность технологии контроля описываемым способом следующая:

обезжиривание поверхности растворителями;

нанесение проникающей индикаторной жидкости кистью или любым другим методом;

промывка детали проточной холодной водой с последующим притиранием марлевым тампоном, смоченным очищаемой жидкостью;

проявление дефектов нанесением ровного одинарного тонкого слоя проявителя. Наиболее удобны для этой цели аэрозольные флаконы;

осмотр в видимом дневном свете (ДС) либо фильтрованном ультрафиолетовом (УФС). При осмотре деталей в ДС дефекты представляются пурпурно-красными следами на белом фоне. При осмотре в УФС дефекты имеют вид ярких оранжево-красных следов на темном фиолетовом фоне. Наивысшая чувствительность достигается при осмотре в возможно более концентрированных пучках УФС (так называемая первая ступень чувствительности). В комплект дефектоскопических люминесцентно-цветных материалов входят: проникающая жидкость, очищающая жидкость, проявляющий лак. Комплекты дефектоскопических материалов имеют сложный состав.

Все материалы для капиллярной дефектоскопии необходимо контролировать по специальным методикам. В частности, контролируется качество люминесцирующих жидкостей (интенсивность люминесценции концентрата, оценка цвета, смачивающая способность и критическая толщина слоя раствора, дающего люминесценцию), проверяется качество индикаторных жидкостей и проявляющих порошков. Кроме того, на конечном этапе контроля необходимо проверять выявляемость эталонных дефектов. Необходимость контроля качества материалов для капиллярной дефектоскопии обусловлена определенной субъективностью метода, зависимостью выявляемости дефектов от цветного и светового контраста и даже от остроты зрения или психологического состояния наблюдателя-дефектовщика.

Вихретоковый неразрушающий контроль. Этот контроль основан на анализе взаимодействия поля вихретокового преобразователя с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых в контролируемом объекте. По первичному информативному параметру методы делят на амплитудный, частотный, спектральный, многочастотный.

Методы, основанные на использовании вихревых токов, применяются для обнаружения нарушения сплошности, неоднородности структуры и отклонений химического состава в электропроводящих изделиях, в структуроскопии. Вихретоковые методы находят также применение при измерении толщин покрытий, листовых материалов и труб.

Сущность метода заключается в следующем. Когда к поверхности металлического изделия подносят катушку, по которой протекает переменный электрический ток, в металле наводятся вихревые токи (рис. 2.14). Значение наведенных вихревых токов зависит от величины и частоты переменного тока, электропроводности, магнитной проницаемости и формы изделия, относительного расположения катушки и изделия, а также от наличия в изделии неоднородностей или несплошностей.

Электромагнитное поле вихревых токов по направлению противоположно наводящему.

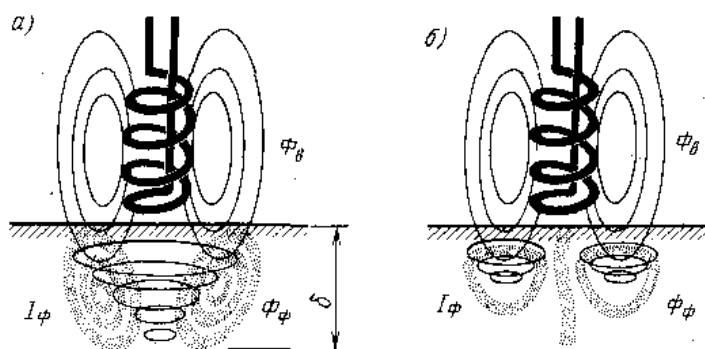


Рис. 2.14. Схема электромагнитного неразрушающего контроля:

а — монолитный металл; б — металл с трещиной; Φ_v — возбуждающее электромагнитное поле; Φ_ϕ — наведенное электромагнитное поле; I_ϕ — вихревые токи; D — глубина проникновения

В результате этого вихревые токи влияют на общее сопротивление (импеданс) катушки возбуждения, находящейся в непосредственной близости к изделию. Определение величины и характера изменений вносимых сопротивлений (активных и индуктивных) и является основой для обнаружения дефектов или различий в структуре материала. Зависимость сигналов преобразователя от параметров объекта и от режима контроля выражается годографами, так как сигналы представляются векторами на комплексной плоскости напряжений. Годографы могут быть получены теоретически или экспериментально.

Таким образом, ток, протекающий в катушке, несет информацию об изделии, его размерах, механических и химических свойствах, а также о наличии или отсутствии дефектов, т. е. происходит своеобразное отражение электромагнитной энергии. Характер отраженного поля индуцирует в металле вихревые токи; возбуждающее поле определяется в основном двумя явлениями, происходящими в испытуемом изделии: возбуждающее поле индуцирует в металле вихревые токи; возбуждающее поле изменяет магнитную структуру испытуемого изделия.

В ферромагнитных металлах происходит только первое явление, причем на результаты измерения преобладающим оказывается влияние второго явления.

В различных вихретоковых приборах используется несколько способов возбуждения вихревых токов в объекте: помещение объекта в катушке или катушки в объект (метод охватывающего или проходного преобразователя), накладывание преобразователя на объект (так называемые накладные преобразователи) при помощи комбинированных преобразователей. Кроме того, преобразователи делят на абсолютные и дифференциальные.

При использовании абсолютного преобразователя оценивается изменение полного сопротивления при

взаимодействии с конкретным участком контролируемого объекта. При использовании дифференциальных преобразователей сравниваются электромагнитные характеристики двух сечений изделия или двух различных изделий, одно из которых считается бездефектным. Обычно преобразователи соединяют последовательно таким образом, чтобы при контроле бездефектного изделия выходное напряжение было равно нулю. Дифференциальная схема не обладает большей чувствительностью, однако позволяет отстроиться от мешающих факторов, что увеличивает достоверность контроля.

Важной характеристикой детектируемых вихревых токов является глубина их проникновения и (рис. 2.15). Это такое расстояние от поверхности, на котором амплитуда падающей электромагнитной волны уменьшается в определенное число раз (e). В соответствии с глубиной δ будет изменяться и контролируемая толщина материала изделия. Глубину проникновения вихревых токов в зависимости от частоты / катушки можно определить по номограмме.

Особое внимание при контроле вихретоковым методом следует обратить на зазор между преобразователем и образцом, наличие которого сказывается на результатах. Этот же фактор значительно ограничивает возможности метода для дефектации НК. деталей сложной конфигурации. Для уменьшения влияния зазора на показания прибора предусматриваются такие меры, как стабилизация зазора калиброванными прокладками, использование автоматических корректирующих устройств и др. Однако часто и эти приемы не обеспечивают необходимой стабильности и достоверности результатов контроля. Это объективно обусловлено интегральностью выходного сигнала вихретокового преобразователя, несущего информацию и о электромагнитных, и о геометрических, механических и других свойствах изделия, особенно при контроле ферромагнитных сплавов. Поэтому в настоящее время разрабатывают специальные методы многопараметрового вихретокового контроля, позволяющие отдельно оценить как интересующие, так и мешающие факторы. К ним относятся метод измерения на нескольких частотах, метод гармонического анализа сигнала датчика и др.

Для проведения вихретокового контроля выпускается обширная номенклатура приборов, например, дефектоскопы ППД-1МУ, ВД-20Н-СТ, ВД-20Н-Д и др. Для измерения толщин

различных покрытий используются вихретоковые толщинометры ВТ-40НЦ, ВТ-50Н в диапазоне от 0 до 10000 мкм. Помимо дефектоскопов широкого назначения, используют также специальные дефектоскопы, например ТВД ЭИТ-С1МА и некоторые другие.

Для сортировки металлов по маркам, оценки качества термообработки используют вихретоковые измерители электропроводимости (ВЭ-20И) и твердомеры (ВФ-10К).

В настоящее время промышленность выпускает портативные вихретоковые дефектоскопы или дефектоскопические индикаторы. Масса приборов — 150—180 г, потребляемая мощность— 120—180 мВт, источник питания — батарея "Крона" или аккумуляторы типа 7Д-01. Индикаторы предназначены для оперативного выявления несплошностей (трещины протяженностью от 5 мм с шириной раскрытия от 0,02 мм и глубиной от 0,5 мм) и других дефектов в поверхностных слоях магнитных и немагнитных металлов и сплавов. Работают приборы следующим образом (рис. 2.16). При установке датчика / на контролируемый объект в контур генератора 2 вносится дополнительное комплексное сопротивление. Режим работы высокочастотного (ВЧ) генератора 2 можно выбрать вблизи точки срыва генерации. Такой режим получают подбором значения обратной связи в цепи генератора.

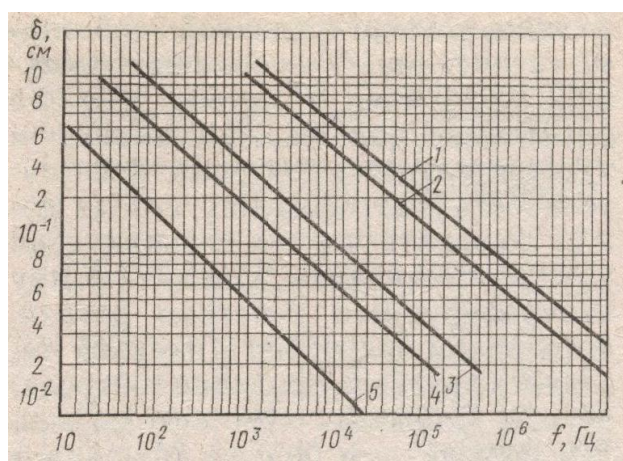


Рис. 2.15. Номограмма для определения глубины δ проникновения вихревых токов (по данным А. Л. Дорофеева):

/ — титановый сплав ВТЗ; 2 — нержавеющая сталь 1Х18Н9Т; 3 — АК6; 4 — медь; 5 — высоколегированная сталь

При прохождении датчика над трещиной в результате влияния вносимого сопротивления изменяется комплексное сопротивление, при этом уменьшается добротность контура и происходит срыв генерации. В этом случае от низкого уровня сигнала, поступившего через АМ-детектор 3, срабатывает мультивибратор 4, работающий в ждущем режиме. Генерируемые мультивибратором импульсы поступают на вход индикаторного устройства, где они прослушиваются в головных телефонах 6. Одновременно загорается световой индикатор 5, который также сигнализирует о наличии дефекта.

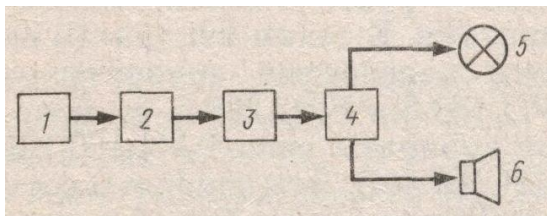


Рис.2.16. Структурная схема вихретокового дефектоскопического индикатора

2.5. ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА ДЛЯ ДЕФЕКТАЦИИ

2.5.1. Рентгеновский и гамма-методы

Гамма-аппараты. Для получения рентгенограммы, обеспечивающей наибольшую чувствительность к дефектам, конверт с пленкой необходимо устанавливать на возможно меньшем расстоянии от детали. Чем это расстояние больше, тем меньше и чувствительность контроля. Чувствительность рентгеновского метода может понижаться в тех случаях, если при просвечивании изделия между контролируемым участком детали, источником излучения и пленкой находятся другие, мешающие контролю детали. Снижение чувствительности тем больше, чем больше толщина и плотность материала детали, мешающих просвечиванию.

Радиографический контроль изделия в эксплуатации должен проводиться портативными, облегченными рентгеновскими гамма-аппаратами. К таким аппаратам относятся переносные аппараты типа РУП-120-5 и РУП-200-5, а также новые аппараты типа РАП-160-10П и РАП-160-10Н. Эти аппараты состоят из высоковольтного блока, в котором находятся рентгеновская трубка и питающий ее высоковольтный генератор, пульта управления и переносного штатива. Высоковольтный блок соединяется с пультом управления электрическим кабелем длиной 30 м. Сетевой кабель имеет длину 5 м, водопроводные шланги (для охлаждения анода трубки)— 10м. Масса высоковольтного блока РУП-120-5 равна 45 кг, масса РУП-200-5 —82 кг, масса пульта соответственно 30 и 35 кг, штатива-тележки — 40 — 43 кг.

В аппаратуре РУП-120-5 анодное напряжение может изменяться от 35 до 120 кВ, анодный ток — от 0 до 5 мА, что позволяет просвечивать стальные детали толщиной до 20 мм, а детали из алюминиевых сплавов — до 100 мм.

В аппаратуре РУП-200-5 интервал изменения анодного напряжения — 45 — 200 кВ и тока — 0 — 5 мА. Это позволяет просвечивать стальные детали толщиной до 35 мм при фокусном расстоянии около 50 см и при использовании высокочувствительной пленки типа РТ-1.

Пленка РТ-5 обладает меньшей, чем пленка РТ-1, чувствительностью к рентгеновским лучам, поэтому при использовании ее можно просветить менее толстостенные изделия, но при этом обеспечивается более высокая контрастность рентгенограмм, а следовательно, лучше выявляются дефекты.

Новый рентгеновский аппарат РАП-160-Ю является более универсальным, чем предыдущие, так как спектр излучения его содержит значительно больше "мягких" лучей, что позволяет получать высококачественные рентгенограммы с объектов из алюминиевых сплавов и сталей. При

сравнительно высоком анодном напряжении, равном 160 кВ, масса аппарата составляет 55 кг; анодный ток аппарата 10 мА.

Менее транспортабельными являются кабельные аппараты РУП-160-20 и РУП-150/300-10. Аппарат РУП-150-10 снабжен трубкой с выносным анодом, который вводится в отверстие диаметром, равным или более 10 мм; всю трубку можно вводить в полость диаметром не менее 220 мм; аппарат позволяет просвечивать кольцевые швы на одну экспозицию.

Переносные гамма-дефектоскопы РИД-11, РИД-21 и РК-2 (табл. 2.5) можно применять для контроля труднодоступных мест изделий в условиях эксплуатации в тех случаях, когда рентгеновские аппараты нельзя использовать для этих целей из-за их громоздкости. Важными преимуществами рентгеновского контроля по сравнению с гамма-контролем являются его более высокая чувствительность, производительность и возможность плавной регулировки энергии излучения. Регулировка энергии излучения определенного изотопа при гамма-дефектоскопии исключается.

Основы методики контроля. Основные технологические прооперации контроля. Процесс радиографического контроля включает следующие основные операции:

- конструктивно-технологический анализ объекта и подготовка его к просвечиванию;
- выбор источника излучения и фотоматериалов;
- определение режимов и проведение просвечивания объекта;
- химико-фотографическая обработка экспонированной пленки;
- расшифровка снимков с оформлением полученных результатов.

Задача контролера-дефектоскописта состоит в получении радиографического снимка, пригодного для проведения по нему оценки качества объекта.

В процессе подготовки к просвечиванию необходимо детально ознакомиться с участками изделия, которые подлежат контролю: установить размеры и конфигурацию контролируемых участков, определить толщину и плотность материала на этих участках (желательно по чертежам), оценить возможность подхода со средствами контроля к просвечиваемой зоне.

Кассеты с рентгеновскими пленками маркируют в том же порядке, что и соответствующие участки изделия. Кассеты маркируют наклеиванием свинцовых цифр и стрелок, прикрепляемых при помощи липкой (прозрачной) ленты либо при помощи пластилина. Рекомендуется применять свинцовые маркировочные знаки по ГОСТ 15843—79.

Выбор источника излучения и фотоматериалов зависит от области применения рентгено- и гаммаграфии и контролепригодности изделия. Основным техническим требованием к выбору источника излучения и рентгеновской пленки является обеспечение высокой чувствительности метода.

Таблица 2.5. Основные характеристики отечественных гамма-аппаратов для контроля изделий в условиях эксплуатации

Тип аппаратуры	Габаритные размеры, мм	Масса, кг	Размеры активной части источника, мм		Общие размеры источника (включая оболочку ампулы), мм		Ориентировочный диапазон толщин, мм, просвечиваемых объектов из	
			Диаметр	Высота	Диаметр	Высота	стали	алюминиевого сплава
РК-2	1720×1700×1700	Без штатива — 40, со штативом — 80	9 5 2 5	7 5,5 2 5,5	12 8 4,5 8	10 12 5 12	1—20 5—30 7—40 15—60	5—100 20—150 10—120 50—150
РИД-11	740×1100×610	Радиационная головка — 13, общая — 124	0,5 1 1,5	0,5 1 1,5	4 4 4	5 5 5	7—40	10—120
РИД-21М	170×560×675	Радиационная головка на шарнирной подставке — 19, общая — 25	5 3 2 5	5,5 3 2 5	8 8 4,5 7,5	12 12 5 8	15—60 7—40 1—7	50—150 10—120 5—25

Как было указано выше, для контроля качества участков изделий с просвечиваемой толщиной до 50 мм (по стали) целесообразно использовать рентгеновские аппараты 7Л2, РУП-120-5-1, РАП-160-10Н, РАП-160-6П, РУП-200-5-1 и РАП-300-5Н. В том случае, если просвечиваемая толщина (по стали) превышает 50 мм или контролепригодность изделия не позволяет использовать существующую рентгеновскую технику; необходимо применить гамма-дефектоскопы РК-2, РИД-11, РИД-2Ш, РИД-22, РУП—1Г-5-2, РУП—Сз-2-1. Выбор пленки для просвечивания определяется минимальными размерами дефектов, подлежащих выявлению, а также толщиной и плотностью материала контролируемого объекта. При контроле объектов малой толщины и особенно из легких сплавов целесообразно применять высококонтрастные и мелкозернистые пленки типа РТ-5, РНТМ-1 или РТ-4М. При просвечивании больших толщин следует использовать более чувствительную пленку типа РТ-1. При работе на напряжении свыше 200 кВ или с радиоактивными источниками излучения пленку в кассету следует заряжать вместе с усиливающими металлическими экранами (обычно оловянисто-свинцовая фольга толщиной 0,05 — 0,1 мм), позволяющими повысить качество получаемых изображений и сократить продолжительность экспозиции.

2.5.2. Капиллярный метод Аппаратура и приспособления.

Чувствительность капиллярного метода контроля в условиях эксплуатации зависит от выбора комплекта применяемых дефектоскопических материалов и точности выполнения оптимальных условий контроля:

1. Температура контролируемой поверхности, дефектоскопических материалов и окружающего воздуха должна быть в пределах 20 — 25 °С. Повышение температуры до 40 — 45 °С незначительно снижает чувствительность метода. Понижение температуры до 10 °С существенно снижает чувствительность.

2. Контролируемая поверхность не должна иметь каких-либо покрытий, если не ставится вопрос об обнаружении сплошности самого покрытия, но при этом покрытие не должно быть пористым или адсорбирующим индикаторный неметалл.

3. Чистота обработки поверхности должна быть не ниже 5. Ухудшение частоты обработки контролируемой поверхности снижает чувствительность метода, а в ряде случаев приводит к невозможности его применения.

Одним из основных условий применения капиллярного метода является доступность контролируемого участка для проведения технологических операций контроля, необходимого освещения контролируемой поверхности, ее свободного осмотра. В связи с этим при разработке новых конструкций целесообразно предусмотреть возможность доступа к деталям и узлам, где в процессе эксплуатации может возникнуть необходимость контроля капиллярными методами (например, к лопаткам турбины и компрессора, трубопроводам и т. д.).

Для подготовки контролируемой поверхности к контролю, заключающемуся в основном в удалении различного рода покрытий, а также нагара, окалины, ржавчины и т. д., используют обычно механические средства (напильники, наждачные шкурки, шаберы и др.), если при этом не происходит "заволакивание" дефектов. Демонтируемые детали и узлы дополнительно подвергают пескоструйной обработке или очистке в ультразвуковых ваннах.

Для обработки объектов дефектоскопическими материалами используют аэрозольные баллоны с требуемым комплектом материалов или плотно закрывающиеся, не корродирующие от дефектоскопических материалов емкости, краскораспылители, жесткие (волосные) или мягкие (белые) кисти, хлопчатобумажную ветошь. Для защиты кожи рук от действия токсичных дефектоскопических материалов используют хлопчатобумажные и резиновые перчатки, а для предохранения органов дыхания, особенно при работе в замкнутых объемах и невозможности эффективного удаления продуктов испарения и распыления используемых материалов, — респираторы или противогазы.

Для зарядки баллонов необходимыми дефектоскопическими составами целесообразно использовать специальное зарядное устройство КД-40ЛД. В условиях эксплуатации удобно пользоваться переносным дефектоскопом ДМК-4, в комплекте которого имеются наборы кистей, емкости с пенетрантом и проявителем, краскораспылитель и другие необходимые для контроля принадлежности и материалы.

Краскораспылители типа 0-31А, 0-37А и др. в полевых условиях целесообразно подключать к баллонам со сжатым аргонном или азотом, через редуктор с манометром (давление 0,2 — 0,3 МПа). При понижении температуры окружающей среды для обеспечения нормальных условий контроля следует использовать специальные калориферные устройства.

Чтобы облегчить выявление дефектов, используют (при необходимости) различные оптические приспособления: зеркала, лупы 4 — 7-кратного увеличения и др., при недостаточной

освещенности контролируемой поверхности дневным светом применяют дополнительное просвечивание контролируемого участка лампами накаливания. Степень освещенности контролируемой поверхности измеряют люксметром типа Ю-16 непосредственно на контролируемом участке или на искусственно созданной модели, имитирующей этот участок.

Для выявления дефектов при люминесцентном методе контроля используется переносный ультрафиолетовый осветитель.

Таблица 2.6. Комплекты материалов для капиллярной дефектоскопии

Тип комплекта	Дефектоскопические материалы			Минимальные размеры	
	Ненетрант	Очиститель	Проявитель	Ширина, мкм	Длина, мм
Люминесцентный ЛЮМ-А	ЛЖ-6А	ОЖ-1 или керосин	ПР-1 ПР-4	1 — 2 2	1,0 1,0
ЛЮМ-ВЗ	ЛЖ-6А	Тоже		— 3	
Цветной КМ	к	Керосиново-масляная смесь	М	2 — 3	1,0
КВ	к	Тоже	В (для кислоты)	2 — 3	1,0

Основы методики контроля. Выбор цветного или люминесцентного метода обуславливается необходимой степенью чувствительности к дефектам. Материалы, которые могут быть использованы в условиях эксплуатации, приведены в табл. 2.6.

Последовательность контроля следующая: подготовка контролируемой поверхности, нанесение индикаторной жидкости (ненетранта), удаление ненетранта, нанесение проявителя, осмотр, промывка. Очень важным

этапом является операция обезжиривания деталей. Их промывают сначала в бензине, а затем в ацетоне. Краситель (ненетрант К в цветном составе КМ или КВ) четырежды наносят на поверхность с интервалами в 1,5 — 2,0 мин. Удаление ненетранта осуществляется водой, специальной очищающей жидкостью или керосином.


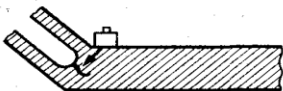
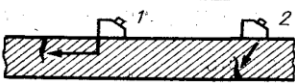
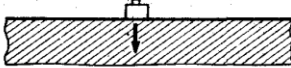
После протирки хлопчатобумажной ветошью наносят проявитель при помощи краскопульта (проявитель ПР-1 и М) или кисти (проявитель В). Необходимо помнить, что все проявители токсичны (кроме ПР-4). К осмотру детали можно приступить после нанесения проявителя М — через 1 ч, проявителя В — через 30 мин, проявителей ПР-1 и ПР-4 — через 45 мин. Удаляют проявители ацетоном или водой (ПР-4).

2.5.3. Ультразвуковой метод

Аппаратура для ультразвукового контроля. Чувствительность контроля оценивается наименьшей площадью надежно выявляемого дефекта в данном материале. Она зависит от

частоты УЗК, применяемой аппаратуры, акустических свойств материала детали, чистоты обработки и кривизны поверхности, структурного состояния материала, формы, ориентировки и глубины залегания дефекта. В реальных условиях могут быть выявлены трещины площадью от 1 — 10 мм² (табл. 2.7).

Таблица 2.7. Характерные случаи в практике ультразвукового контроля

Вид обнаруживаемых дефектов	Аппаратура, приспособления	Схематическое изображение контролируемого объекта	Размеры обнаруживаемых минимальных дефектов, мм		
			Раскрытие	Глубина	Протяженность
Усталостные трещины	Дефектоскоп с прямым искателем		0,05—0,2	2—3	2—5
	Дефектоскоп с наклонным искателем для возбуждения сдвиговых волн		0,05—0,2	2—3	2—5
	Дефектоскоп с наклонным искателем для возбуждения поверхностных волн (1); сдвиговой волны (2)		0,05—0,2	0,2—0,5	2—3
Коррозионное поражение	Толщиномер		Утончение более 2 % от толщины обшивки		

Надежность результатов ультразвуковой (УЗ) дефектоскопии зависит от состояния поверхности, формы детали и структурного состояния материала. Удовлетворительные результаты достигаются при контроле деталей, изготовленных из деформированных полуфабрикатов с чистотой обработки поверхности не ниже 6 и имеющих простую форму. Литые детали как правило, ультразвуковому контролю не подвергаются.

Затруднен ультразвуковой Контроль деталей, сложной формы, изготовленных из деформированных полуфабрикатов, например, болтов, лопаток, тройников, кронштейнов и т. д. Необходимым условием УЗ контроля является наличие хотя бы одностороннего доступа к контролируемой поверхности. Элементы изделия, закрытые обшивкой, не могут быть проконтролированы. Чувствительность УЗ контроля резко снижается при наличии толстых лакокрасочных покрытий, при грубой обработке поверхности и при коррозионных поражениях.

В эксплуатации следует использовать портативные, транспортабельные ультразвуковые приборы. Наиболее приемлемым является дефектоскоп ДУК-66П и толщиномеры типа УТ-30. В табл. 2.8 приведены параметры данных приборов и аналогичных зарубежных образцов.

Ультразвуковые дефектоскопы УД-11ПУ и УД2-12 являются базовыми дефектоскопами нового поколения, реализующими возможность контроля с применением эхо-метода, теневого и резонансного методов со скоростями распространения продольных волн в диапазоне от 2500 до 6500 м/с. В основу работы дефектоскопов положен описанный выше принцип.

В основу измерительной схемы приборов положен метод измерения временного интервала между зондирующим и отраженным импульсами. Принцип работы дефектоскопов заключается в

следующем. Возбудитель преобразователя, запускаемый, как и другие блоки дефектоскопа, от внутреннего или внешнего преобразователя, вырабатывает радиоимпульс в пьезоэлементе, подключаемом к выходному разъему дефектоскопа.

Преобразователь, контактируя с объектом через слой контактной смазки, обеспечивает ввод в объект механических ультразвуковых колебаний, которые, распространяясь в нем, отражаются от границ раздела сред (металл—воздух) или имеющихся дефектов и вновь поступают на приемный преобразователь, подключенный к входному разъему дефектоскопа.

В приемном преобразователе ультразвуковые колебания преобразуются в электрические колебания и воспринимаются приемным устройством дефектоскопа. Усиленные и преобразованные сигналы поступают на экран электронно-лучевой трубки. Предусмотренная в дефектоскопе система автоматической сигнализации дефекта позволяет определить расстояние от поверхности до дефекта. Наличие дефекта сопровождается световой и звуковой сигнализацией. Вмонтированный в дефектоскоп блок цифрового отсчета позволяет выполнять настройку без применения контрольных образцов.

Основы методики контроля. Поверхность деталей смазывают акустической смазкой для обеспечения надежного контакта с датчиком-искателем. Прозвучивание ведется в направлении, перпендикулярном плоскости наиболее вероятного расположения дефекта. О наличии дефекта свидетельствует эхо-сигнал в зоне контроля, равный или больший амплитуды эхо-сигналу от заданного контрольного отражателя в стандартном образце.

Для каждой детали разрабатывают свою методику контроля, где отражают: назначение методики; метод контроля, типа выбранной волны и частоту УЗК; типа дефектоскопа и искателя; стандартные образцы для настройки; порядок проверки и настройки дефектоскопа; порядок проведения контроля.

Цифровые ультразвуковые толщиномеры фирмы "Панаметрикс" используют для исследования большинства видов материала, включая металлы, стекло, керамику, пластмассы, стекловолокно, жидкости, а также резину. Предельные значения толщины, которые могут быть измерены, зависят от вида материала, его размера, состояния поверхности, а также от выбранного прибора и датчика. Точность измерения составляет 0,001 мм для металлов и 0,01 для пластмасс.

2.5.4. Магнитопорошковый метод

Аппаратура, приспособления и вспомогательные материалы. При

благоприятных условиях магнитопорошковым методом можно обнаруживать трещины с раскрытием до 0,001 мм и протяженностью до 0,5 мм. С увеличением глубины залегания дефекта чувствительность метода резко падает.

Контролируемые изделия должны иметь поверхность с чистотой обработки (Ra) 1,6 — 2,5, при этом может быть обеспечена (при правильно установленных режимах намагничивания) максимальная чувствительность контроля. При более грубой обработке поверхности чувствитель-

ность метода снижается. Для получения высокой чувствительности контроля необходимо удалить покрытие с поверхности и зачистить контролируемый участок детали до требуемой чистоты.

Таблица 2.8. Ультразвуковые дефектоскопы и толщиномер, рекомендуемые для применения в условиях эксплуатации

Аппаратура	Основное назначение	Основные технические характеристики	Масса, кг	Габаритные размеры, мм
Дефектоскоп ДУК-66П	Обнаружение усталостных трещин и межкристаллитной коррозии	Диапазон частот 1,25 — 10 МГц, температура окружающей среды —10÷+55 °С	9,5	260×160×425
Дефектоскоп фирмы "Крауткременер"	То же	Диапазон частот 0,5 — 12 МГц, температура окружающей среды —15÷+40°С	5,8	250×145×350
Толщиномер УТ-30ПЦ	Обнаружение коррозионных поражений обшивки по ее утончению	Диапазон толщин 0,2 — 100 мм, погрешность 2 %, температура окружающей среды —10÷+40 °С	6	280×210×135

Ниже указаны диапазоны измерения в зависимости от вида материала:

Металл 0,12+1240 мм

Пластмасса 0,12+125 мм

Стекло 0,12+1250 мм

Стекловолокно 3,75+75 мм

Резина 3,75+75 мм

Жидкость 1,25+1250 мм

Принцип работы приборов основан на эхоимпульсном методе.

Магнитопорошковый метод позволяет контролировать ферромагнитные детали практически любой формы и размеров при возможности намагничивания и осмотра контролируемого участка.

Весьма удобен контроль деталей, имеющих отверстия, благодаря которым можно проводить циркулярное намагничивание, пропуская ток через стержень или толстый провод, введенный в это отверстие. Такой способ намагничивания устраняет опасность прижогов и в ряде случаев позволяет контролировать изделия без снятия неэлектропроводного покрытия.

Магнитный контроль получил широкое, распространение на ремонтных заводах, где используются стационарные установки универсального типа. К ним относятся магнитные дефектоскопы типа УМД-2500, 2МДЭ-10000, а также УМД-9000.

При контроле в условиях эксплуатации рекомендуется использовать передвижные МП-50П или переносные ПМД-70 дефектоскопы (табл. 2.9). Указанные дефектоскопы снабжены приставными электромагнитами для продольного намагничивания отдельных участков деталей.

Наибольшее распространение в магнитной дефектоскопии получил "мокрый" способ, при котором намагниченную деталь обрабатывают суспензией со взвешенными частицами порошка.

Для приготовления суспензий используют черный магнитный порошок (ТУ-6-14-1009-74). В качестве жидкой среды могут быть использованы масла (типа МК-22) или керосин.

В эксплуатации целесообразно применять керосиново-масляную суспензию следующего состава (в расчете на 1 л):

Керосин, мл 800
 Масло трансформаторное, мл 175
 Черный магнитный порошок, г ... 25
 Присадка АКОР-1, г 0,5—1,0

При контроле следят за концентрацией порошка в суспензии и, периодически добавляя порошок, доводят ее до необходимого уровня (25-|-5) г/л.

Основы методики контроля. Контроль каждой конкретной детали или отдельного участка этой детали должен проводиться в соответствии с конкретной методикой, при установлении которой необходимо решить ряд вопросов, наиболее важными из которых являются:

выбор способа контроля (в приложенном поле или остаточной намагниченности); выбор аппаратуры; установление режимов контроля; выбор типов порошка, суспензии; выбор способов установки (и последующей перестановки) на контролируемом участке намагничивающих устройств (электроконтактов, электромагнитов и др.).

Таблица 2.9. Дефектоскопы, применяемые в эксплуатации при магнитопорошковом контроле

Основное назначение	Основные технические характеристики	Масса, кг	Габариты, мм	Источник питания
<i>ПМД-70</i>				
Контроль деталей из ферромагнитных сталей без демонтажа (или демонтированных) в полевых, лабораторных и цеховых условиях	Потребляемая мощность 0,25 кВт; намагничивающий ток не менее 1000 А; диаметр соленоида 88 мм; зазор между полюсами электромагнита 75 мм	45	660×500×260	Сеть переменного тока напряжением 220 В или источник постоянного тока напряжением 24 В
<i>МД-50П (вместо ДМП-2)</i>				
Контроль крупногабаритных деталей и участков узлов способом приложенного поля и способом остаточной намагниченности	Потребляемая мощность 2,5 кВт; намагничивающий ток не менее 5000 А	200	1000×780×620	Сеть переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц

Кроме того, должны быть учтены такие вопросы, как расположение аппаратуры и самого оператора в процессе контроля, обеспечение выполнения правил техники безопасности, обеспечение защиты аппаратуры от порчи, обеспечение требуемого микроклимата для нормальной работы аппаратуры и операторов и т. д.

Исходными данными для решения методических вопросов являются желаемая чувствительность контроля, значения магнитных характеристик материала контролируемой детали (коэрцитивная сила и остаточная индукция), а также конструктивные особенности узла, в котором необходимо проводить контроль детали (степень контролепригодности).

В практике магнитопорошкового контроля условно приняты следующие три уровня чувствительности (А, Б, В), позволяющие приближенно судить о размерах обнаруживаемых поверхностных дефектов, таких как трещины (табл. 2.10).

В подавляющем большинстве случаев контроль ведется на уровне чувствительности, близком к уровню Б. При ужесточенных требованиях уровень чувствительности может приближаться к уровню А и наоборот, по мере снижения требований — к уровню В.

Как указывалось выше, более простым, удобным и быстрым является контроль способом остаточной намагниченности. Однако прежде чем вводить этот способ магнитного контроля, необходимо убедиться, что чувствительность при этом будет оставаться на удовлетворительном уровне.

При контроле способом остаточной намагниченности для продольного намагничивания применяют соленоиды. При этом контроль можно осуществлять только тех деталей, у которых отношение длины к эквивалентному диаметру не менее 25. Эквивалентный диаметр

Таблица 2.10. Размеры обнаруживаемых поверхностных дефектов

Дефект	Уровень чувствительности		
	А	Б	В
Ширина раскрытия, мкм	2,5	10	25
Глубина, мкм	25	100	250

Эквивалентный диаметр

$$D = \sqrt{4S / \pi},$$

где S — площадь поперечного сечения детали.

Намагниченную деталь или участок детали следует обработать предварительно перемешанной суспензией. Осмотр детали можно проводить только после окончательного стекания суспензии (в сомнительных случаях следует применять лупу 2 — 4-кратного увеличения). Особенно тщательному контролю следует подвергать зоны переходных сечений (резьбу, зубья шестерен, шлицы), в которых могут концентрироваться напряжения в процессе эксплуатации.

После проведения магнитного контроля проконтролированный узел должен быть размагничен.

2.5.5. Импедансный метод

Аппаратура для контроля. Метод основан на различии механических импедансов бездефектного и дефектного участков изделия, определяемых в точке ввода колебаний. Механическим импедансом Z называется отношение возмущающей силы F к вызываемой ею колебательной скорости v частиц среды в точке приложения силы: $Z = F / v$. При возбуждении изгибных колебаний в Конструкции последняя колеблется как единое целое, и механический импеданс будет иметь максимальное значение. При нарушении сплошности конструкции механический импеданс будет существенно меньше. Этот эффект и используется в дефектоскопии.

Импедансный метод подразделяют на амплитудный и фазовый. При амплитудном методе регистрируется уменьшение уровня сигнала на измерительном пьезоэлементе датчика. При фазовом методе дефект фиксируется по изменению фазы силы реакции изделия на датчик. Метод применяется для контроля клеевых соединений обшивки и готовых конструкций. Чувствительность импедансного метода зависит от конкретных условий его применения (увеличение шероховатости и кривизны поверхности изделия приводят к снижению чувствительности метода).

В практике большее распространение получил контроль амплитудным импедансным методом. Однако при контроле готовых панелей с мелкими и средними ячейками заполнителя (сторона ячейки 2,5 — 4 мм) и средним и толщинами обшивок (0,4 — 0,6 мм для алюминиевых сплавов) целесообразно использовать фазовый метод.

Для успешного применения импедансного метода необходимо, чтобы отношение импеданса всей конструкции к импедансу отделенного дефектом слоя было достаточно большим. При склеивании двух слоев из одинакового материала контроль соединения оказывается возможным в том случае, если эти слои имеют разную толщину и проверка выполняется со стороны более тонкого слоя. Контроль соединений однородных слоев одинаковой толщины (например, двух металлических листов) импедансным методом обычно невозможен. Для контроля этим методом необходим свободный доступ к контролируемой поверхности.

В табл. 2.11 приведены характерные случаи практики контроля акустическим импедансным методом дефектоскопом ИАД-3. Для контроля могут быть использованы дефектоскопы типа ИАД-3, ИАД-2 или АД-40И. Дефектоскоп ИАД-3 в отличие от дефектоскопа ИАД-2 имеет дополнительный фазовый канал, что позволяет использовать его для контроля не только амплитудным, но и фазовым импедансным методом (табл. 2.12).

Основы методики контроля. Для выбора оптимальных режимов контроля и определения чувствительности метода необходимы контрольные образцы с искусственными или естественными дефектами различных размеров. Эти образцы должны иметь те же основные параметры (толщину и материал обшивки соединенных с ней элементов, размер сотовой ячейки и

т. д.), что и контролируемое изделие. Длина и ширина образцов могут быть меньше, чем соответствующие размеры изделий. При контроле датчик перемещают по поверхности изделия, наблюдая за находящейся в датчике сигнальной лампочкой. В процессе контроля необходимо следить, чтобы ось датчика не отклонялась от перпендикулярного положения более чем на 10° .

Импедансный метод может быть использован в тех случаях, когда модуль упругости материала того слоя, со стороны которого проводится контроль, достаточно велик (металлы, стеклотекстолит и др.). Контроль со стороны материалов с низким значением модуля упругости (мягкая резина, пенопласт и т. п.) обычно невозможен. С уменьшением модуля упругости внутреннего элемента чувствительность метода падает. Наибольшая чувствительность достигается при гладких поверхностях контролируемого изделия. Шероховатость поверхности снижает чувствительность метода.

Таблица 2.11. Характерные случаи контроля дефектоскопом И АД-3

Вид обнаруживаемых дефектов	Параметры минимального обнаруживаемого дефекта, мм	
	Глубина залегания	Протяженность
Непроклей и непропай между сотовым заполнителем и обшивкой из следующих материалов:		
алюминиевых сплавов	0,3 1,4 2,0	2 15 25
титановых		

Лакокрасочные и другие тонкие покрытия этим методом обычно контролировать нельзя.

²При контроле одной стороны дефекты выявляются на глубине 0,5 от толщины изделия.

При контроле малогабаритных конструкций, особенно металлических, возможен значительный разброс показаний дефектоскопа в зонах с хорошим соединением, обусловленный резонансными явлениями в изделии. Снижение этого разброса может быть достигнуто экспериментальным подбором оптимальной рабочей частоты.

Тестер качества клеевых соединений "ФОККЕР" (ФРГ) представляет собой ультразвуковой резонансно-импедансный прибор с пьезоэлектрическим датчиком. При наложении датчика на испытуемое соединение значения резонансной частоты и механического сопротивления меняются в зависимости от физических свойств изделия. Изменение резонансной частоты фиксируется на

электронно-лучевой трубке (шкала А), а изменение сопротивления замеряется при помощи амперметра (шкала В).

Т а б л и ц а 2.12. Аппаратура для акустического импедансного контроля

Основные технические характеристики	Масса, кг	Габаритные размеры, мм	Источник питания
<i>ИАД-3 (ИАД-2)</i>			
Диапазон частот от 1000 до 8000 Гц; сигнал, необходимый для отклонения стрелки индикатора на всю шкалу, 100 — 200 мкВ; потребляемая мощность 150 В·А	12,6	234×325×370	Сеть переменного тока (220 В, 50 Гц)
<i>АД-40И</i>			
Диапазон частот от 1,5 до 10 кГц; температура окружающей среды от —10 до +40 °С; потребляемая мощность 30 В·А	7 (с блоком питания от сети) 12 (с блоком автономного питания)	135×210×325	То же Сеть постоянного тока 24 В или аккумуляторная батарея напряжением 9 В

Тестер укомплектован пробниками и адаптерами. Пробники маркируют в зависимости от толщины и диаметра используемого датчика, т.е. каждому пробнику соответствует лишь определенный датчик. В то же время любой пробник стыкуется с любым адаптером, независимо от его типа. В настоящее время изготавливают два типа адаптеров: для постоянного напряжения и для постоянного тока. Первый тип предназначен для измерения пиковых смещений (амплитуд) или комбинации пиковых амплитуд и демпфирования. Демпфирование определяется сопротивлением адаптера. Низкое сопротивление увеличивает степень демпфирования и снижает показание шкалы В. Второй тип адаптера (постоянный ток) разработан специально для испытаний, требующих сильного демпфирования пиковых величин (например, для исследования сотовых конструкций).

Выбор пробника зависит от различных факторов. Одним из ограничивающих факторов является толщина верхнего листа. Если толщина слишком велика для данного датчика, то резонансный пик "затухает" полностью. В этом случае приходится брать большой пробник. После калибровки прибора местоположение пика или отклонение стрелки определяется главным образом толщиной нижнего листа или плотностью сердцевины. Если отклонение недостаточно, можно выбрать меньший пробник или изменить "О" прибора. Для обеспечения лучшего контакта датчика с проверяемой поверхностью используется обычное минеральное масло. При испытаниях пористых поверхностей или поверхностей, подлежащих окраске или склеиванию, применяют специальную жидкость.

Основные технические данные прибора

Питание от сети переменного тока:

напряжение, В 115/220

частота, Гц-.., 50/60

Потребляемая мощность, Вт 20

Рабочая частота (10 диапазонов), кГц 30-ЫООО

Скорость развертки (7 положений), МГц 0,1-ЮО

Рабочая температура, °C ... 0-5-50

Габаритные размеры, мм ... 225x370X340

Масса, кг 13,2

Область применения: соединения металл—металл, композиционные материалы и др.

2.5.6. Велосимметрический метод

Аппаратура. Ультразвуковой велосимметрический метод дефектоскопии основан на влиянии дефектов на скорость распространения упругих волн в контролируемой конструкции, а также на изменении пути волны между излучателем и приемником, вызванном наличием дефекта. Контроль этим методом может осуществляться односторонним и двусторонним способами. При одностороннем контроле искательная головка с расположенными в одном корпусе излучающим и приемным вибраторами устанавливается на поверхности изделия (рис. 2.17). От излучающего вибратора во все стороны распространяется упругая изгибная волна. Регистрируется разность скоростей на бездефектном и дефектном участках, а также изменение амплитуды принятого сигнала. При двустороннем контроле излучающий и приемный вибраторы располагаются соосно по обе стороны контролируемого объекта. Основным признаком дефекта является отставание фазы колебания в точке приема от фазы на бездефектном участке изделия. Как упоминалось, фиксируется также изменение амплитуды принятого сигнала. Велосимметрический метод предназначен для контроля неметаллических материалов в крупногабаритных многослойных конструкциях. Основная задача — выявление расслоений в изделиях из слоистых пластиков и нарушений клеевого соединения (табл. 2.13).

Необходимо учитывать, что ввиду наличия "краевого эффекта" затруднено выявление дефектов в неметаллических изделиях на расстоянии менее 50 мм от края, что не позволяет использовать велосимметрический метод на малоразмерных деталях. Предельная глубина выявляемых в слоистых пластиках дефектов — около 25 мм. Чувствительность метода зависит от параметров изделия и глубины залегания дефекта и уменьшается с увеличением последней. Минимальная площадь выявляемого дефекта составляет 1,5 см².

Одностороннему варианту метода свойственна "мертвая" зона. Она прилегает к поверхности, противоположной поверхности ввода упругих колебаний, и составляет 20 — 40 % от толщины изделия. У двустороннего способа "мертвая" зона отсутствует, зато не всегда удается разместить головки по обе стороны объекта, а также обеспечить их соосность.

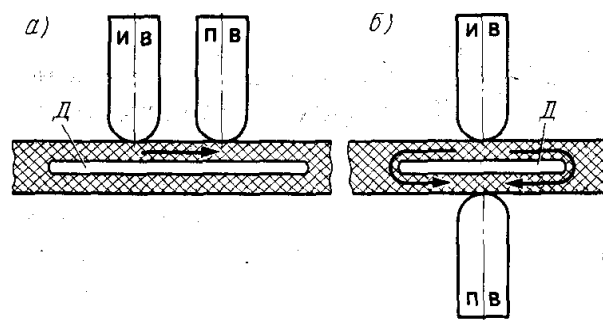


Рис. 2.17. Принципиальная схема одностороннего а и двустороннего б велосимметрического контроля:

ИВ — излучающий вибратор; *ПВ* — приемный вибратор; *Д* — дефект

Контроль изделий проводится ультразвуковым велосимметрическим фазовым дефектоскопом УВФД-1 или АД-10У (табл. 2.14). Дефектоскоп УВФД-1 предназначен для одностороннего контроля, однако его вибраторы можно демонтировать из корпуса и расположить в приспособлении (типа скобы) для двустороннего контроля.

Основы методики контроля. Контроль состоит в перемещении искательной головки по поверхности контролируемого изделия и в наблюдении за сигнальной лампочкой, зажигающейся при попадании головки в дефектную зону. Для настройки дефектоскопов используют специальные контрольные образцы.

При одностороннем контроле искательную головку следует перемещать по поверхности изделия со скоростью не более 10 м/мин. Шаг перемещения головки (расстояние между соседними ее следами) должен быть равным 10 — 15 мм. При контроле по изменению фазы дефекты отмечаются по загоранию расположенной в корпусе искательной головки- сигнальной лампочки и отклонению стрелки фазометра вправо. При этом часто (но не всегда) наблюдается отклонение стрелки индикатора А вправо, что служит дополнительным признаком дефекта. При контроле по изменению амплитуды критерием дефекта служит также отклонение вправо стрелки индикатора А, но не сопровождающееся включением сигнальной лампочки.

Т а б л и ц а 2.13. Характерные случаи в практике контроля ультразвуковым велосимметрическим методом дефектоскопом УВФД-1

Вид обнаруживаемых дефектов	Параметры минимального обнаруживаемого дефекта, мм		Примечание
	Глубина залегания	Протяженность	
Расслоение в деталях слоистых пластиков	0,5 25	15 40	Дефекты выявляются на глубине не более 2/3 от общей толщины детали при одностороннем контроле Глубина залегания и протяженность минимального обнаруживаемого дефекта зависят от материала покрытия
Непроклей и расслоение между неметаллическим покрытием и силовым каркасом, расслоение в покрытии	40 0,5 — 25	20 15 — 40	

Таблица 2.14. Аппаратура для контроля ультразвуковым велосимметрическим методом в условиях эксплуатации

Основное назначение	Основные технические характеристики	Масса, кг	Габаритные размеры, мм	Источник питания
<i>УВФД-1</i>				
Выявление расслоений и зон нарушений клеевых соединений в одно- и многослойных конструкциях	Диапазон частот 20 — 70 кГц; номинальные частоты искательных головок 25, 40 и 60 кГц; потребляемая мощность 100 В · А	11	234×318×370	Сеть переменного тока (220 В, 50Гц)
<i>АД-10У</i>				
Выявление расслоений в изделиях из слоистых пластиков; стекло- и асбобластиков, текстолитов, композиционных материалов и др.	Диапазон частот 20 — 70 кГц; номинальные частоты искательных головок 25, 40, 60 кГц; рабочая температура от —10 до +40°С; потребляемая мощность 40 В · А	5 (без искательных головок)	317×200×200	Сеть переменного тока (220 или 36 В, 50Гц)

При двустороннем контроле скорость перемещения искательной головки также не должна превышать 10 м/мин. Дефекты отмечаются включением сигнальной лампочки и отклонением стрелки фазометра. На дефектах показания индикатора А обычно уменьшаются.

Контуры дефектов отмечаются по показаниям дефектоскопа, границы дефектов очерчиваются мягким карандашом или мелом. Бракуется изделие на основании установленных техническими условиями норм допустимых дефектов.

2.5.7. Метод вихревых токов

Принцип работы приборов.

При воздействии на металлическую деталь или образец переменным магнитным полем в материале возникают вихревые токи. Величина этих токов максимальна на поверхности и убывает по мере удаления от поверхности в глубь образца. Для возбуждения вихревых токов обычно используют питаемые переменным током проходные (охватывающие витками образец и/или деталь), накладные (подносимые к образцу торцом) или экранные (располагающиеся по разные стороны стенки) катушки-датчики.

Созданное вихревыми токами вторичное электромагнитное поле оказывает обратное влияние на возбуждающую катушку, что проявляется в изменении ее активного и индуктивного сопротивлений. Величина и характер распределения вихревых токов в теле металла зависят от частоты тока, питающего катушку, от электрической проводимости и магнитной проницаемости материала, а также от формы и размера катушки и контролируемой детали.

Важно, что характер влияния различных перечисленных выше факторов на активное и индуктивное сопротивление катушки не одинаков. Это дает возможность уменьшать влияние тех или иных факторов и создавать приборы, чувствительные к какому-либо одному из факторов, например, к электропроводности или к наличию поверхностных трещин. Схемы таких приборов подробно описаны в специальной литературе.

Применяют различные способы получения и обработки информации, снимаемой с катушки-датчика. Наиболее распространенными являются: амплитудно-фазовый, фазовый, резонансный, амплитудночастотный и многочастотный способы.

Метод успешно используется:

для выявления усталостных трещин в поверхностных слоях металлических деталей; для измерения толщины покрытий, нанесенных на металлическое основание; для определения толщины стенок листовых материалов; для обнаружения зон структурной неоднородности, например, в результате термического воздействия и других факторов.

Потенциально высокая чувствительность метода вихревых токов позволяет использовать его для оценки степени структурных превращений в материале.

Основы методики контроля. Для обнаружения трещин и других несплошностей в поверхностных слоях деталей в условиях эксплуатации рекомендуется использовать электромагнитные статистические дефектоскопы типа ППД-1М, ППД-2М, ВД-1 ГА, ВДЦ-2. В дефектоскопах имеются датчики накладного типа. В этих приборах используется амплитудно-частотный способ, при котором датчик включается в резонансный контур автогенератора. При попадании датчика в зону трещины происходит срыв генерации, что фиксируется стрелочным индикатором, а также световыми или звуковыми сигналами. Статистические дефектоскопы успешно применяют для обнаружения усталостных трещин в узлах двигателей, барабанах колес, тягах и т. д.

При контроле исследуемая поверхность подвергается сканированию (как бы прощупывается) рабочей торцевой частью датчика. Шаг сканирования не должен превышать диаметра сердечника датчика, в противном случае часть мелких трещин может быть не обнаружена. В перечисленных статистических дефектоскопах минимальные диаметры датчиков, а следовательно, и максимальный шаг сканирования составляют 1,5 — 2,0 мм. При соблюдении условий контроля обнаруживаются поверхностные дефекты (трещины) длиной от 2 — 4 мм, глубиной более 0,25 мм при ширине раскрытия 2 — 20 мкм.

Приборы ВД-1ГА, ВДЦ-2 и ППД-2М оснащены комплектами датчиков, позволяющих проводить контроль участков деталей различной конфигурации. Для выявления дефектов в панелях, кузове и других деталях с малой кривизной поверхности целесообразно использовать динамические (модуляционные) дефектоскопы типа ЭДМ-Т. В динамических дефектоскопах (в отличие от статистических) датчик представляет собой две рядом расположенные и вращающиеся по окружности регулируемого радиуса катушки. В приборе ЭДМ-Т частота вращения катушек — 2000— 5000 об/мин, минимальный диаметр вращения — 18 мм. Использование таких приборов дает возможность на порядок увеличить шаг сканирования с контролем статистическими дефектоскопами. Динамические дефектоскопы обладают также и повышенной чувствительностью. Так, при помощи прибора ЭДМ-Т можно обнаруживать трещины длиной, равной или большей 2

мм, а также коррозионные поражения. канавки которых должны служить упорами при перемещении датчика с заданным шагом сканирования.

Контрольные образцы необходимы: для настройки дефектоскопа и оценки их работоспособности; для оценки реальной чувствительности контроля конкретных деталей в конкретных условиях. В качестве контрольных образцов могут быть использованы детали или участки деталей с дефектами, выявленными ранее другими методами.

При отсутствии деталей с естественными дефектами (трещинами) такие трещины следует наносить на бездефектные участки деталей искусственно, при помощи механических вибраторов.

На образцах, при помощи которых проводится оценка чувствительности метода, воспроизводят все те затрудняющие контроль особенности (радиусные переходы, отверстия, ребра жесткости, элементы крепления, лакокрасочные покрытия и пр.), которые возможны у подлежащих контролю деталей,

Измерение толщины и оценка качества покрытий. В приборах для измерения толщины неэлектропроводных, например лакокрасочных, покрытий на металлических деталях использована зависимость значения наводимых токов от расстояния между катушкой датчика и металлической основой. Для измерения толщины лакокрасочных покрытий, оксидных и анодных пленок и других сплавов могут быть использованы приборы ТПН-1 {или ТПН-1МУ) и ТПН-П. Диапазон измерения приборов настольного типа ТПН-1 и ТПН-1МУ 15 — 300 мкм.

Прибор ТПН-П выполнен на транзисторах, компактен и имеет автономное питание. Диапазон измерения прибора — 10 — 200 мкм. Прибор может использоваться для измерения толщины покрытия из низкоэлектропроводных материалов (с электропроводностью от 0,5 м/Ом • мм² и выше), например, для измерения толщины неэлектропроводных покрытий

на лопатках. Приборы типа ТПН-П серийно выпускаются на Чебоксарском приборостроительном заводе.

Толщиномерные приборы ТПН-1, ТПН-1МУ и ТПН-П могут применяться также для оценки степени коррозионного поражения деталей из алюминиевых и других цветных сплавов.

Электромагнитный метод применяется и для измерения более толстых неэлектропроводящих покрытий (до 100 мм) на металлических основах. Имеется ряд опытных образцов подобных приборов, успешно применявшихся в промышленности, например приборы ТПК, ЭФИТ, "Дельта", ВТ-20идр.

Измерение толщины стенок. В тех случаях, когда глубина проникновения вихревых токов в глубь материала существенно превышает его толщину, метод можно использовать для измерения толщины стенок. Практически достигнут диапазон измерения от нескольких микрон до нескольких миллиметров.

В условиях эксплуатации для контроля, например, толщины обшивки с целью обнаружения мест, пораженных коррозией, рекомендуется использовать прибор ТФ-1 (или УФТ-1). Эти приборы позволяют проводить контроль при одностороннем доступе к контролируемой детали.

Кроме обычного накладного датчика, прибор ТФ-1 снабжен также экраным датчиком, состоящим из двух катушек, располагающихся в процессе измерения по разные стороны стенки контролируемого изделия (стенка в данном случае играет роль экрана). Применение экранного датчика позволяет увеличить верхний предел измеряемых толщин до 4—5 мм при контроле изделий из алюминиевых сплавов и до 10 — 12 мм при контроле изделий из титановых сплавов. Однако в связи с необходимостью доступа к двум сторонам стенки экранные датчики более удобны в условиях производства или ремонта и менее пригодны в условиях эксплуатации.

Чтобы обеспечить необходимую надежность контроля, целесообразно применять специальные приспособления, которые обеспечивали бы вертикальное положение датчика в процессе контроля. При контроле открытых поверхностей следует пользоваться специальными трафаретами. Следует помнить о возможности использования электромагнитных толщиномеров с накладным датчиком для оценки толщины остаточного сечения тонкостенных деталей, например, обшивки, из алюминиевых и других сплавов при коррозионных поражениях.

Токовихревой дефектоскоп ВР5-9000 (Франция). Дефектоскоп предназначен для неразрушающего контроля объектов при помощи низкочастотных вихревых токов и отличается высокой надежностью. Он позволяет выявить поверхностные и внутренние дефекты ферромагнитных материалов (трещины, отклонения размеров, коррозию), а также определить качественные свойства материалов (твердость, сопротивление, термообработку, химический состав, текстуру и т. п.).

Несмотря на высокий технический уровень дефектоскопа он отличается удобством в эксплуатации и простотой интерпретации измерений. Широкий диапазон частот (от 1 до 2000 Гц) и большая выходная мощность сигнала практически обеспечивают решение всех проблем, возникающих при исследовании ферромагнитных материалов. Амплитуда и фаза сигнала анализируются в модуляторе, что позволяет дифференцировать выявленные дефекты в зависимости от их характера и критерия приемлемости.

Дефектоскоп ВР3-9000 выпускается в трех вариантах в зависимости от условий его применения и характеристик окружающей атмосферы. Он имеет синусоидальный генератор со сменными модулями, определяющими необходимую частоту. Значение тока регулируется от 0 до 0,5 А или от 0 до 5 А специальным переключателем с цифровыми отметками. Дефектоскоп работает от сети переменного тока (220/110 В, 50/60 Гц). Сигнал на телевизионном экране (размером 31 см) имеет вид пятна, кривой или эллипса. Размеры дефектоскопа 490 X 590 X 520 мм; масса — 50 кг. Экран условно разбит на 9 регулируемых зон, положение которых регулируется для упрощения анализа изображения.

2.6. СОРТИРОВКА ДЕТАЛЕЙ ПО ГРУППАМ ГОДНОСТИ И ПО МАРШРУТАМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Результаты сортировки деталей на группы годных, негодных и требующих восстановления после статистической обработки дефектовочных ведомостей позволяют определить коэффициенты годности, сменности и восстановления.

Коэффициент годности A , показывает, какая часть деталей данного наименования может быть использована при капитальном ремонте автомобиля или агрегата повторно без ремонтного воздействия:

$$K_r = n_r / N$$

где n_r — число годных деталей; N — общее число деталей данного наименования, прошедших дефектацию.

Коэффициент сменности K_c показывает, какая часть деталей данного наименования при капитальном ремонте требует замены:

$$K_c = n_n / N$$

где n_n — число негодных деталей.

Коэффициент восстановления K_v , показывает, какая часть деталей данного наименования требует восстановления:

$$K_v = n_v / N$$

где n_v — число деталей, требующих восстановления.

Знание маршрутных коэффициентов позволяет определять объем работ по каждому маршруту и планировать загрузку оборудования на участках восстановления. Маршруты восстановления разрабатываются заблаговременно. Впервые методика определения маршрутов восстановления была разработана проф. К- Т. Кошкиным.

Известно, что детали, требующие восстановления, имеют, как правило, не один дефект. Кроме того, дефекты на деталях повторяются в определенных сочетаниях и подчиняются закономерностям, зависящим от конструктивной и технологической характеристик детали и условий эксплуатации. Поэтому сортировать детали необходимо с учетом действительного сочетания дефектов по маршрутам восстановления.

Маршрут восстановления определяют в отделе контроля сортировки при разбраковке деталей. На деталях отмечают дефектные участки и указывают номер маршрута. Маршрут должен предусматривать и технологическую взаимосвязь сочетаний дефектов со способом и восстановлением.

Организация восстановления деталей по технологическому процессу, отражающему наивыгоднейшую последовательность "проведения различных операций по всему комплексу однотипных, дефектов, входящих в маршрут, получила название маршрутной технологии. Состав

маршрутов и их число по каждому наименованию деталей устанавливаются сочетанием однородных дефектов, присущих данной детали.

Каждая деталь, может иметь несколько маршрутов восстановления, которые определяют в результате проведения специальных исследований.

Основные принципы, которыми руководствуются при разработке маршрутов, следующие:

1. Сочетание дефектов в каждом маршруте должно быть действительным, (реально существующим), Действительные сочетания дефектов устанавливают в результате проведения специальных исследований.

2. Число маршрутов восстановления каждой детали должно быть минимальным. Большое число маршрутов усложняет организацию производства, увеличивает объем технологической документации, требует расширения складских помещений, затрудняет планирование и учет работы производственных участков. Поэтому число маршрутов по каждой детали должно быть в пределах 2 — 3, а для сложных деталей — не более 5.

Уменьшить число маршрутов можно в результате объединения сочетаний дефектов, отличающихся между собой незначительными по трудоемкости устранения дефектами, в одно сочетание. Значительного сокращения числа маршрутов можно достигнуть и в результате включения в них дефектов, расположенных на взаимосвязанных поверхностях детали. Число маршрутов можно уменьшить также исключением маршрутов с редко встречающимися сочетаниями дефектов.

3. При формировании маршрутов необходимо учитывать применяемый способ восстановления. Если у чашки дифференциала изношено отверстие под шейку шестерни полуоси и принят способ восстановления гильзованием, при котором одновременно устраняют два дефекта (износ отверстия и износ торцевой поверхности), то в сочетание дефектов, подлежащих устранению, необходимо включить оба дефекта вне зависимости от того, имеется один из них или оба одновременно.

4. Восстановление детали по данному маршруту должно быть экономически целесообразным. Если затраты на восстановление детали, отнесенные к единице ее наработки, будут меньше соответствующих удельных затрат на изготовление детали, то восстановление детали по данному маршруту считается целесообразным.

Маршрутную технологию ремонта деталей разрабатывают в такой последовательности:

устанавливают сочетание дефектов, входящих в каждый маршрут, определяют число маршрутов;

определяют способы устранения отдельных дефектов по каждому маршруту. Поскольку один и тот же дефект детали в зависимости от характера имеющихся в ней других дефектов можно устранять разными способами, то в разных маршрутах могут быть различные способы устранения одного и того же дефекта. Выбор того или иного способа должен быть экономически обоснован;

разрабатывают схему технологического процесса устранения каждого дефекта в отдельности, план технологических операций в наиболее рациональной последовательности их выполнения;

разрабатывают каждую операцию технологического процесса: назначают оборудование, приспособление, инструмент; рассчитывают режимы резания, нормы времени и устанавливают квалификацию рабочего.

Маршрутную технологию, в которой каждый маршрут предназначен для ремонта деталей одного наименования, называют поддетальной. Поддетальная маршрутная технология имеет следующие недостатки:

для ее разработки требуются большие затраты времени, так как для деталей каждого наименования приходится по 3 — 5 маршрутов;

для ее осуществления необходимо изготовить значительное число сложных приспособлений и инструментов, что неизбежно увеличивает сроки подготовки производства и повышает себестоимость ремонта деталей. По этой причине в ряде случаев использование высокопроизводительного оборудования и оснастки становится экономически нецелесообразным.

В связи с этим заслуживает внимания более прогрессивная система — групповая маршрутная технология, сущность которой заключается в следующем. Технологический процесс ремонта разрабатывают на группу технологически сходных деталей нескольких наименований, характеризующихся общностью Способов ремонта, формой ремонтируемых поверхностей, общностью оборудования и оснастки, а также имеющих общую последовательность операций и переходов. Для разработки групповой маршрутной технологии детали всех наименований предварительно разбивают на классы и группы с учетом перечисленных признаков. Рассмотрим следующий пример. Все ремонтируемые детали автомобиля ЗИЛ-130 могут быть разбиты на восемь классов:

I — корпусные детали;

II — ступицы, тормозные барабаны, крышки и корпуса подшипников, шкивы, чашки коробов дифференциалов;

III — коленчатые, ступенчатые, карданные, шлицевые, гладкие валы;

IV — диски, крышки, фланцы, планки, шайбы, специальные гайки;

V — кронштейны, шатуны, вилки, тяги, рычаги;

VI — детали из тонколистовой стали;

VII — арматура, крепежные детали;

VIII — прочие детали, требующие специальной оснастки.

В пределах каждого класса детали разбивают на 5 — 7 групп.

Так, детали I класса могут быть разбиты на группы следующим образом: 1 — блоки цилиндров с картером сцепления в сборе, картер сцепления; 2 — головка цилиндров двигателя, головка цилиндров компрессора; 3 — картер заднего моста; 4 — картер коробки передач, картер

редуктора заднего моста, крышка подшипника дифференциала; 5 — корпус верхней секции масляного насоса, корпус масляных фильтров, корпус подшипников водяного насоса, картер рулевого механизма, картер компрессора, блок цилиндров компрессора в сборе; 6 — крышка картера коробки передач.

При групповой маршрутной технологии значительно возрастают требования к качеству дефектации и сортировки деталей. Контролер-дефектовщик должен определить не только дефекты деталей, но и правильно отнести деталь к определенной группе, после чего назначить номер маршрута. На складе детали, ожидающие ремонта, должны быть разложены по группам и маршрутам.

Применение групповой маршрутной технологии ремонта деталей позволяет:

сократить до минимума технологическую документацию; широко использовать групповые и универсальные приспособления, предназначенные для обработки группы деталей с одинаковыми способами установки и закрепления (при этом значительно сокращается номенклатура необходимой очистки);

увеличить серийность обрабатываемых деталей (число деталей в партии).

Более высокой степенью унификации ремонта деталей по сравнению с групповой маршрутной технологией, является типизация технологических процессов. Типовым называется технологический процесс, характеризуемый единством содержания и последовательности большинства технологических операций и переходов для группы изделия с общими конструктивными признаками.

Типовой технологический процесс ремонта предусматривает устранение всех основных дефектов в деталях данной группы (согласно принятой классификации). Для получения технологического маршрута ремонта деталей, предусматривающего устранение части дефектов в определенном сочетании, из типового технологического процесса исключают отдельные операции, соответствующие отсутствующим дефектам. При необходимости может быть изменена также последовательность выполнения отдельных технологических операций. Типизация технологических процессов ремонта деталей облегчает и ускоряет технологическую подготовку производства, что в конечном итоге повышает его экономическую эффективность.

Технологический процесс ремонта детали оформляют в соответствии с требованием "Единой системы технологической документации (ЕСТД). Правила оформления документации на процессы механической обработки". Основным технологическим документом технологического процесса ремонта детали (как и разборки-сборки) является маршрутная карта. Как было отмечено, она полностью и однозначно определяет технологический процесс ремонта детали. В маршрутную карту должны быть также записаны контрольные операции.

Глава 3 КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

3.1. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Надежность отремонтированных автомобилей в большой мере зависит оттого, какими способами восстанавливают детали и как организовано это восстановление.

Выбор способа восстановления зависит от конструктивно-технологических особенностей и условий работы деталей, их износов, эксплуатационных свойств самих способов, определяющих долговечность отремонтированных деталей, и стоимости их восстановления.

При выборе способа восстановления крупногабаритных деталей, замена которых в процессе эксплуатации связана с длительными простоями автомобилей и требует использования подъемно-транспортного или другого оборудования, может найти применение балльная система оценки качества и эффективности процессов. Сущность балльной оценки состоит в том, что для каждого параметра, характеризующего способ восстановления деталей, устанавливают эталонное значение оценочного балла. При повышении или понижении значения оценочного параметра пропорционально изменяется балл.

Общая суммарная оценка в баллах для каждого способа восстановления

$$B_o = \sum_{i=1}^n (k_{\phi_i} / k_{э_i}) m_i,$$

где n — число оценочных параметров при аттестовании; k_{ϕ_i} — фактическое значение оценочного параметра; $k_{э_i}$ — эталонное значение оценочного параметра; m_i — коэффициент значимости оценочного параметра.

При аттестации способов восстановления по проводимой методике необходимы опытно-статистические данные по показателям конкурирующих способов для конкретного ремонтного предприятия, на котором проводится это мероприятие. На стадии проектирования можно пользоваться показателями, приведенными в табл. 3.1.

Методика расчета оценочного балла включает следующие этапы: назначение конкурирующих способов восстановления для аттестуемой детали, выбор эталонного способа, расчет оценочных баллов для каждого из конкурирующих способов, сравнение полученных результатов и принятие решения.

Использование этой методики оценки требует достаточно правильного определения коэффициентов значимости каждого из показателей. Очевидно, значения коэффициентов значимости будут зависеть от предназначения способов, специализации ремонтных предприятий, метода организации производства, производственной программы.

Рассмотренные критерии и балльная оценка выражают техническую часть задачи без учета экономической целесообразности того или иного способа. Поэтому необходима еще оценка

способов восстановления при помощи экономического критерия, определяемого стоимостью восстановления деталей.

Так как стоимость восстановления деталей во многом зависит от программы, необходимо установить число деталей, требующих ремонта.

Число одноименных деталей, подлежащих восстановлению,

$$D_k = P_{в.д} nML/\tau,$$

где $P_{в.д}$ — вероятность предельно изношенных деталей $P_{в.д}=1- P_{г.д}$; $P_{г.д}$ — вероятность годных деталей

$$P_{г.д} = \int_0^{H_g} f(x)dx,$$

H_g — предельное значение износа поверхности, при котором деталь пригодна к эксплуатации; $f(x)$ — функция плотности вероятности; n — число деталей одного наименования; M — число автомобилей одной модели, ремонтируемых в год; L — средний годовой пробег; τ — межремонтный срок службы автомобиля.

Исследования показывают, что распределение размеров изношенных деталей подчиняется нормальному закону или близко к нему. Тогда формула определения вероятности годных деталей будет иметь вид

$$P_{г.д} = \int_0^{H_g} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(H_i-a)^2}{2\sigma^2}} dH,$$

где a и σ — соответственно среднее значение и среднее квадратическое отклонение износа детали.

3.2. СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Большинство деталей автомобилей, примерно 65 %, имеет износ до 0,15 мм и только 5 % деталей при выходе автомобилей в капитальный ремонт имеют износ более 0,5 мм. При ремонте автомобилей повторно после восстановления могут использоваться до 70 % изношенных деталей.

Ремонтное производство располагает достаточным числом способов, чтобы восстанавливать практически все изношенные и поврежденные детали, кроме резиновых, пластмассовых и деревянных. Выбор способа восстановления деталей во многом зависит от формы и износа рабочих поверхностей.

Наблюдается следующее распределение восстанавливаемых деталей в % к общему числу деталей автомобилей по форме изнашивающихся поверхностей;

Износы больших отверстий	7,7
малых	31,0
шеек валов и осей	11,5
шпоночных канавок и шлицев.....	5,5

фасонных поверхностей	10,3
резьб	5,0
и коробление плоскостей	18
Прочие износы	11
Итого:	100

Распределение деталей по износу рабочих поверхностей к общему числу деталей:

Износ, мм 0,01—0,07 0,07—0,14

% к общему числу ... 42,2 23,2

Износ, мм 0,28—0,35 0,35—0,42

% к общему числу ... 5 3,7

Износ, мм 0,14—0,21 0,21—0,28

% к общему числу ... 11,1 7,5

Износ, мм 0,42—0,49 свыше 49

% к общему числу ... 2,2 51

Многочисленность технологических способов, применяемых при восстановлении деталей, объясняется разнообразием дефектов, для устранения которых они применяются.

Характерными дефектами деталей являются: износ, который обуславливает нарушение размеров, формы и взаимного положения рабочих поверхностей; механические повреждения в виде остаточных деформаций, трещин, обломов, рисков, выкрашивания, пробоин; повреждения антикоррозионных покрытий, нанесенных окраской, гальваническими и химическими способами обработки. Большинство деталей с такими дефектами в процессе ремонта должны быть восстановлены. Целью ремонта является восстановление следующих качеств детали:

прочности;

формы и размеров деталей;

качества поверхностного слоя;

шероховатости поверхности;

защитных покрытий.

В результате высоких нагрузок, накопления усталости, деформаций и т. д. в детали или в конструктивном, узле могут возникнуть дефекты в виде трещин. Наличие трещин снижает статическую и усталостную прочность деталей. Усталостная прочность снижается также при наличии глубоких забоин и царапин. Поэтому при восстановлении деталям необходимо вернуть прочностные свойства.

Детали, подверженные трению или нагреву, при эксплуатации теряют размеры, форму и взаимное расположение поверхностей. В этом случае при восстановлении следует вернуть деталям форму и размеры, заданные технической документацией.

Детали, подверженные ударам абразивных частиц, имеют дефекты в виде забоин, царапин, местных углублений и износов. Эти дефекты снижают качество поверхности, что обусловливается изнашиванием деталей в результате трения. Большинство деталей автомобилей и дорожных машин имеют изменения в поверхностных слоях вследствие коррозии, наклепа, внутренних изменений и структурных, преобразований. При этом поражаются тонкие слои металла. Нарушение шероховатости поверхности и изменения в поверхностных слоях снижают прочностные характеристики детали. В таких деталях восстанавливают шероховатость поверхности и качество поверхностного слоя. Это достигается удалением поврежденных слоев металла с соблюдением требований к форме и размерам поверхностей.

Детали, работающие в агрессивной среде, при изготовлении защищают от коррозии специальными металлическими, полимерными и другими покрытиями, которые в процессе работы постепенно разрушаются и начинают корродировать. Таким образом, при ремонте необходимо восстановить эти покрытия.

Восстановление геометрической формы и размеров деталей возможно при выполнении следующих технологических операций: наращивание поверхностных слоев материала вместо изношенного; пластическое деформирование для восстановления размеров изношенных участков детали; замена части детали и установка дополнительных элементов; удаление части материала после обработки ее поверхностных слоев. К операции по восстановлению физико-механических свойств материала деталей следует отнести устранение дефектов и упрочнение материала тем или иным видом обработки для ослабления вредного действия микрповреждений в наиболее ответственных участках деталей.

Технологические способы восстановления деталей можно представить в виде двух групп: способы наращивания и способы обработки. К способам наращивания относятся способы, при которых изношенный материал детали компенсируют нанесением других материалов, в том числе и синтетических. К ним относятся сварка и наплавка, напыление, металлизация, пайка, нанесение электролитических металлопокрытий и полимерных материалов.

К способам обработки отнесены следующие технологические способы: обработки давлением, слесарно-механическая обработка, электрические способы обработки, упрочняющая обработка и т. д.

В табл. 3.2 приведены примеры различных способов, применяемых в технологии восстановления деталей.

Слесарно-механическая обработка применяется как самостоятельный способ ремонта деталей, а также при обработке деталей под ремонтные размеры и при постановке дополнительных ремонтных деталей. Кроме того, она является необходимой в ряде случаев при ремонте деталей другими способами.

Восстановление деталей пластической деформацией основано на использовании свойств металлов изменять под давлением внешних сил геометрическую форму и размеры без разрушения.

Таблица 3.2. Способы восстановления изношенных деталей

Способ	Примеры способа восстановления
Слесарно-механическая обработка	Шабровка, пропиловка, притирка, фрезерование, шлифование, развертывание, штифтование, прогонка резьбы и т. д.
Пластическая деформация	Раздача, осадка, обкатывание, раскачивание, правка, вытяжка, высадка, электромеханическая обработка
Сварка (наплавка)	Электродуговая, электрошлаковая, под слоем флюса, в среде защитных газов, в среде водяного пара, вибродуговая, плазменная, лучевая (электронная, лазерная), электроконтактная, трением
Газометрическое напыление	Электродуговое, газопламенное, высокочастотное, плазменное и детонационное
Пайка	Твердыми, мягкими и алюминиевыми припоями
Электролитический	Хромирование, железнение, никелирование, меднение
Нанесение синтетических покрытий	Газопламенное, под давлением, прессованием, в псевдосжиженном слое
Электрическая обработка	Анодно-механическая, электрохимическая, электроконтактная, электроимпульсная
Упрочняющая обработка	Термическая, термомеханическая, химико-термическая, поверхностно-пластическим деформированием, суперфинишная
Покраска	Пневматическая, безвоздушная, окунанием, струйным обливом, в экстростатическом поле

Восстановление деталей сваркой (наплавкой) заключается в том, что на изношенные поверхности деталей наплавляют металл, после чего их подвергают механической обработке. Кроме того, этот способ применяют при устранении на деталях механических повреждений (трещин, пробоин и т. д.).

Восстановление деталей газотермическим напылением заключается в том, что на подготовленную соответствующим образом поверхность детали при помощи специального аппарата напыляют сжатым воздухом или инертным газом расплавленный металл. После напыления деталь обрабатывают под требуемый размер.

Устранение дефектов пайкой представляет собой процесс, при котором соединение нагретых частей металла происходит в результате введения в зазор между ними расплавленного припоя.

Восстановление деталей электролитическим покрытием основано на осаждении металла на соответствующим образом подготовленную поверхность детали. Для ремонта изношенных деталей применяют хромирование и железнение (осталивание). Хромирование применяют так же, как защитно-декоративное покрытие деталей. Меднение и никелирование применяют как подслои при защитно-декоративном хромировании, а меднение еще применяют для защиты поверхностей деталей от цементации.

Синтетические материалы применяют для склеивания, ремонта изношенных деталей, выравнивания поверхностей кабин, кузовов, деталей оперения и других деталей перед окраской, при технических повреждениях. При помощи клеевых составов соединяют детали или части деталей из металлов и неметаллических материалов в различных сочетаниях между собой. Этим

способом ремонтируют детали, имеющие поломки и обломы. Склеивание используют также для получения неразъемных соединений деталей при сборке.

Места деталей, имеющие трещины, пробоины, вмятины, неровности, предварительно подготавливают, а затем заполняют клеевыми составами в виде паст. В некоторых случаях для увеличения прочности, детали повреждения заделывают стеклотканью, пропитанной клеевыми составами. Этим способом успешно заделывают трещины на стенках рубашки охлаждения головки и блока цилиндров двигателя, топливного бака и других корпусных и емкостных деталей.

Покрытия из пластмасс на поверхности изношенных деталей можно наносить различными способами: наплавлением на предварительно нагретую поверхность детали, заливкой в пресс-формах, окунанием в жидкие полимерные материалы и др. Синтетическими материалами могут быть покрыты отдельные поверхности или вся деталь.

Электрическая обработка основана на явлении разрушения металла при электрическом искровом разряде. Этот вид обработки может применяться в качестве самостоятельного способа восстановления изношенных и поврежденных деталей, а также как операции, связанные с подготовкой или окончательной обработкой деталей, восстановленных другими способами. Обрабатываемая деталь может быть изготовлена из любого металла или сплава; материалом для инструмента могут служить латунь, медь, чугун, алюминий и его сплавы и др.

Упрочняющая обработка является одним из завершающих этапов восстановления деталей и имеет целью достижения заданных физико-механических свойств.

Покраска в процессе ремонта предназначена для защиты поверхности деталей от коррозии и придания детали высоких эстетических качеств.

Глава 4 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ОБРАБОТКОЙ ПОД РЕМОНТНЫЙ РАЗМЕР

4.1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СПОСОБА

Обработкой под ремонтный размер восстанавливают кинематические пары типа вал — втулка, поршень — цилиндр и т. п. Под ремонтный размер обычно обрабатывают наиболее-сложную и дорогостоящую деталь пары, а вторую заменяют новой или восстановленной также до ремонтного размера. Данный способ позволяет восстановить геометрическую форму, требуемую шероховатость и параметры точности изношенных поверхностей деталей.

Различают ремонтные размеры регламентированные и нерегламентированные. Регламентированные ремонтные размеры и допуски на них устанавливает предприятие-изготовитель. Детали с регламентированными размерами выпускает промышленность. К ним относятся поршни, поршневые кольца, поршневые пальцы, тонкостенные вкладыши подшипников шеек коленчатого вала. Применительно к этим размерам ремонтные предприятия ремонтируют под соответствующие регламентированные (заранее установленные) ремонтные размеры, сопряженные детали: цилиндры блока двигателя, отверстия в верхней головке шатуна, шейки коленчатых валов. В сопряженных деталях с такими размерами сохраняется класс точности и посадка, предусмотренные в рабочих чертежах.

Примером регламентированных ремонтных размеров являются размеры шеек коленчатых валов автомобильных двигателей, приведенные в табл. 4.1.

Нерегламентированными называют ремонтные размеры детали, установленные с учетом припуска на пригонку детали "по месту". В этом случае ремонтируемую деталь обрабатывают лишь до получения правильной геометрической формы и требуемой шероховатости поверхности.

Примером может служить обработка рабочей фаски седла в головке цилиндров лишь до выведения следов износа, к которой затем "по месту" притирается клапан двигателя. Обработка деталей под ремонтные размеры имеет следующие преимущества: увеличивается срок службы сложных и дорогих деталей; повышается качество ремонта.

Наряду с преимуществами этот способ имеет и недостатки. К ним относятся: ограничение взаимозаменяемости отремонтированных деталей, которое усложняет ремонт машин и, особенно, снабжение запасными частями из-за увеличения номенклатуры деталей; снижение износостойкости некоторых деталей после снятия поверхностного слоя металла.

Т а б л и ц а 4.1. Номинальные и ремонтные размеры коренных и шатунных шеек коленчатых валов автомобильных двигателей

Размеры	Уменьшение диаметра, мм	Диаметр шеек, мм	
		коренных	шатунных

ЗМЗ-53 и ЗМЗ-66

Номинальный	—	70,00 ^{-0,013}	60,00 ^{-0,013}
Ремонтные:			
1-й	0,25	69,75 ^{-0,02}	59,75 ^{-0,013}
2-й	0,50	69,50 ^{-0,02}	59,50 ^{-0,013}
3-й	0,75	69,25 ^{-0,02}	59,25 ^{-0,013}
4-й	1,00	69,00 ^{-0,02}	59,00 ^{-0,013}
5-й	1,25	68,75 ^{-0,02}	58,75 ^{-0,013}
6-й	1,50	68,50 ^{-0,02}	58,50 ^{-0,013}

ЗИЛ-130, ЗИЛ-131

Номинальный	—	74,98 — 75,0	65,5 ^{-0,013}
Ремонтные:			
1-й	0,05	74,93—74,95	65,45 ^{-0,013}
2-й	0,30	74,68—74,70	65,2 ^{-0,013}
3-й	0,60	74,38—74,40	64,9 ^{-0,013}
4-й	1,00	73,98—74,00	64,5 ^{-0,013}
5-й	1,25	73,73—73,75	64,25 ^{-0,013}
6-й	1,50	73,48—73,50	64,00 ^{-0,013}
7-й	2,00	72,98—73,00	63,5 ^{-0,013}

ЯМЗ (все модели)

Номинальный	—	105,00 ^{-0,015}	85,00 ^{-0,015}
Ремонтные:			
1-й	0,25	104,75 ^{-0,015}	84,75 ^{-0,015}
2-й	0,50	104,50 ^{-0,015}	84,50 ^{-0,015}
3-й	0,75	104,25 ^{-0,015}	84,25 ^{-0,015}
4-й	1,00	104,00 ^{-0,015}	84,00 ^{-0,015}

4.2. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗНАЧЕНИЯ И ЧИСЛА РЕМОНТНЫХ РАЗМЕРОВ

Значение и число регламентированных ремонтных размеров зависят от износа деталей за межремонтный период, от припуска на механическую обработку и от запаса прочности детали или глубины термической обработки ее поверхностного слоя.

Износ устанавливают обмером детали соответствующим инструментом. Припуск на обработку назначают с учетом характера обработки, типа оборудования, размера и материала детали. Задавая припуск на обработку, следует иметь в виду искажения геометрической формы детали, ее овальность и конусность. Припуск должен способствовать получению правильной

геометрической формы изношенной поверхности детали после механической обработки, без наличия следов износа на ее рабочей поверхности.

Метод определения значения и количества ремонтных размеров для вала и отверстия был впервые разработан проф. В. В. Ефремовым. Если обозначить (рис. 4.1) через d_n и D_n соответственно размеры вала и отверстия по рабочему чертежу, d_{p1} , и — первые ремонтные размеры вала и отверстия, I_{\min} I_{\max} — минимальный и максимальный износ поверхности детали на сторону, а через z — припуск механическую обработку на сторону, то первый ремонтный размер может быть определен по формулам:

для наружных цилиндрических поверхностей (валов)

$$d_{p1} = d_n - 2(I_{\max} + z); \quad (4.1)$$

для внутренних цилиндрических поверхностей (отверстий)

$$D_{p1} = D_n + 2(I_{\max} + z). \quad (4.2)$$

Припуск на механическую обработку зависит от вида обработки: при чистовой обточке и расточке он составляет 0,05 — 0,1 мм, при шлифовании 0,03 — 0,05 мм на сторону.

Определить неравномерный односторонний износ можно только одноконтактным измерительным прибором (индикатор и т. п.). В связи с тем что на производстве валы и втулки обычно измеряют двухконтактным инструментом (микрометром, индикатором-нутромером), для упрощения пользования формулами (4.1) и (4.2) в них вводят коэффициент неравномерности износа β , который равен отношению максимального одностороннего износа к износу на диаметр:

$$\beta = I_{\max} / I. \quad (4.3)$$

При симметричном износе детали, когда $I_{\max} = I_{\min} = I / 2$, коэффициент неравномерности износа $\beta = I_{\max} / I = 0,5$. При одностороннем износе, когда $I_{\min} = 0$, а $I_{\max} = I$, коэффициент неравномерности износа $\beta = I_{\max} / I = 1$.

Окончание табл. 4.1

Размеры	Уменьшение диаметра, мм	Диаметр шеек, мм	
		коренных	шатунных
5-й	1,25	103,75 ^{-0,015}	83,75 ^{-0,015}
6-й	1,50	103,50 ^{-0,015}	83,50 ^{-0,015}

ЗМЗ-24Д

Номинальный	—	64,000 — 63,978	58,000 — 57,987
Ремонтные:			
1-й	0,05	63,950 — 63,930	57,950 — 57,930
2-й	0,25	63,750 — 63,730	57,750 — 57,730
3-й	0,50	63,500 — 63,480	57,500 — 57,480
4-й	0,75	63,250 — 63,230	57,250 — 57,230
5-й	1,00	63,00 — 62,980	57,000 — 56,980
6-й	1,25	62,750 — 62,730	56,750 — 56,730
7-й	1,50	62,500 — 62,480	56,500 — 56,580

Москвич-412

Номинальный	—	59,960 — 59,937	51,993 — 52,012
Ремонтные:			
1-й	0,254	59,706 — 59,719	51,739 — 51,758
2-й	0,508	59,452 — 59,565	51,485 — 51,504
3-й	0,762	59,198 — 59,211	51,231 — 51,250
4-й	1,016	58,944 — 58,957	50,977 — 50,996

D_{p2},

и

на

со-
мм

Таким образом, значения коэффициента неравномерности износа могут изменяться в пределах от 0,5 до 1.

Для конкретных деталей значения этого коэффициента устанавливают опытным путем (табл. 4.2).

Найдя из уравнения (4.3) значения I_{max} и подставив его в выражения (4.1) и (4.2), получим:

$$d_{p1}=d_n-2(\beta H+z); D_{p1}=D_n+2(\beta H+z)$$

В этих формулах член $2(\beta H+z)$ называется межремонтным интервалом.

Следовательно, расчетные формулы для определения ремонтных размеров можно представить окончательно в следующем виде:

для наружных цилиндрических поверхностей (валов):

$$d_{p1}=d_n-\gamma;$$

$$d_{p2}=d_n-2\gamma;$$

.....

.....

$$d_{pn}=d_n-n\gamma;$$

для внутренних цилиндрических поверхностей (отверстий):

$$D_{p1}=D_n+\gamma;$$

$$D_{p2}=D_n+2\gamma;$$

.....

.....

$$D_{pn}=D_n+n\gamma,$$

где n — число ремонтных размеров.

Число ремонтных размеров может быть найдено по формулам:

для валов

$$n_B=(d_n-d_{min})/\gamma;$$

для отверстий

$$n_{отв}=(D_{max}-D_n)/\gamma,$$

где d_{min} — минимально допустимый диаметр вала, мм; D_{max} — максимально допустимый диаметр отверстия, мм.

Предельные значения диаметров d_{min} и D_{max} определяют по условиям прочности детали, из конструктивных соображений или исходя из минимально допустимой толщины слоя химико-термической обработки поверхности детали.

4.3. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Деталь	Изнашиваемая поверхность	P
Коленчатый вал	Коренные и шатунные	0,75

	шейки		Обработка под ремонтный размер широко
Гильза	Внутреннее	0,6	практикуется при восстановлении изношенных
цилиндров	отверстие		поверхностей цилиндров или гильз цилиндров автомо-
	гильзы		бильных двигателей (табл. 4.3). Технологический процесс
Валы коробки	Посадочные	0	включает в себя расточную и хонинговальную операции.
передат	шейки		Расточка проводится на вертикальных алмазно-расточных
	подшипников		станках моделей 278, 278Н, 2А78Н и многошпиндельных
Картер	Посадочные	0,9	полуавтоматах.
коробки	гнезда		Базовыми поверхностями при установке блока для
передат	подшипников		растачивания цилиндров служат нижняя привалочная
			плоскость и фаска в верхней части цилиндра. При

установке гильз на расточку базовыми поверхностями служат наружный чисто обработанный поясok и верхний торец гильзы. Блок цилиндров устанавливают не посредственно на столе расточного станка, для установки гильзы используется приспособление (рис. 4.2), которое крепится на столе.

Эксцентриситет осей шпинделя и цилиндра не должен превышать 0,03 мм. Для предварительной центровки приспособления или блока цилиндров применяют шариковую оправку 4 (рис. 4.3), а погрешность центровки проверяют индикаторным центро-искателем. Центрирование приспособления ведется по посадочному отверстию под гильзу, а блока цилиндров — по неизношенной поверхности растачиваемого цилиндра на глубине 3 — 4 мм от верхнего торца. Оправку в шпиндель устанавливают так, чтобы шаровой конец ее находился от диаметально противоположной стороны резцовой головки на расстоянии в миллиметрах:

$$l = (d + D) / 2,$$

где d — диаметр резцовой головки, мм; D — диаметр цилиндра на глубине 3 — 4 мм от верхнего торца цилиндра, мм.

После проверки микрометром значения l оправку закрепляют и опускают шпиндель на указанную глубину в цилиндр. При вращении резцовой головки шаровой конец оправки скользит по образующей цилиндра и устанавливает деталь (приспособление) по оси шпинделя.

Точность центровки проверяют при помощи индикаторного приспособления (центроискателя) (см. рис. 4.3), колодка 2 которого ввинчивается в торец резцовой головки шпинделя. Упор 6 рычага подводят к зеркалу цилиндра на глубине 3 — 4 мм, положение рычага 3 фиксируется винтом 1 и гайкой 5. Шкалу индикатора устанавливают на "О" и поворотом шпинделя на один оборот определяют погрешность центрирования. При необходимости корректируют положение детали.

Таблица 4.3. Размеры гильз цилиндров двигателей

Размер	РГ	Уве- ли- че- ние диа- мет- ра, мм	Диа- метр, мм	Размер	РГ	Уве- ли- че- ние диа- мет- ра, мм	Диа- метр, мм	Размер	РГ	Уве- ли- че- ние диа- мет- ра, мм	Диаметр, мм
ЗМЗ-53, ЗМЗ-36, ЗМЗ-24Д				ЗИЛ-130, ЗИЛ-131				Москвич-412			
Номиналь- ный	А	—	92,000—	Номиналь- ный	А	—	100,06—	Номиналь- ный	А	—	82,05—
			92,012				100,05				82,06
	Б		92,012—		АА		100,05—		В		82,04 —
			92,924				100,04				82,05
	В		92,024—		Б		100,04—		С		82,03 —
			92,036				100,03				82,04
	Г		92,036—		ББ		100,03—		Д		82,02 —
			92,048				100,02				82,03
	Д		92,048—		В		100,02—		Е		82,01 —
			92,060				100,01				82,02
					ВВ		100,01—				
							100,00				
Ремонтный:				Ремонт- ный:				Ремонтный:			
1-й	А	0,5	92,500—	1-й	Г	0,5	100,56—	1-й	А	0,5	82,55 —
			92,512				100,55				82,56
	Б		92,512—		ГГ		100,55—		В		82,54 —
			92,524				100,54				82,55
	В		92,524—		Д		100,54—		С		82,53 —
			92,536				100,53				82,54
	Г		92,536—		ДД		100,53—		Д		82,52 —
			92,548				100,52				82,53
	Д		92,548—		Е		100,52—		Е		82,51 —
			92,560				100,51				82,52
					ЕЕ		100,51—				
							100,50				
2-й	А	1,0	93, 00—	2-й	Ж	1,0	101,06—	2-й	А	1,0	83,05 —
			93,012				101,05				83,06
	Б		93,012—		ЖЖ		101,05—		В		83,04 —
			93,024				101,04				85,05
	В		93,024—		И		101,04—		С		83,03 —
			93,036				101,03				83,04
	Г		93,036—		ИИ		101,03—		Д		83,02 —
			93,048				101,02				83,03
	Д		93,048—		К		101,02—		Е		83,01 —
			93,060				101,01				83,02
					КК		101,01—				
							101,00				

Окончание табл. 4.3

Размер	РГ	Уве- ли- че- ние диа- мет- ра, мм	Диа- метр, мм	Размер	РГ	Уве- ли- че- ние диа- мет- ра, мм	Диа- метр, мм	Размер	РГ	Уве- ли- че- ние диа- мет- ра, мм	Диаметр, мм				
3-й (кроме 3МЗ-24Д)	А	1,5	93,500—	3-й	Л	1,5	101,56—				—				
			93,512				101,55								
			93,512—		ЛЛ		101,55—					—	—		
			93,524				101,54								
	В		93,524—		М		101,54—					—	—		
			93,536				101,53								
	Г		93,536—		ММ		101,53—					—	—		
			93,548				101,52								
	Д		93,548—		Н		101,52—					—	—		
			93,560				101,51								
							101,51—							—	—
							101,50								

Примечание. В таблице применяется сокращение РГ — размерная группа.

Вылет l_1 резца регулируют (рис. 4.4) при помощи винта 1 с лимбом, ввинчиваемого в торец резца 2.

Расстояние l_1 в миллиметрах от вершины резца до диаметрально противоположной стороны резцовой головки

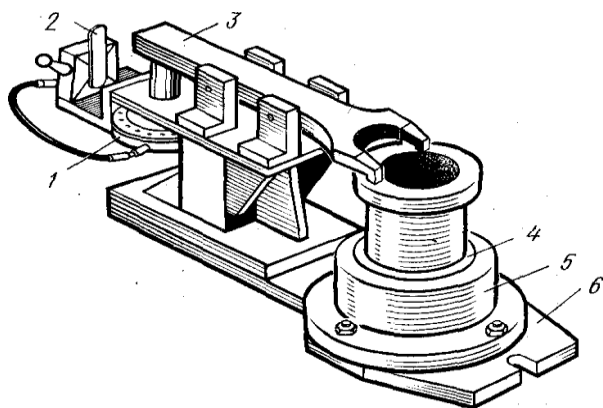


Рис. 4.2. Приспособление для установки и крепления гильз:
1 — пневматический привод; 2 — кран управления; 3 — прижим; 4 — центрирующее кольцо; 5 — корпус; 6 — основание

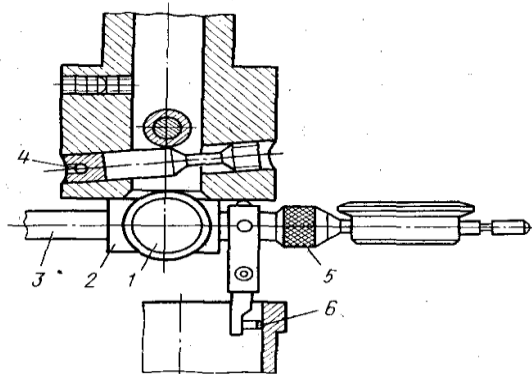


Рис. 4.3. Резцовая головка станка 2А78Н с приспособлениями для центрирования гильз:
1 — винт; 2 — колодка; 3 — рычаг; 4 — шариковая оправка; 5 — гайка; 6 — упор рычага

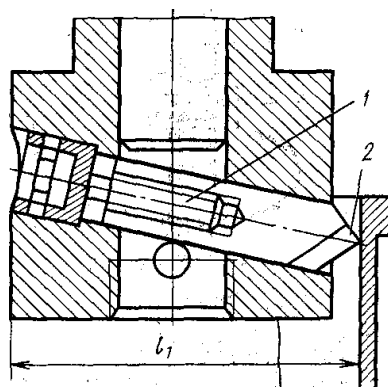


Рис. 4.4. Регулировка винта резца

$$l_1 = (d + D_1) / 2,$$

где D_1 — диаметр цилиндра, под который должно быть произведено растачивание, мм.

Положение резца фиксируют стопорным винтом.

Режим резания должен обеспечить следующее; выполнение требований чертежа по шероховатости зеркала цилиндра, точности размера, формы и расположения, наивысшую производительность и минимальную себестоимость работы. Режимы резания при растачивании приведены в табл. 4.4.

При растачивании цилиндров блока следят за сохранением расстояний между осями цилиндров и перпендикулярностью осей цилиндров к оси коленчатого вала. Отклонение от перпендикулярности Допускается не более 0,05 мм на всей длине цилиндра. При растачивании гильз цилиндров следят за толщиной стенок гильзы. Разница в толщине стенок гильзы, измеренных по посадочным поясам в вертикальной плоскости, не должна превышать 0,06 мм.

Таблица 4.4. Режимы резания при растачивании гильз цилиндров под ремонтный размер

Обрабатываемый чугун	Глубина резания t , мм	Подача s , мм/об	Скорость резания v , м/мин	Материал инструмента
НВ 170-229	0,1—0,15	0,05—0,10	100—120	ВКЗМ
НВ 229-269	0,1—0,15	0,05—0,10	80—100	ВКЗМ

Проектирование расточной операции начинается с расчета припуска на растачивание. Для этого находят максимальный размер изношенного отверстия D_u и устанавливают диаметр ближайшего ремонтного размера D_{pp} . Припуск на растачивание

$$z = D_{pp} - D_u - z_x,$$

где z_x — припуск на хонингование равный 0,03 — 0,05 мм.

Затем определяют глубину резания t с учетом рекомендации табл. 4.4 и назначают число проходов i выбирают нормативную подачу s (см. табл. 4.4) и уточняют ее по паспорту станка s_ϕ ; принимают нормативную скорость резания v и рассчитывают частоту вращения шпинделя:

$$n_p = 1000v / (\pi D_p),$$

где D_p — диаметр растачиваемого отверстия, мм.

Уточняют значение частоты вращения шпинделя по паспорту станка n_ϕ и рассчитывают длину рабочего хода шпиндельной бабки:

$$L_{p.x} = l + l_1 + l_2,$$

Рассчитывают машинное время в минутах:

$$t_m = [L_{p.x} / (n_\phi s_\phi)] i.$$

Доводку цилиндров выполняют на вертикально-хонинговальных или вертикально-сверлильных станках специальными хонинговальными головками 3 (рис. 4.5) с подачей охлаждающей жидкости 1 в зону трения. На головке по окружности установлены четыре, пять или шесть сменных мелкозернистых абразивных брусков 2. Головка, соединенная с хвостовиком 5 через шарнир 6, закрепляется в шпинделе станка. При хонинговании головка с абразивными брусками совершает вращательное и возвратно-поступательное движение по стенкам цилиндра (см. стрелки). На необходимый размер бруски разжимают вручную при помощи кольца подачи 4.

На современных хонинговальных головках для разжатия брусков используют гидравлические и пневматические приводы. По мере снятия металла и изнашивания брусков при ручном механическом приводе радиальная подача выполняется автоматически спиральной пружиной, а при пневматическом приводе бруски автоматически прижимаются с постоянным усилием.

В качестве охлаждающей жидкости при хонинговании используют керосин или смесь керосина (80—90 %) с машинным маслом. Ее обильно подают в цилиндр в течение всего процесса. Чтобы обеспечить высокую точность геометрических размеров, ход головки устанавливают таким, чтобы абразивные бруски выходили за верхний и нижний края цилиндра на 0,2—0,3 их длины (рис. 4.6).

Основными параметрами режима резания при хонинговании являются:

скорость вращения хонинговальной головки в метрах в минуту (м/мин)

$$v = \pi D n / 1000,$$

где D — диаметр обрабатываемого отверстия, мм; n — частота вращения хонинговальной головки, мин⁻¹;

скорость возвратно-поступательного движения головки в метрах в минуту

$$v_{в.п} = 2Ln_2 / 1000,$$

где n_2 — число двойных ходов хонингования головки в 1 мин; L — длина рабочего хода хонинговальной головки, мм; $L = l_{отв} + 2l_{пер} - l_{бр}$

соотношение между скоростями вращательного и возвратно-поступательного движения хонинговальной головки $\lambda = v / v_{в.п}$

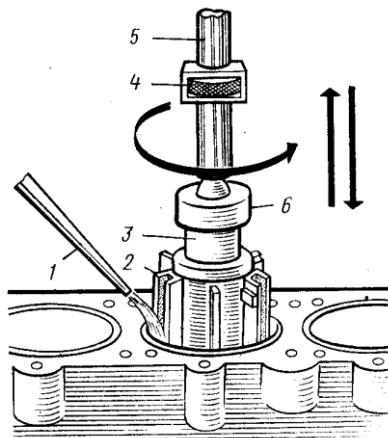


Рис. 4.5. Схема процесса хонингования цилиндров блока

Одним из путей повышения технико-эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания является формирование на цилиндрах при их обработке под ремонтный размер микропрофиля, который представляет собой чередующиеся плоские выступы с углублениями для размещения смазки. Такой процесс называется плосковершинным хонингованием. При этом увеличиваются маслосъемность и опорная площадь обработанной поверхности, в результате сокращается время приработки, уменьшается расход масла, повышается износостойкость цилиндров, увеличивается ресурс двигателей.

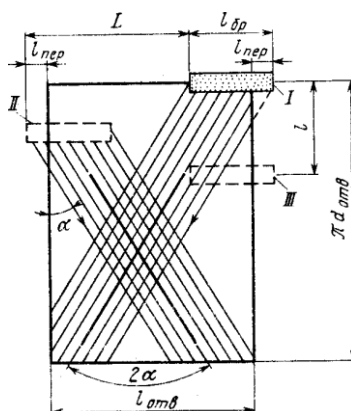


Рис. 4.6. Развертка сетки следов обработки при хонинговании цилиндров блока: L — ход хонингальной головки; $l_{отв}$ — длина цилиндра; $l_{бр}$ — длина абразивного бруска хонингальной головки; $l_{пер}$ — перебеги абразивных брусков за края цилиндра; α — угол подъема следа; 2α — угол скрещивания следов; /, //, /// — последовательные положения бруска за один двойной ход

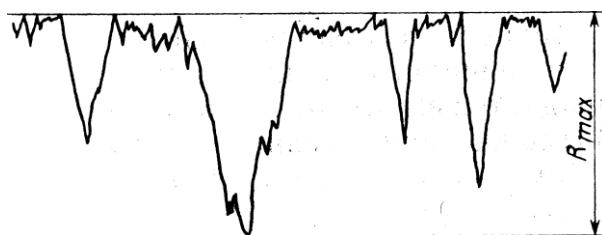


Рис. 4.7. Профиль участка гильзы при плосковершинном хонинговании

В Институте сверхтвердых материалов АН Украины разработана технология производства гильз цилиндров со специальным профилем обработанной поверхности с использованием алмазных хонингальных и специальных антифрикционных брусков.

Таблица 4.5. Характеристика инструмента и параметры обработки при плосковершинном хонинговании

Чугун	Хонингование	Бруски		Параметры обработки				
		Марка	Связка	Скорость движения, м/мин		Давление, кПа	Операционное время, с	Стоимость комплекта брусков, штук гильз
				вращательного	возвратно-поступательного			
Закаленный, HRC \geq 40	Предварительное	АС20 (АС 320) 160/125 или 200/160	МС1 М08-4	40—60	10—15	40—150	Зависит от снимаемого припуска	3000—8000
	Окончательное	АСМ 20/14 или 28/20	МС1	40—60	10—15	40—80	25—30	3000—4000
Нетермообработанный НВ 180—255	Предварительное	АС15 (АС20) 125/100 или 160/125	МС, М08-4	40—60	10—15	40—150	Зависит от снимаемого припуска	4000—9000
	Окончательное	АСМ 14/10 или 20/14	МС1	40—60	10—15	40—80	20—25	4000—5000

Неровности микропрофиля формируются на операции предварительного хонингования алмазными брусками зернистостью 125/100 — 250/200 на металлической связке. Затем они притупляются алмазными брусками меньшей зернистости на эластичной, каучукосодержащей связке Р11. При этом на внутренней поверхности гильзы формируется микрорельеф, состоящий из участков с малой высотой микронеровностей ($R_a = 0,5\text{--}M,0$ мкм) — "плато" и впадин—рисок, глубина которых в 3 — 8 раз больше, чем высота микронеровностей на "плато" (рис. 4.7).

Бруски на каучукосодержащей связке обладают локальной эластичностью, т. е. алмазные зерна, находящиеся на поверхности брусков, погружаются в связку под действием сил микрорезания и выступают из нее при отсутствии нагрузки (например, когда зерно расположено над впадиной исходного микропрофиля). Это позволяет при обработке делать края риски микропрофиля овальными, без заусениц.

Маслоемкость такой поверхности весьма велика. В результате заполнения риски маслом уменьшается трение, снижается вероятность появления задиров и возникновения схватывания гильз с поршнями и поршневыми кольцами.

При хонинговании антифрикционными брусками риски на поверхности детали частично заполняются менее твердыми металлами, антифрикционными веществами и, входящим и в состав хонинговальных брусков. Наличие на поверхности гильзы (в рисках и частично на "плато") (менее твердых металлов и антифрикционных материалов) улучшает антифрикционные свойства детали.

Оптимальный микропрофиль плосковершинной поверхности определяется следующими параметрами:

Ширина впадин, мкм 10 — 100
 Глубина впадин, мкм 3,0. — 7,0
 Глубина риски на "плато", мкм 0,1 — 1,0
 Шероховатость гильз цилиндров в

зоне верхней мертвой точки

(в. м. т.), мкм 0,6 — 1,0

Шероховатость гильз в зоне нижней мертвой точки (н. м. т.), мкм 0,5 — 0,7

Угол наклона рисок к образующей гильзы, град 55 — 65

Относительная опорная длина профиля на уровне, равном 1 мкм, % . 50 — 80

Процесс антифрикционного плосковершинного хонингования рекомендуется выполнять в две операции. Возможно хонингование данным способом и в три операции. Обрабатываемый материал, характеристика инструмента и режимы представлены в табл. 4.5.

Преимущества антифрикционного плосковершинного хонингования:

исключаются прихваты поршневых колец, задиры, улучшается и сокращается время приработки цилиндропоршневой группы;

снижаются механические потери, увеличивается частота вращения коленчатого вала на 200 — 500.об/мин:

увеличивается эффективная мощность;

стабилизируется и снижается расход масла на 0,1 — 0,2 % от расхода топлива;

снижается удельный расход топлива на 1,5 — 2,0 г/л. с-ч;

увеличивается долговечность двигателей на 30 — 40 %.

Глава 5 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОСТАНОВКОЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ РЕМОНТНОЙ ДЕТАЛИ

5.1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СПОСОБА

Дополнительные ремонтные детали (ДРД) применяют для компенсации износа рабочих поверхностей деталей, а также при замене изношенной или поврежденной части детали. В первом случае ДРД устанавливают непосредственно на изношенную поверхность детали. Этим способом восстанавливают посадочные отверстия под подшипники качения в картерах коробок передач, задних мостов, ступицах колес, отверстия с изношенной резьбой и другие детали.

В зависимости от вида восстанавливаемой поверхности ДРД могут иметь форму гильзы, кольца, шайбы, пластины, резьбовой втулки или спирали (рис. 5.1).

Если на детали сложной формы изношены отдельные ее поверхности, то ее можно восстановить полным удалением поврежденной части и постановки вместо нее заранее изготовленной дополнительной детали. Этот способ применяют при восстановлении крышек коробок передач, блоков шестерен, ведущей шестерни коробки передач, кузовов и кабин автомобилей и других деталей (рис. 5.2). Дополнительные ремонтные детали обычно изготавливают из того же материала, что и восстанавливаемая деталь. При восстановлении посадочных повреждений в чугунных деталях втулки могут быть изготовлены также из стали.

Преимуществом восстановления деталей постановкой ДРД является простота технологического процесса и применяемого оборудования. Недостатки — большой расход материала на изготовление дополнительной ремонтной детали, а также снижение механической прочности восстанавливаемой детали.

Разновидностью способа ДРД является пластинирование — способ облицовки рабочих поверхностей деталей машин тонкими износостойкими легкоменяемыми пластинами. Областью его применения является производство и ремонт машин, имеющих детали с интенсивно изнашивающимися поверхностями в виде гладких замкнутых и разомкнутых цилиндрических и конических отверстий, а также плоских поверхностей.

Виды пластинирования деталей машин показаны на рис. 5.3.

Базой для объединения различных технологий пластинирования в виды по эксплуатационно-ремонтным признакам является цель, достигаемая при помощи пластинирования в процессе эксплуатации и ремонта машины. По этим признакам различают износостойкое (ресурсоувеличивающее), восстановительное (ресурсовосстанавливающее) и регулировочное пластинирование.

Износостойкое пластинирование применяют для увеличения ресурса деталей, повышения их ремонтпригодности, для компенсации износов сопряженных деталей. Восстановительное пластинирование позволяет неоднократно восстанавливать ресурс деталей, как не подвергавшихся ранее пластинированию, так и уже пластинированных деталей. Регулировочное пластинирование

применяется для получения требуемых зазоров и натягов в сопрягаемых деталях в результате подбора при сборке толщины регулировочных прокладок. Регулировочным пластинированием можно также компенсировать износ деталей.

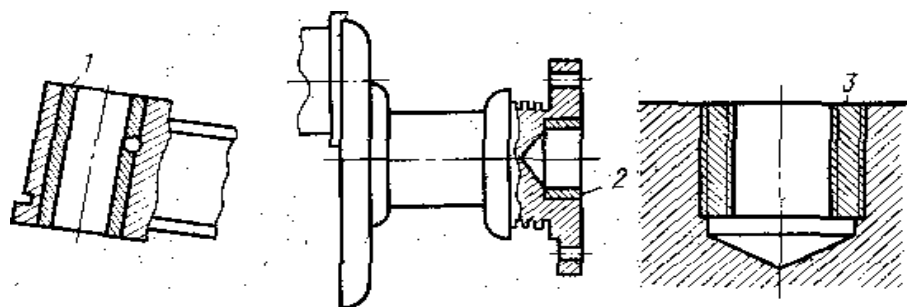


Рис. 5.1. Дополнительные ремонтные детали (ДРД):

1 и 2 — втулки; 3 — ввёртыш

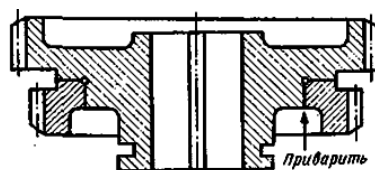


Рис. 5.2. Применение ДРД при восстановлении блока шестерен

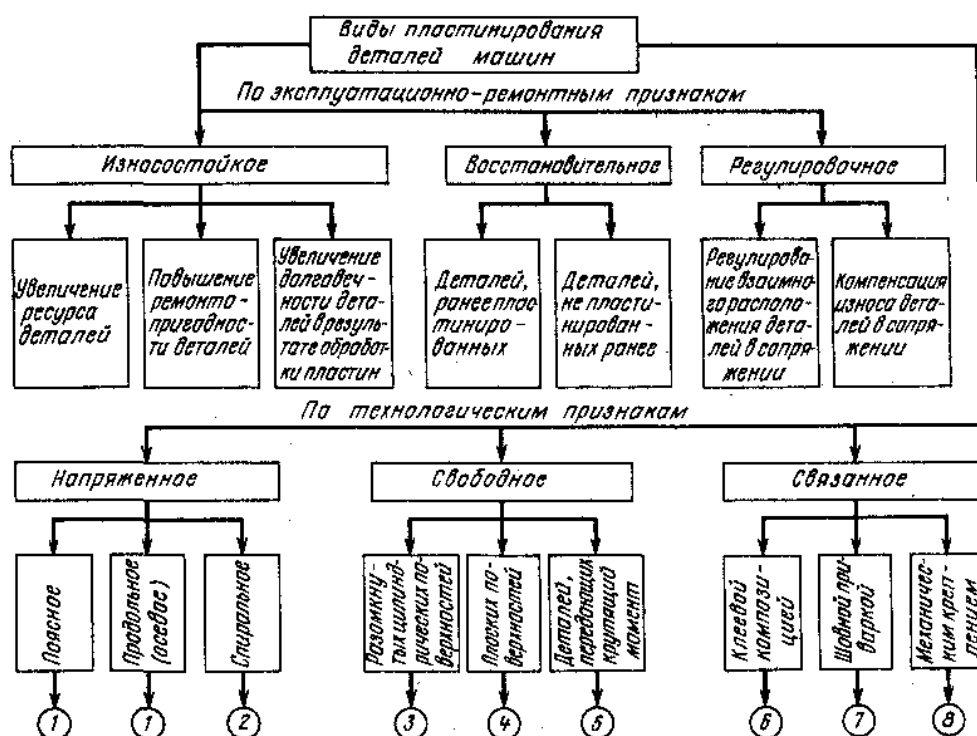


Рис. 5.3. Виды технологических методов пластинирования поверхностей деталей машин:

1 — внутренние цилиндрические и конические поверхности; 2 — внутренние и наружные цилиндрические и конические поверхности; 3 — постели под вкладыши коренных подшипников двигателей внутреннего сгорания (ДВС); 4 — направляющие станин металлорежущих станков, опорные плоскости шестерен и сателлитов; 5 — пакеты жестких пластин бортовых фрикционов гусеничных машин; 6 — внутренние поверхности цилиндрических отверстий; 7 — гладкие валы; 8 — направляющие станин металлорежущих станков, упругие пластины в сцеплениях колесных машин

Технологические признаки учитывают сходство формы и процессов обработки пластин, а также способы установки их на рабочую поверхность. По способам установки пластин на рабочую поверхность пластинирование бывает напряженным, свободным и связанным.

Напряженным пластинированием называется способ, при котором пластину перед установкой на поверхность детали обжимают и устанавливают на деталь в напряженном состоянии. Фиксация пластины производится в результате действия сил трения. Напряженное пластинирование делится на поясное, продольное(осевое) и спиральное.

Поясное пластинирование предусматривает установку на внутренние цилиндрические и конические поверхности отверстий одной или нескольких пластин — поясов, расположенных перпендикулярно к образующей отверстия. В случае применения нескольких поясов стыки их концов располагаются вдоль образующей под углом: при двухпоясном пластинировании — 180° , при трехпоясном — 120° , при четырехпоясном — 90° . Формы пластин, применяемых для поясного пластинирования, показаны на рис. 5.4, а. Поясным пластинированием можно восстанавливать гильзы цилиндров и цилиндры автомобильных двигателей, цилиндры автомобильных компрессоров, тормозные цилиндры гидравлической тормозной системы автомобилей. Продольное или осевое пластинирование применяется для восстановления внутренних поверхностей длинных отверстий, в которых затруднительно использовать поясное пластинирование из-за большого числа поясов. При продольном пластинировании стыки пластин располагаются только вдоль оси отверстия. Комплект пластин для сохранения продольной устойчивости вводят в отверстие вместе с поддерживающей оправкой. Наружный диаметр свернутого комплекта пластин должен быть больше внутреннего диаметра отверстия детали на размер натяга. Формы пластин, применяемых для продольного пластинирования, показаны на рис. 5.4, б. Данным способом можно восстанавливать гидроцилиндры опрокидывающих устройств автомобилей-самосвалов.

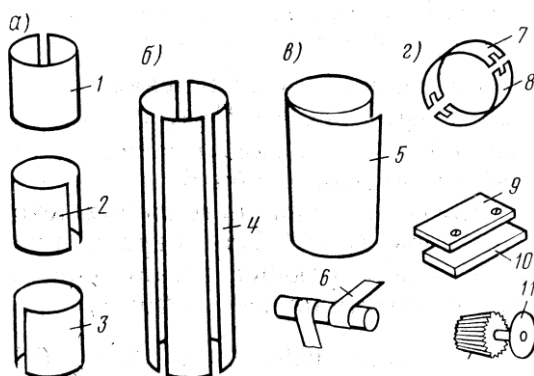


Рис. 5.4. Формы пластин при различных видах пластинирования деталей машин: 1, 2 и

3 — разновидности поясов, изготовленных из пластин; 4 — пластины, подготовленные для продольного пластинирования внутренних цилиндрических поверхностей; 5 и 6 — спирали, предназначенные для облицовки соответственно внутренних и наружных цилиндрических поверхностей; 7 и 8 — пластины для пластинирования разомкнутых цилиндрических поверхностей; 9 и 10 — соответственно плоская пластина и деталь, подлежащая облицовке; 11 и 12 — облицовочная пластина и деталь, предназначенная для передачи крутящего момента

Спиральное пластинирование заключается в том, что на внутреннюю или наружную поверхность детали устанавливают по винтовой линии тонкую стальную пластину, имеющую форму удлиненного параллелограмма. При этом витки спирали располагаются под углом к плоскости, перпендикулярной к оси цилиндра. Для удержания пластины требуется дополнительное крепление. Пластины для спирального пластинирования показаны на рис. 5.4, в. Этот способ целесообразно использовать для восстановления цилиндрических деталей, длина которых более чем в 4 раза превышает их диаметр, например, для восстановления гидросиловых цилиндров, а также валов с неограниченными размерами.

Свободным пластинированием называется способ, при котором пластина устанавливается свободно и удерживается на ней в результате конструкции деталей формы пластины. Формы пластин для свободного пластинирования показаны на рис. 5.4, г. Данным способом можно восстанавливать постели под вкладыши коренных подшипников двигателей внутреннего сгорания, регулирующих прокладок в зацеплениях главных передач ведущих мостов автомобилей.

Связанное пластинирование предусматривает применение дополнительных средств крепления пластин — приварки, приклеивания или установки механических стопоров. Пластины при этом можно устанавливать поясами, продольно или спирально.

1.2. СПОСОБЫ КРЕПЛЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ РЕМОНТНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Дополнительные ремонтные детали обычно крепятся посадкой и натягом. В отдельных случаях могут быть использованы дополнительные крепления приваркой по торцу, приклеиванием или постановкой стопорных винтов или штифтов. Чтобы обеспечить прочную посадку ДРД в виде втулок, сопрягаемые поверхности детали и втулки обрабатывают, но допускам посадки H7116 второго класса точности. Шероховатость поверхности должна быть не менее $Ra=1,25-0,32$ мкм. При запрессовке втулок сопрягаемые поверхности рекомендуется покрывать смесью машинного масла и графита.

Необходимое усилие запрессовки в ньютонах

$$F=10^{-6}f\pi dLp,$$

где f — коэффициент трения при запрессовке ($f \approx 0,08 — 0,1$); d — диаметр контактирующих поверхностей, мм; L — длина запрессовки, мм; p — давление на поверхности контакта. Па.

Диаметр контактирующих поверхностей можно определить по формулам:

для вала $d=d_{н0}—2\delta$;

для втулки

$$d=d_{в0}+2\delta$$

где $d_{н0}$ и $d_{в0}$ — соответственно нижнее и верхнее предельные отклонения вала и втулки; δ — толщина втулки.

Минимально допустимая толщина втулки определяется из условия прочности

$$\delta = p n d / \{2[\sigma]\},$$

где n — запас прочности; $n = \sigma_T / [\sigma]$; σ_n — предел текучести для материала втулки, Па; $[\sigma]$ — допускаемое напряжение, Па.

К расчетной толщине втулки b прибавляется припуск на механическую обработку втулки после, ее запрессовки.

Контактное давление между деталями в паскалях

$$p = 10^{-3} \cdot \Delta / \{d(C_1 / E_1 + C_2 / E_2)\},$$

где Δ — максимальный расчетный натяг, мкм; C_1, C_2 — коэффициенты соответственно охватываемой и охватывающей детали; E_1 и E_2 — модули упругости материала соответственно охватываемой и охватывающей детали, Па;

$$C_1 = (d^2 + d_0^2) / (d^2 - d_0^2) - \mu_1;$$

$$C_2 = (D^2 + d^2) / (D^2 - d^2) - \mu_2;$$

где d_0 — диаметр отверстия охватываемой детали (для вала $d_0 = 0$), мм; D — наружный диаметр охватывающей детали, мм; μ_1 и μ_2 — коэффициенты Пуассона соответственно для охватываемой и охватывающей детали.

Значения C_1 и C_2 , найденные с учетом коэффициентов Пуассона соответственно для охватывающей и охватываемой деталей, приведены в табл. 5. 1 .

При использовании тепловых методов сборки (рис. 5.5) температура нагрева охватывающей детали определяется по эмпирической формуле

$$t_n = k / k_a (0,015 / d_1 + 0,001), \quad (5.1)$$

где k — коэффициент, учитывающий частичное охлаждение детали при сборке ($k = 1,15$ — $1,30$); k_a — коэффициент линейного расширения материала охватывающей детали, $мм / (м \cdot град.)$; d_1 — диаметр отверстия охватывающей детали, мм.

Для стальных деталей с учетом коэффициента линейного расширения формула (5.1) принимает вид

$$t_n = k(1350/d_1 + 90).$$

Таблица 5.1. Значения коэффициентов C_1 и C_2

d_0/d — для C_1 d/D — для C_2	C_1			C_2		
	Сталь	Бронза	Чугун	Сталь	Бронза	Чугун
0,00	0,70	0,67	0,75	1,30	1,33	1,25
0,10	0,72	0,69	0,77	1,32	1,35	1,27
0,20	0,78	0,75	0,83	1,38	1,41	1,38
0,30	0,89	0,86	0,94	1,49	1,52	1,44
0,40	1,08	1,05	1,13	1,68	1,71	1,63
0,45	1,21	1,18	1,26	1,81	1,84	1,76
0,50	1,37	1,34	1,42	1,95	2,00	1,92
0,55	1,57	1,54	1,62	2,17	2,20	2,12
0,60	1,83	1,80	1,88	2,43	2,46	2,38
0,65	2,17	2,14	2,22	2,77	2,80	2,72
0,70	2,62	2,59	2,67	3,22	3,25	3,17
0,75	3,28	3,25	3,33	3,84	3,87	3,79
0,80	4,25	4,22	4,30	4,85	4,88	4,80
0,85	5,98	5,95	6,03	6,58	6,61	6,53
0,90	9,23	9,20	9,28	9,83	9,86	9,78
0,925	12,58	12,56	12,63	13,18	13,21	13,13
0,95	18,70	18,67	18,75	19,30	19,33	19,25
0,975	38,70	38,67	38,75	39,30	39,33	39,25
0,990	98,70	98,67	98,75	99,30	99,33	99,25

Температура охватывающей детали после нагрева

$$t_{\text{кн}} = t_{\text{н}} + t_{\text{нач}}$$

где $t_{\text{нач}}$ — начальная температура детали.

Температура охлаждения охватываемой детали

$$T_0 = 10^3 * k(\Delta + s) / (k_a d_2),$$

где s — минимальный гарантированный зазор, мкм; d_2 — диаметр охватываемой детали, мм.

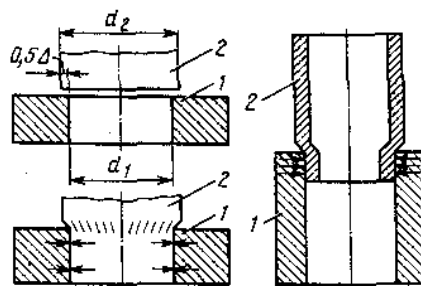


Рис. 5.5. Последовательность схем соединений с нагревом охватывающей (1) или охлаждением охватываемой (2) детали

Таблица 5.2. Значения минимальных зазоров при использовании тепловых методов сборки

Время выполне- ния опе- рации, мин	Минимальный зазор s , мм, при диамет- ре поверхности сопряжения, мм					
	30 — 40	40 — 60	60 — 100	100 — 150	150 — 200	Более 200
0,5	$0,6d$	—	—	—	—	—
1	$0,7d$	$0,7d$	—	—	—	—
2	—	$1,1d$	$0,7d$	$0,6d$	$0,5d$	—
5	—	—	$1,1d$	$0,8d$	$0,7d$	$0,6d$
10	—	—	—	—	$0,8d$	$0,7d$

Конечная температура охлажденной охватываемой детали $t_{ко} = t_{нач} - t_0$

Значения минимального зазора, позволяющего легко ввести охватываемую деталь в отверстие, приведены в табл. 5.2.

Для бронзовых тонкостенных втулок длиной до $2d$ зазор, определенный по данным табл. 5.2, увеличивают на 25 — 30%.

1.3. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Особенности технологии восстановления постановкой дополнительной ремонтной детали рассмотрим на примере восстановления резьбовых отверстий корпусных деталей автомобилей и гильз цилиндров автомобильных двигателей.

Применяют следующие способы ремонта резьбовых отверстий (рис. 5.6).

Два из указанных способов предусматривают использование дополнительной ремонтной детали — установку свертыша и установку спиральной вставки.

Резьбу под номинальный размер заменой части детали свертышем ремонтируют довольно часто. Обычно для свертышей используют мало- и среднеуглеродистую сталь, марка которой не зависит от материала ремонтируемой детали, в которой находится отверстие.

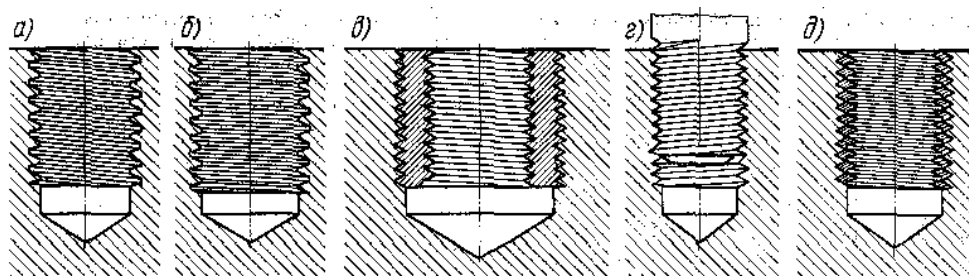


Рис. 5.6. Способы ремонта резьбовых соединений;

a — заварка отверстий с изношенной резьбой с последующим нарезанием резьбы номинального размера; b — нарезание резьбы увеличенного размера (год ремонтный размер); $в$ — установка свертыша; $г$ — стабилизация резьбовых соединений полимерной композицией; d — установка спиральной вставим

Наружный диаметр свертыша в миллиметрах

$$D = d \sqrt{\sigma_{1в} / \sigma_{2в}},$$

где d — наружный диаметр резьбы болта; $\sigma_{1в}$ — предел прочности материала болта; $\sigma_{2в}$ — предел прочности материала корпуса.

Ввертыш может иметь прорези для специального ключа, при помощи которого он монтируется в предварительно нарезанное отверстие детали. Для предотвращения от отвертывания ввертыши крепят стопрными шпильками или приклеивают эпоксидным компаундом.

Основные типы ввертышей показаны на рис. 5.7.

Восстановление резьбовых отверстий постановкой ввертышей имеет следующие преимущества: позволяет восстанавливать сильно изношенные отверстия корпусных деталей под номинальный размер; не нарушает термообработку деталей, так как не требуется их нагревать; дает хорошее качество восстановленного отверстия.

Недостатки данного способа: высокая трудоемкость и сложность ремонта, невозможность применения, если конструкция детали не позволяет увеличивать отверстие.

Восстановление резьбовых отверстий постановкой вставки имеет следующие преимущества: повышается прочность резьбового соединения в результате более равномерного распределения нагрузки по виткам; появляется возможность восстановления под номинальный размер резьбовых отверстий в тонкостенных деталях; понижается износ резьбовой поверхности при частом завинчивании и отвинчивании; улучшается восприятие динамических нагрузок, увеличивается срок службы соединения.

Спиральная вставка (рис. 5.8) представляет собой пружину из ромбической проволоки, наружная поверхность которой образует резьбовое соединение с корпусом (блоком), а внутренняя — со шпилькой или болтом.

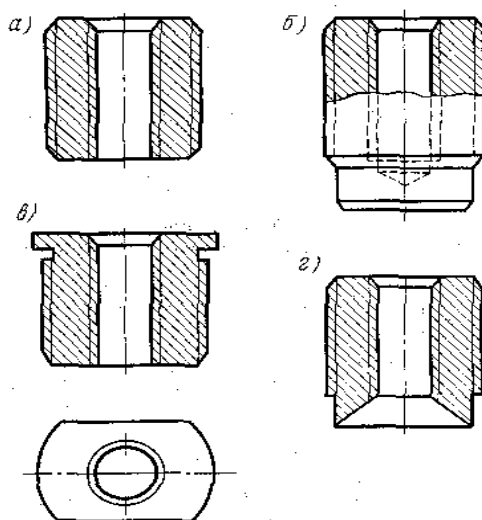


Рис. 5.7. Основные типы ввертышей: а — прямой открытый; б — прямой закрытый; в — прямой открытый с буртиком под ключ; г — ступенчатый (под развальцовку одного конца)

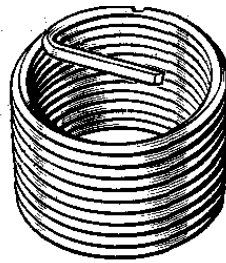


Рис. 5.8 Спиральная вставка

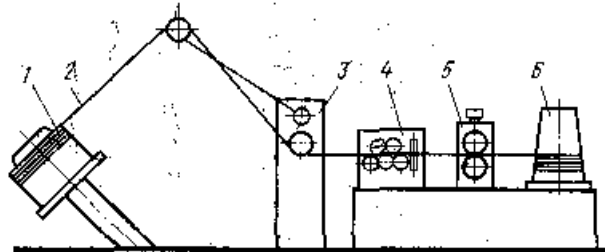


Рис. 5.9. Волоочильный стан для получения ромбической проволоки: 1—установочный барабан; проволока; 3 — устройство для аварийной остановки стана; 4 — правильное устройство; 5 — роликовая волока; 6 — приемный барабан

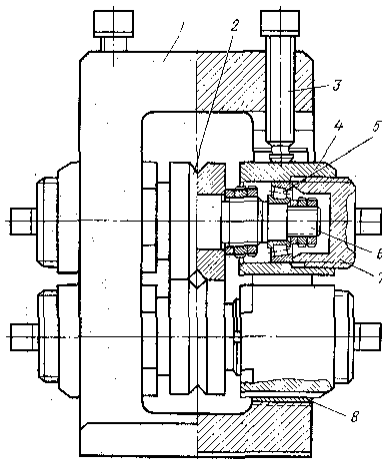


Рис. 5.10 Роликовая волока

Проволоку ромбического сечения для резьбы с шагом 0,8...3,5 мм получают волочением на стане ВФР-4 (рис.5.9), оборудованном специальной роликовой волокой. Годовая производительность 640 т проволоки, что обеспечивает выпуск 50 млн. вставок. Роликовая волока (рис. 5.10) состоит из корпуса 1, в котором помещаются рабочие ролики 2 легированной стали марок 9Х, 9ХС, ШХ15, 12М, Х12Ф с нарезанными на них калибрами, являющиеся

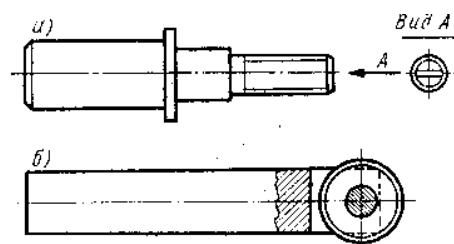


Рис. 5.11. Оснастка для навивки спиральных вставок

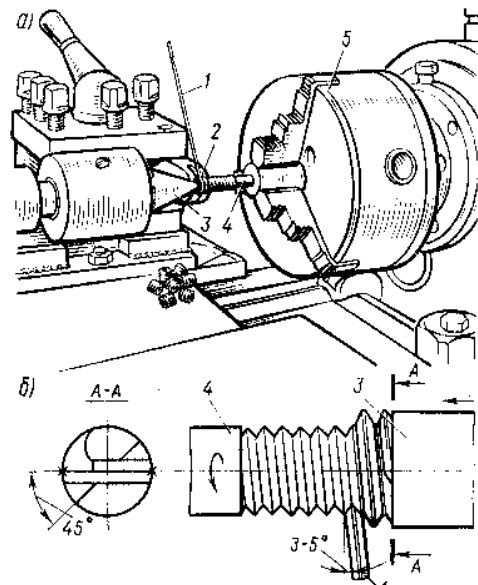


Рис. 5.12. Навивка спиральных вставок на токарном станке: а — общий вид; б — схема навивки; 1 — ромбическая проволока; 2 — оправка с роликом; 3 — прижим; 4 — резьбовая оправка; 5 — патрон станка

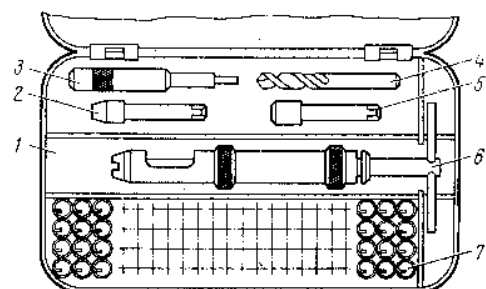


Рис. 5.13. Комплект приспособлений для ремонта резьбовых отверстий спиральными вставками: 1 — коробка; 2 — метчик М12Х1,5Д-2-1; 3 — бородок; 4 — сверло 10,5; 5 — метчик М12Х1,5Д-2-11; 6 — ключ; 7 — спиральные резьбовые вставки (1000 шт.)

2 —

стана

из

114

деформирующим инструментом. Твердость рабочей поверхности роликов составляет 60 — 62 ИКС. Ролики жестко смонтированы на осях 6, которые вращаются в конических подшипниках 5, установленных в подушках 4. На внутренней поверхности подушек выполнена резьба, в которую ввинчиваются гайки /для жесткой фиксации оси роликов, а на наружной — лапки для установки относительно корпуса волоки. Осевая регулировка калибров осуществляется перемещением роликов в ту или другую сторону при помощи гаек. Подушки с верхним роликом могут перемещаться вертикально нажимными винтами 3 отдельно друг от друга, что обеспечивает возможность параллельной установки роликов по отношению друг к другу. Под нижними подушками установлены пластинчатые пружины 8, снижающие динамические нагрузки на подшипники от биения прижатых друг к другу роликов при их вращении. В корпусе волоки имеются сверления для подвода охлаждающей жидкости, которая попадает на верхний и нижний рабочие ролики со стороны входа проволоки.

Спиральные вставки можно навивать на токарном станке при помощи резьбовой оправки (рис. 5.11, а) и оправки с роликом (рис. 5.11, б), на цилиндрической поверхности которого нарезана кольцевая канавка с профилем, соответствующим профилю метрической резьбы. Оправку с роликом закрепляют в резцедержателе токарного станка (рис. 5. 12), а резьбовую оправку — в его патроне. Конец заготовки проволоки вставляют в прорезь на торце оправки и фиксируют прижимом, устанавливаемым в пиколь задней бабки. Затем проволоку прижимают оправкой с роликом и включают подачу станка.

Длина заготовки для навивки спиральной вставки в миллиметрах

$$L=\pi D_{\text{ср}}n,$$

где $D_{\text{ср}}$ — средний диаметр спиральной вставки в свободном состоянии, мм; n - полное число витков вставки.

Для навивки спиральных вставок в промышленных условиях может быть использован автомат АРВ-1, в основу конструкции которого положен автомат для навивки пружин модели АА-51 14, оборудованный приспособлениями для отгиба технологического поводка вставки и нанесения на последнем насечки для последующего его удаления. Годовая производительность автомата 4 млн. вставок с шагом 1...2.5 мм и диаметром 8.. .30 мм.

Промышленностью выпускается комплект (рис. 5. 13) с резьбовыми вставками для восстановления отверстий с резьбой от М5 до М30, т. е. данным способом можно восстанавливать практически любые резьбовые отверстия деталей автомобилей.

Технологический процесс восстановления резьбовых отверстий блоков цилиндров спиральными вставками включает в себя следующий перечень работ.

1. Очистить все резьбовые отверстия от грязи сверлом, а затем ершом (рис. 5.14). Режим очистки: скорость резания при сверлении — 10 м/мин, частота вращения ерша — 80 об/мин, подача — ручная.

2. Продуть резьбовые отверстия сжатым воздухом.

3. Установить блок цилиндров на монтажный или подставку и провести при помощи резьбовых калибров дефектацию всех резьбовых отверстий; пометить отверстия, подлежащие восстановлению.

4. Установить блок цилиндров на стол радиально-сверлильного станка и рассверлить восстанавливаемые отверстия (табл. 5.3). Снять фаски $1 \times 45^\circ$. В глухих отверстиях глубина сверления должна соответствовать глубине отверстия. Скорость резания при сверлении 30 м/мин.

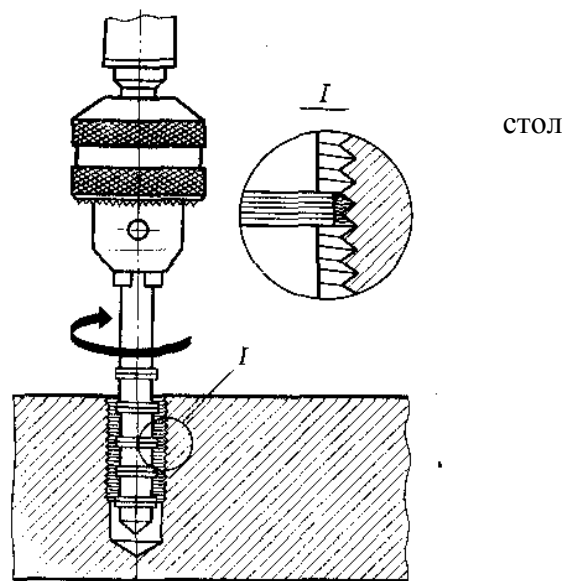


Рис. 5.14. Очистка резьбовых отверстий от грязи ершом

5. Продуть отверстия сжатым воздухом.

6. Нарезать резьбу в отверстиях (табл. 5.3) и продуть сжатым воздухом.

7. Установить блок цилиндров на монтажный стол или подставку резьбовыми отверстиями вверх.

8. Установить спиральную вставку (рис. 5.15) необходимого размера технологическим поводком вниз в монтажный инструмент, входящий в состав комплекта вставок. Ввести стержень инструмента в спиральную вставку так, чтобы ее технологический поводок вошел в паз на нижнем конце стержня и медленным вращением за Т-образную рукоятку стержня вернуть спиральную вставку в резьбовое отверстие так, чтобы последний виток вставки разместился в отверстии на один виток резьбы.

9. Снять стержень инструмента с технологического поводка вставки и удалить монтажный инструмент из резьбового отверстия блока цилиндров.

10. Установить бородок соответствующего размера заостренным концом на технологический поводок вставки и резким (но не сильным)

Таблица 5.3, Размеры отверстий, подготовленных к установке резьбовой вставки

Размер восста- навливаемого резьбового отверстия	Диаметр сверле- ния под вставку, мм	Размер нарезаемой резьбы под вставку	Размер восста- навливаемого резьбового от- верстия	Диаметр сверления под вставку, мм	Размер нарезаемой резьбы под вставку
M5X0.8	5,2 — 5,35	M6X0.8	M1 6X2,0	16,2—16,4	M 18X2,0
M6X1.0	6,96-7.12	M8x 1.0	M18X2.5	18,1 — 18,4	M20X2,5
M8X1.0	8,86 — 9,12	M10X1.0	M20X1.25	20,7 — 20,9	M22X1.25
M8X1.25	8,7 — 8,86	M 10X1,25	M20X1.5	20,45 — 20,62	M22X1.5
M10X1.0	10,96 — 11,12	M12X1,0	M20X2.5	20,1—20,4	M22X2.5
M10X1.25	10,7 — 10,86	M12X1.25	M22X1.5	22,45 — 22,62	M24X1.5
M10X1.5	10,45— 10,62	M12X1.5	M22X2.5	22,1 — 22,4	M24X2.5
M11X1.0	11,96— 12,12	M13X1.0	M24X1.5	25,45 — 25,62	M27X1.5
M12X1.0	12,96 — 13,12	M14X1,0	M24X2.0	24,9 — 25,13	M27X2.0
M12X1.5	12,45 — 12,62	M14X1,5	M24X3.0	24.14 — 24,46	M27X3.0
M12X1.75	12,18— 12,38	M14X1.75	M27X1.5	28,45 — 28,62	M30X1.5
M14X1.25	14,7 — 14,86	M16X1.25	M27X2.0	27,9 — 28,13	M30X2.0
M14X1.5	14,7 — 14,90	M16X1.5	M27X3,0	27,14 — 27,46	M30X3.0
M16X1.5	16,45 — 16,62	M18X1.5	M30X3.5	29,55 — 29,88	M33X3.5

ударом молотка по выпуклой части борodka отделить технологический доводок от вставки.

Аналогично восстанавливаются все остальные изношенные отверстия блока цилиндров.

Для контроля восстановленных резьбовых отверстий в деталях после установки спиральных вставок следует завернуть в деталь с установленной спиральной вставкой резьбовой калибр соответствующего размера и проверить качество восстановленного резьбового отверстия. Контроль восстановленных резьбовых отверстий с установленными спиральными вставками можно проводить новыми болтами соответствующих размеров, изготовленными по 2-му классу точности.

Одним из способов восстановления гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания является разновидность способа постановки дополнительных ремонтных деталей — пластинирования. Особенно эффективен этот способ в тех случаях, когда промышленность не выпускает к этим двигателям поршни ремонтных размеров.

Рассмотрим особенности технологии пластинирования гильз цилиндров двигателей КамАЗ. Гильзы цилиндров двигателей КамАЗ-740 — тонкостенные съемные. Их диаметр равен 120 мм, толщина стенок—13,5 мм, масса — 5 кг. При поступлении в капитальный ремонт предельное

значение радиального износа гильз составляет 0,15 — 0,18 мм {у ЯМЗ-238 — 0,18 — 0,20 мм, у ЗИЛ-130 — 0,20 — 0,25 мм).

Основные операции технологического процесса восстановления гильз цилиндров пластинированием следующие:

- подготовка гильз цилиндров под облицовку пластинами;
- изготовление пластин;
- облицовка внутренней поверхности гильз цилиндров пластинами;
- обработка гильз цилиндров после облицовки.

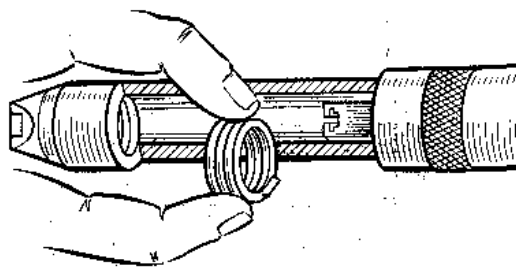


Рис. 5.15. Установка спиральной вставки в монтажный инструмент

Подготовка гильз цилиндров под облицовку пластинами заключается в их расточке под запрессовку свернутых пластин. Расточка гильз цилиндров проводится эльборовым резцом на алмазно-расточном станке модели 278Л в приспособлении конструкции А. Е. Алешкина (рис. 5.16).

Режимы резания при обработке гильз эльборовым резцами следующие: скорость резания V — 70 — 90 мм/мин; подача s — 0,03 мм/об; глубина резания t_p — 0,015 — 0,2 мм.

При подаче 0,04 мм/об обеспечивается шероховатость поверхности Ra 0,16 — 0,32 мкм.

Затраты времени на растачивание отверстий гильз цилиндров двигателя КамАЗ-740 следующие: основное технологическое время — 12,2 мин; вспомогательное время — 1,2 мин; организационно-техническое — 0,4 мин; время перерывов — 0,2 мин; штучное время — 15 мин.

Сущность изготовления пластин состоит в подборе стальной ленты для резки ее на мерные пластины, выборе толщины пластин, определении натяга при запрессовке и усилия запрессовки, определении длины пластин, раскрое стальной ленты на мерные куски, резке стальной ленты на мерные пластины и шлифовании кромок пластин.

Для изготовления пластин применяют холоднокатаную ленту из углеродистой стали марок У8А и УША. Геометрические размеры пластин в зависимости от технологического диаметра цилиндров после их расточки представлены в табл. 5.4. Нижнюю границу толщины пластин выбирают

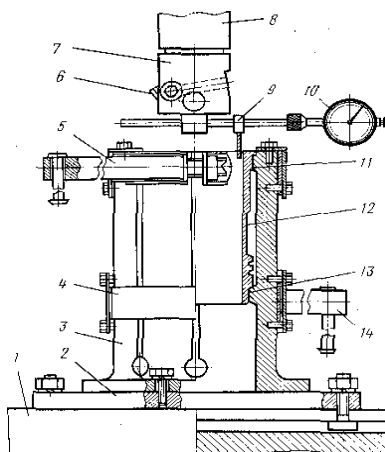


Рис. 5.16. Приспособление для центровки и закрепления гильзы цилиндров на столе расточного станка:

1 — стол станка; 2 — опорная плита приспособления; 3 — приспособление для центровки и закрепления гильзы цилиндров; 4 — нижний пояс зажима гильзы цилиндров; 5 — верхний пояс зажима гильзы цилиндров; 6 — резец; 7 — шпиндельная головка; 8 — шпиндель; 9 — ножка индикаторного приспособления совмещения оси гильзы цилиндров с осью шпинделя; 10 — индикатор приспособления; 11 — верхний посадочный пояс приспособления; 12 — гильза цилиндров; 13 — нижний посадочный пояс приспособления; 14 — стяжной винт пояса с рукояткой

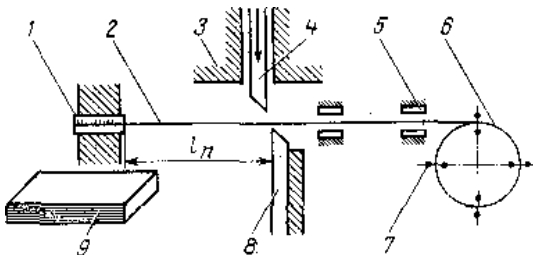


Рис. 5.17. Схема резки стальной ленты на мерные пластины:

1 — микрометр для установления точной длины мерной пластины; 2 — мерная пластина длиной l_n ; 3 — направляющие подвижного ножа; 4 — подвижной нож гильотинных ножниц; 5 — щетки для очистки стальной ленты от смазки; 6 — рулон стальной ленты, установленный на рамках барабана; 7 — ранки барабана; 8 — неподвижный нож гильотинных ножниц; 9 — пакет пластин

исходя из обеспечения максимальных свойств упругости: выход за верхнюю границу толщины затрудняет установку сменных пластин и увеличивает расход материала. Для восстановления гильз цилиндров двигателя КамАЗ рекомендуется толщина пластин 0,6 мм.

Резка стальной ленты на пластины (рис. 5.17) указанных в табл. 5.4 размеров проводится на приспособлении гильотинными ножницами (рис. 5.18). Эталонный размер между неподвижным ножом гильотинных ножниц и упором микрометрического винта устанавливается по набору калиброванных плит или специально изготовленной плитой — калибром.

Отрезанные пластины собирают в пакеты по 20 — 40 штук для шлифования торцов. Шлифование торцовых кромок осуществляется на заточном станке типа ЗБ642 шлифовальным кругом ПП 600X80X305 15А-40-50 П СТ 17К5 35 м/с, А. Зажим с пакетом пластин устанавливают на стол станка и фиксируют. Вначале обрабатывается "как чисто" под углом 90° к длинной стороне первый торец пластин в пакете, затем, после поворота на 180° , — второй, до получения требуемого размера. После шлифования у каждой пластины напильником снимают заусеницы на кромках и пластины подвергают контролю (рис. 5.19).

Таблица 5.4. Геометрические размеры пластин в миллиметрах для восстановления гильз цилиндров КамАЗ-740, мм

Толщина пластин	Технологический диаметр цилиндра	Длина пластин	Припуск на шлифование	Длина пластин для восстановления
0,5	120,93	379,3	$\pm 0,01$	378,75
0,55	121,09	379,3	$\pm 0,01$	379,01
0,57	121,11	379,3	$\pm 0,01$	379,05
0,6	121,17	379,3	$\pm 0,01$	375,0

Облицовка внутренней поверхности гильз цилиндров пластинами осуществляется свертыванием пластин в цилиндр в пресс-форме и перемещения ее из пресс-формы в гильзу цилиндров штоком гидравлического пресса (рис. 5.20). Для свертывания пластин и ввода их в пресс-форму используется захват, показанный на рис. 5.21. Ширина полуколец захвата должна быть в 2 раза меньше ширины пластины.

Предварительно свернутая пластина вводится в пресс-форму (рис. 5.22) с накладным 13 и кольцевым 12 замками, которая устанавливается в специальное приспособление, состоящее из плиты 1 с неподвижно закрепленным упором 2. С упором контактирует полукольцо 3 пресс-формы с направляющими 19 при установке ее в приспособление с предварительно свернутой пластиной 4.. Второе полукольцо входит в контакт с подвижным контактом 5, который закреплен на штоке 6 пневмоцилиндра 7. Шток пневмоцилиндра перемещает упор по направляющим, закрепленным болтом 8 и штифтом 9. Воздух в пневмоцилиндр подается от ресивера при помощи тройника 11.

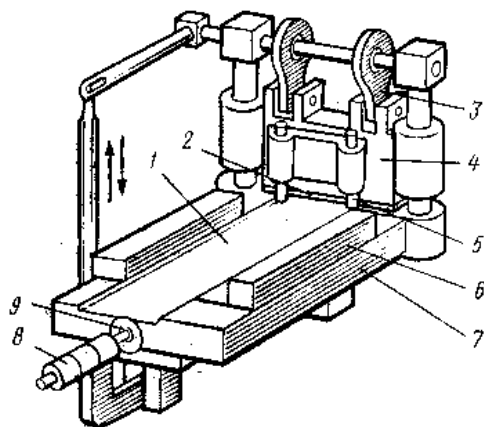


Рис. 5.18. Механизированные гильотинные ножницы для резки стальных пластин:
1 — стальная лента; 2 — неподвижный нож гильотины; 3 — эксцентриковый привод вертикального подвижного ножа; 4 — подвижной нож; 5 — прижимы стальной ленты при ее резке на пластины; 6 — направляющие стальной ленты; 7 — станина; 8 — микрометр; 9 — упор микрометра, устанавливающий размер стальной ленты

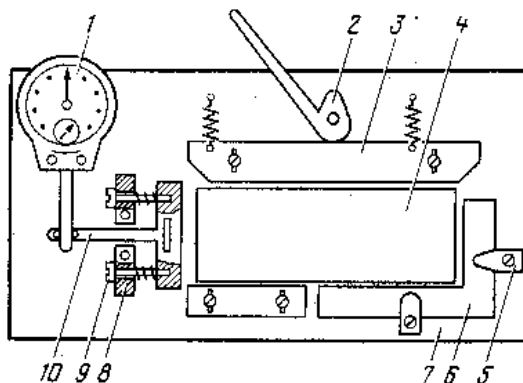


Рис. 5.19. Приспособление для контроля размеров пластины:
1 — индикатор; 2 — зажим прижимной планки; 3 — прижимная планка пластины; 4 — контролируемая пластина; 5 — зажимы угольника; 6 — угольник; 7 — плита; 8 — стойка двухплечего рычага; 9 — винт двухплечего рычага; 10 — рычаг индикатора

Рис. 5.20. Схема для перемещения свернутой пластины из пресс-формы в деталь:
1 — шток гидравлического пресса; 2 — ступенчатая оправка; 3 — свернутая в цилиндр пластина; 4 — пресс-форма; 5 — деталь; 6 — стол

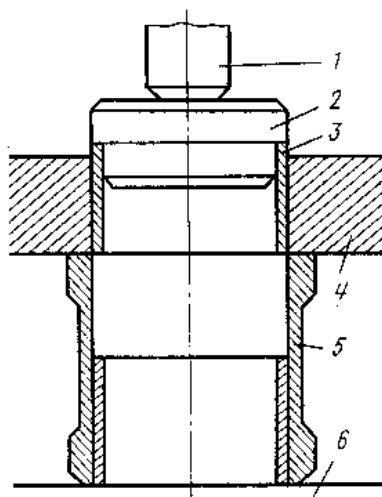
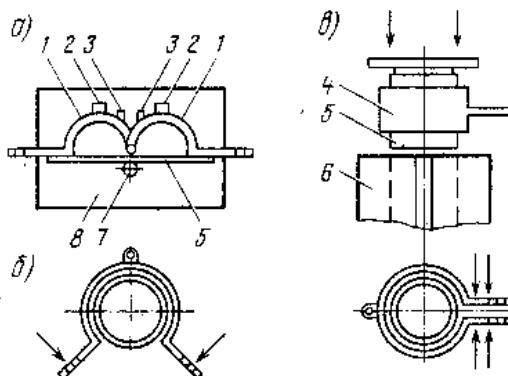


Рис. 5.21. Захват для предварительного свертывания пластин и ввода их в пресс-форму:
а — размещение захвата и пластины на плите в исходном положении; б — схема свертывания пластины; в — ввод предварительно свернутой пластины в пресс-форму;
1 — левое полукольцо захвата; 2 — упоры полуколец; 3 — упоры полуколец захвата; 4 — первое полукольцо захвата; 5 — пластина; 6 — пресс-форма для свертывания пластин в цилиндр; 7 — цилиндрический стержень-упор; 8 — плита



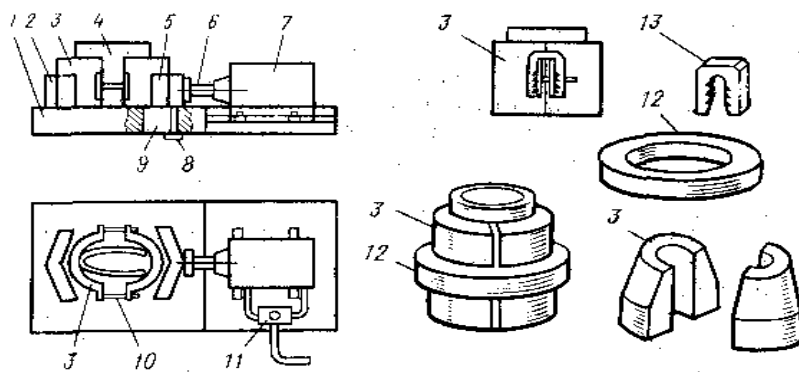


Рис. 5.22. Механизированная пресс-форма для свертывания пластин в цилиндр:
1 — плита приспособления; 2 — неподвижный упор полукольца пресс-формы; 3 — полукольцо пресс-формы; 4 — пластина, предварительно свернутая; 5 — подвижный упор полукольца пресс-формы; 6 — шток подвижного упора; 7 — линейный цилиндр; 8 — направляющий болт штифта; 9 — направляющий штифт подвижного полукольца; 10 — направляющие полуколец пресс-формы; 11 — тройник с рычагом; 12 — кольцевой замок пресс-формы; 13 — накладной замок пресс-формы

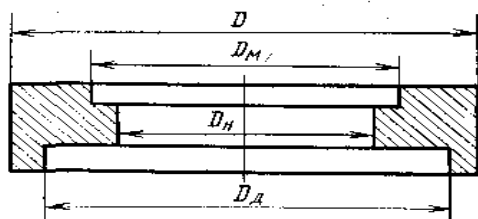


Рис. 5.23. Центрирующее кольцо:
 D — наружный диаметр кольца; D_m — диаметр верхнего внутреннего кольца для установки пресс-формы; D_n — диаметр наружного пояса свернутой пластины; D_d — диаметр нижнего внутреннего кольца для установки на наружный диаметр детали

После сжатия упорами полукольца запираются замками, и пресс-форма устанавливается при помощи центрирующего кольца (рис. 5.23), имеющего две выточки, на деталь. Перемещение пластины из пресс-формы в восстанавливаемое отверстие осуществляется гидравлическим прессом с усилием 15—18 кН посредством калиброванного пуансона, имеющего две ступени, диаметры которых определяются диаметрами внутренней части пояса пластин и диаметром отверстия детали с учетом обеспечения зазора в сопряжениях в пределах 0,02 — 0,03 мм.

После ввода первой (нижней) пластины вводится вторая (верхняя) заподлицо с торцом гильзы. При этом вертикальные стыки первой и второй

пластин должны располагаться углом 180°, место стыка не должно ощущаться пальцами, при постукивании твердым предметом по

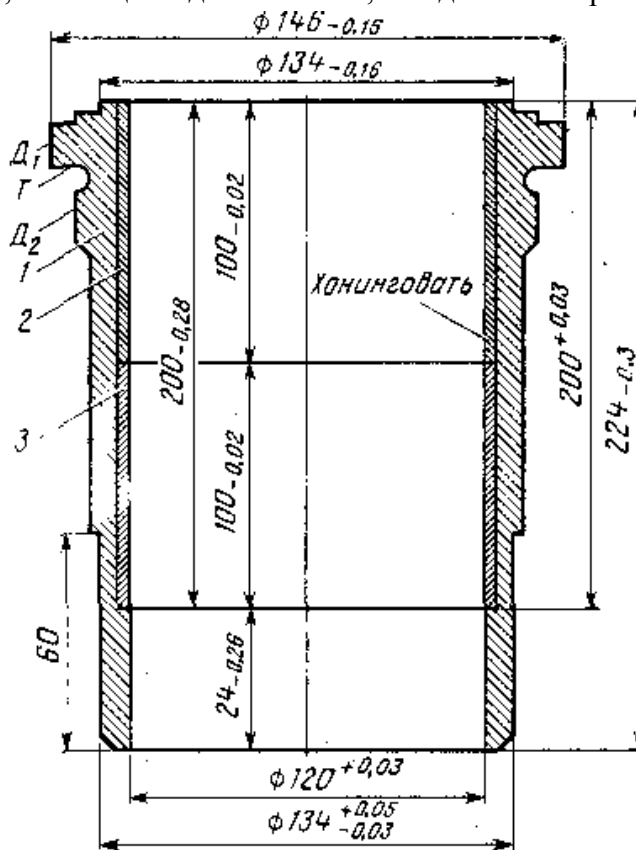


Рис. 5.24. Геометрические размеры гильзы цилиндров КамАЗ-740, восстановленной под номинальный размер:

D_1 , D_2 , T — посадочные поверхности гильзы цилиндров; 1 — гильза цилиндра; 2 и 3 — соответственно верхняя и нижняя облицовочные пластины

ПОД

пластинам в зоне стыков звук должен быть чистым, звонким, а не глухим. Удерживаются пластины на внутренней поверхности гильзы цилиндров в результате сил трения, возникающих вследствие их напряженного состояния.

Облицованные гильзы цилиндров хонингуют (см. раздел 4). После обработки овальность и конусность внутренней поверхности цилиндра не должна превышать 0,025 мм. Геометрические размеры гильзы цилиндров двигателей КамАЗ-740, восстановленной пластинированием, показаны на рис. 5.24.

Глава 6 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

6.1. СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

Восстановление деталей при помощи пластической деформации основано на пластичности и способности металлов и сплавов изменять под действием определенной нагрузки свою геометрическую форму без нарушения целостности.

Процесс деформирования металла при восстановлении деталей основан на тех же законах, на которых базируется обработка металлов давлением при изготовлении заготовок. Разница заключается лишь в том, что при восстановлении обрабатывается не заготовка, а готовая деталь с конкретными размерами и формой.

Пластической деформацией восстанавливают детали, изготовленные из материалов, обладающих пластичностью в холодном или нагретом состоянии. Детали, изготовленные из непластичных материалов, а также с малым запасом прочности данным способом не восстанавливаются.

Существуют две разновидности обработки деталей давлением: холодная и горячая. Пластическая (остаточная) деформация при холодной обработке происходит в результате внутрикристаллических сдвигов металла, требующих приложения больших внешних усилий. При этом в деформированных слоях металла происходит изменение физико-механических свойств: пластичность металла снижается, предел текучести, предел прочности и твердость повышается. Такие изменения механических свойств и структуры металла называют наклепом (нагартовкой).

Пластическая деформация осуществляется в результате скольжения и двойникования. Механизм движения в кристалле непрерывно образующихся новых дислокаций в процессе деформации называют источником Франка-Рида. Двойникование — переориентировка части кристалла относительно плоскости двойникования в симметричное положение по отношению к первой части кристалла.

Так как критическое напряжение сдвига при деформировании двойникованием выше, чем при скольжении, то двойники возникают только тогда, когда скольжение затруднено: в случае деформирования при низкой температуре или при высоких скоростях деформации. При скольжении одна часть кристалла смещается относительно другой под действием касательных напряжений по направлениям с наибольшей линейной плотностью атомов и по плоскостям с наибольшим межплоскостным расстоянием. Причем, способность металла к пластической деформации растет с увеличением числа возможных плоскостей и направлений скольжения.

Горячая обработка давлением, как указывалось выше, проводится при температурах выше температуры рекристаллизации. Для сталей она обычно соответствует температурам 1300 — 1500 К. Но нагрев деталей до этих температур приводит к возникновению окалины, обезуглероживанию поверхностного слоя, короблению деталей. Поэтому для снижения влияния температуры

стремятся, чтобы она была минимальной, но достаточной для деформации детали на требуемый размер. Нагрев деталей до указанных температур целесообразен только для значительных пластических деформаций. Для углеродистых сталей рекомендуется интервал температур от 600 до 1000 К. Нагрев до температуры 600 К не увеличивает, а снижает пластичность деталей, а нагрев выше температуры¹ 1000 К приводит к интенсивному образованию окалины.

Повышение скорости деформации в общем случае ведет к снижению пластичности и увеличению сопротивления деформированию. В условиях холодного деформирования влияние скорости деформирования незначительно, в то время как в условиях горячего деформирования оно весьма ощутимо.

Упрочнение металла в результате пластической деформации называется наклепом, который повышает характеристики прочности и снижает характеристики пластичности (рис. 6.1). В связи с тем что пластическая деформация приводит металл в структурно неустойчивое состояние, нагрев способствует протеканию самопроизвольно происходящих процессов, возвращающих металл в более устойчивое структурное состояние. Таким образом, процесс изменения структуры в результате нагрева металла после холодной пластической деформации называется рекристаллизацией. Минимальная температура рекристаллизации составляет примерно 0,4 от абсолютной температуры плавления.

Пластическая деформация при температурах выше температуры рекристаллизации происходит также с образованием сдвигов, но металл детали не получает упрочнения в результате протекания при этих температурах процесса рекристаллизации. Таким образом, холодной обработкой называется обработка давлением (пластическая деформация) при температуре ниже процесса рекристаллизации, которая вызывает упрочнение (наклеп). Горячей обработкой называется обработка давлением (пластическая деформация) при температуре выше температуры рекристаллизации, при которой металл имеет структуру без следов упрочнения.

Основными факторами, определяющими процесс восстановления выбракованных деталей давлением, является химический состав и структура металла, форма и размеры детали, размеры и характер ее износа. Учитывая перечисленные факторы, технолог определяет режимы и условия деформирования детали исходя из условий получения заданного комплекса эксплуатационных характеристик.

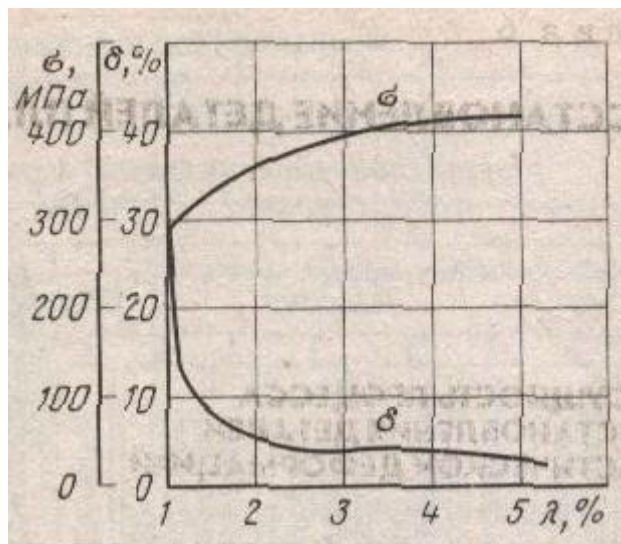


Рис. 6.1. Закономерности упрочнения металла в результате пластической деформации:

σ — предел прочности; δ — пластичность; λ — степень деформации

6.2. КЛАССИФИКАЦИЯ И ВИДЫ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

Способ восстановления деталей пластической деформацией используется в ремонтной практике в трех случаях:

- для получения требуемых размеров изношенных поверхностей деталей;
- для исправления геометрической формы деформированных деталей;
- для восстановления определенных механических характеристик материала деталей.

На рис. 6.2 приведена классификация способов восстановления деталей пластической деформацией, которые в той или другой мере используются на ремонтных предприятиях. В соответствии с приведенной классификацией рассмотрим принципиальные технологические особенности и область применения каждого вида обработки деталей пластической деформацией.

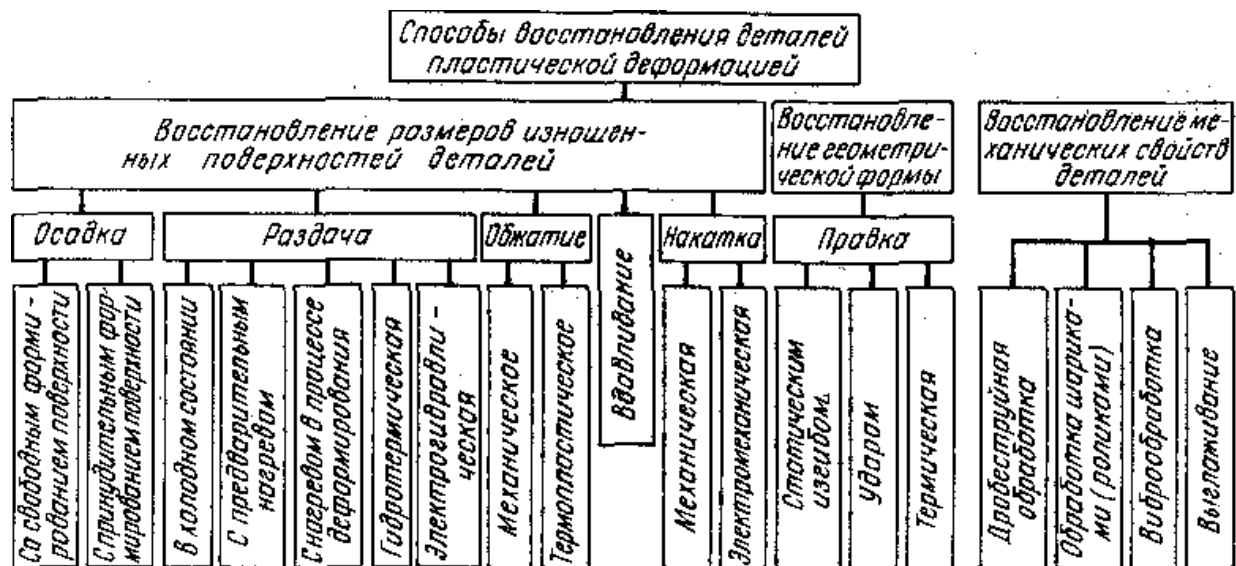


Рис. 6.2. Классификация способов восстановления деталей пластической деформацией

Восстановление размеров изношенных поверхностей деталей. Восстановление размеров изношенных поверхностей осуществляется перемещением части материала из нерабочих участков детали к ее изношенным поверхностям. В зависимости от направления внешней действующей силы и направления деформации различают следующие разновидности способа восстановления: осадку, раздачу, обжатие, вдавливание, накатку.

Осадку применяют для увеличения наружного диаметра сплошных и внутреннего диаметра полых деталей, а в отдельных случаях при восстановлении деталей типа втулок достигают изменения обоих диаметров одновременно. При осадке (табл. 6.1) направление действия внешней силы P перпендикулярно к направлению деформации δ . Давление, необходимое для осадки в ньютонах,

$$P = \sigma_T (1 + 0,166d / h) F,$$

где σ_T — предел текучести материала детали при температуре осадки, Па; d — диаметр детали до осадки, м; h — высота детали до осадки, м; F — площадь поперечного сечения детали до осадки, м².

В процессе осадки происходит укорочение деталей. Уменьшение длины втулки, вследствие осадки, ориентировочно допускается на 8 — 15 % от номинального размера. Приблизительно считают допустимым уменьшение высоты легко нагруженных втулок на 10— 15 %. Точные допустимые пределы уменьшения длины втулок определяют расчетом исходя из условий работы восстанавливаемой детали.

Наиболее часто осадкой восстанавливают втулки из цветных сплавов. Осадку осуществляют следующим образом. В осаживаемую втулку 3 (рис. 6.3) вставляют калиброванный палец 2, диаметр которого на 0,2 мм меньше диаметра окончательно обработанного отверстия втулки. Затем втулку 3 вместе с пальцем устанавливают в приспособление для осадки. Давлением P прессы до упоров 1 и 5 в кольцо 4 втулка осаживается, заполняя зазор между пальцем и

изношенной поверхностью. После этого ее подвергают механической обработке под требуемый размер. Восстановленные осадкой втулки получаются по длине на 2 — 3 мм меньше номинала, в результате чего давление на втулку в процессе эксплуатации увеличивается.

Данным способом можно восстанавливать втулки различных конструкций, имеющие на поверхности шпоночные канавки или прорези, бурты, днища, расположенные на одном из концов детали. Для сохранения первоначальных отверстий, прорезей, выступов в них устанавливают специальные вставки по форме и размерам этих элементов.

Таблица 6.1. Виды восстановления деталей давлением

Наименование вида восстановления	Схемы установок	Примеры восстанавливаемых деталей
Осадка		Втулки, пальцы, зубчатые колеса
Раздача		Пальцы поршней, пальцы кулисных механизмов
Обжатие		Вкладыши подшипников, втулки
Вдавливание		Зубчатые колеса, шлицевые валы
Правка		Гладкие и коленчатые валы, оси, рычаги
Накатка		Шейки и цапфы валов

Если деталь,

сопряженная со втулкой, имеет достаточную прочность, например верхняя головка шатуна, то перед осадкой восстанавливаемую втулку можно не выпрессовывать. В этом случае часть сопряженной со втулкой детали выполняет роль своеобразной матрицы (рис. 6.4). Восстанавливаемую втулку 2, расположенную в головке шатуна 3, снизу и сверху сжимают по длине специальными пуансонами / до тех пор, пока не уменьшится ее внутренний диаметр до требуемых размеров. Затем втулку растачивают или разворачивают под соответствующий размер.

Способом осадки можно восстанавливать и сплошные детали, например толкатели клапанов двигателя (при износе стержня), шлицевые участки полуосей.

Раздача заключается в увеличении наружных размеров полых деталей в результате увеличения их внутренних размеров. При раздаче направление прикладываемой внешней силы совпадает с направлением деформации (табл. 6.1).

Давление, необходимое для раздачи детали,

$$P = 1.15 \sigma_T \cdot \ln \left(\frac{D}{d} \right),$$

где D и d — соответственно наружный и внутренний диаметры детали,

Восстановление раздачей осуществляется при холодном и нагретом состоянии деталей. При холодной раздаче восстанавливаемые детали, имеющие химико-термическую обработку, предварительно подвергают Отжигу либо высокотемпературному отпуску. Раздачу выполняют специальными стальными или твердосплавными прошивками, дорнами, шариками. После раздачи

восстанавливают первоначальную химико-термическую обработку и проводят механическую обработку деталей.

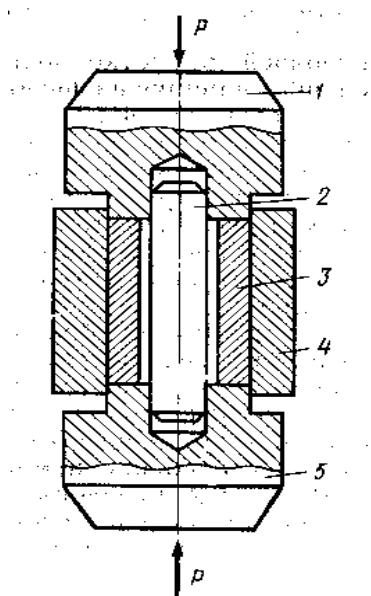


Рис. 6.3. Восстановление втулок осадкой

без выпрессовки

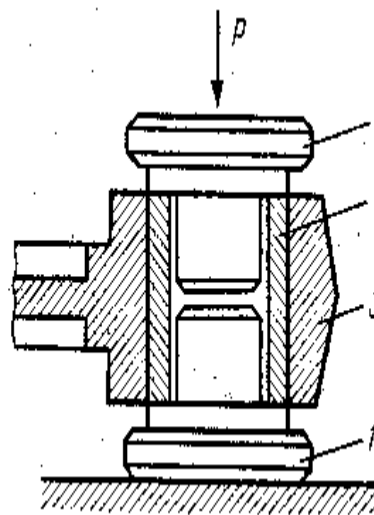


Рис. 6.4. Восстановление втулок осадкой

На ремонтных предприятиях страны и за рубежом холодной раздачей восстанавливают поршневые пальцы ДВС, шипы крестовин карданных шарниров, трубы рулевой колонки.

Технология восстановления поршневых пальцев раздачей в холодном состоянии состоит из следующих операций: сортировки на две группы по внутреннему диаметру пальцев (в каждую группу входят пальцы, отличающиеся по размерам не более чем на 0,3 мм); высокотемпературного отпуска; раздачи под прессом сферическими прошивками либо шариками {разница диаметров деформирующего инструмента и внутренних отверстий пальцев в пределах 0,45 — 0,8 мм}; закалки пальцев в соляной ванне или токами высокой частоты до твердости ИКС 58 — 0,8 мм; контроля на наличие трещин и размеров; механической обработки пальцев (бесцентровое шлифование с последующим суперфинишем и полированием).

Аналогичная схема технологического процесса разработана и для восстановления крестовин карданных шарниров холодной раздачей.

Крестовины после мойки и дефектации подвергают отжигу в шахтной цементационной печи СШЦМ-6.12/9-М. После отжига осуществляют механическую обработку масляных каналов шипов зенкерами и фрезами на переоборудованной полуавтоматической установке модели УВК.-1. Механической обработкой отверстий решаются две задачи: получение калиброванных масляных каналов одного диаметра, что позволяет использовать деформирующий инструмент неизменного диаметра для одного типоразмера крестовин и, кроме того, достичь концентричности наружной и внутренней цилиндрических поверхностей шипов крестовин, что в дальнейшем обеспечит равномерность раздачи подлине.

Непосредственно раздача осуществляется твердосплавным дорном при обильной подаче смазочно-охлаждающей жидкости в зону деформации. Усилие для деформирования материала шипа не превышает 110 кН, а время цикла раздачи лежит в пределах 45 с. Увеличение наружного диаметра шипов крестовин после раздачи — 0,30 — 0,35 мм, при этом линейные размеры детали не изменяются. Установка для раздачи работает в автоматическом режиме и обеспечивает восстановление крестовин карданных шарниров с диаметром шипов 15 — 45 мм и длиной 57 — 165 мм.

После раздачи крестовины проходят цикл химико-термической обработки — цементацию, закалку и низкотемпературный отпуск. Механическая обработка розданных крестовин заключается в черновом и чистовом шлифовании шипов по наружному диаметру и по торцам.

Холодной раздачей можно восстанавливать крестовины с износом по наружному диаметру, не превышающим 0,3 мм. Кроме того, не обеспечивается восстановление износа шипов крестовин по торцам. Данные недостатки процесса холодной раздачи не позволяют, рекомендовать его для централизованного восстановления таких деталей, как крестовины карданов.

При горячей обработке давлением определенное влияние на физико-механические свойства оказывает температура нагрева, которая зависит от химического состава сплава. При восстановлении горячей обработкой давлением (раздачей) такие параметры, как скорость и температура нагрева, влияют на качество поверхности деталей.

Температура начала обработки не должна вызывать пережога или перегрева металла. Необходимо принимать меры по предотвращению обезуглероживания поверхностного слоя деталей, особенно цементированных. В табл. 6.2 приведены данные по температуре нагрева в процессе раздачи деталей в горячем состоянии.

В зависимости от размера и места износа, а также формы раздаваемой детали проводят общий или местный нагрев. В последнем случае нагревают только восстанавливаемую часть детали. Для общего нагрева используют печи, а для местного — токи высокой частоты. Распространен эффективный локальный нагрев относительно небольших объемов металла в результате действия (рис. 6.5) сил трения. При этом механическая энергия, подводимая к инструменту дорну, преобразуется в тепловую непосредственно в месте его контакта с деталью.

Таблица 6.2. Температурный интервал при горячей обработке давлением деталей из сплавов

Химический состав сплава	Температура начала обработки, °С	Температура конца обработки, °С
Углеродистый:		
С до 0,35%	1200 — 1150	800—850
С 0,3 — 0,5 %	1150 — 1100	800—850
С 0,5 — 0,9 %	1100— 1050	800—850
Низколегированный	1100	825—850

Среднелегированный	1100—1150	850—875
Высоколегированный	1150	875-900
Сплав на основе меди:		
Бронза	850	700
Латунь	750	600

В призму 7 устанавливают изношенную крестовину 5, которую фиксируют в направляющих пазах призмы при помощи штока 2 пневмоцилиндра 1 таким образом, чтобы ось отверстия восстанавливаемого шипа 4 совпала с осью вращения дорна 5 (инструмента). В качестве дорна используют цилиндрический твердосплавный стержень с конической заходной частью. Дорн жестко закреплен в патроне 6, который имеет привод вращательного и осевого перемещения. Диаметр твердосплавного дорна берется на 1 — 3 мм (в зависимости от требуемой величины раздачи) больше диаметра отверстий в шипах крестовины, служащих для подачи смазки к игольчатым подшипникам.

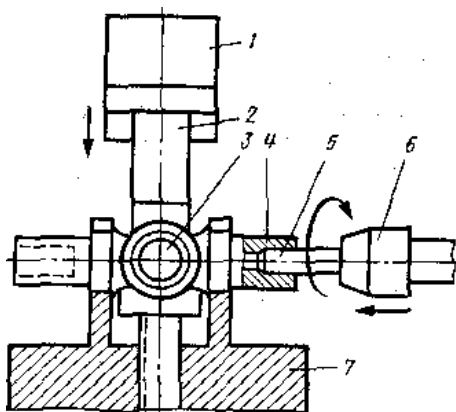


Рис. 6.5. Схема процессе раздачи крестовин с нагревом в результате действия сил трения

Раздача шипов крестовины осуществляется следующим образом. Патрон с инструментом (дорном) приводят во вращательное движение и включают осевую подачу. В результате дорн 5 конической частью соприкасается с поверхностью отверстия шипа 4. В месте контакта дорна с восстанавливаемой деталью возникают силы (момент) трения и генерируется тепловая энергия, которая отводится в тело шипа и инструмент. Таким образом, в месте контакта дорна и дета-

ли действует внутренний источник Тепловой энергии, обеспечивающий быстрый локальный нагрев металла до заданной температуры. В результате осевой подачи дорн по мере нагрева тела шипа до температуры 950 — 1000 °С внедряется в смазочное отверстие 1 крестовины и раздает ее в диаметральной направлении.

Благодаря тому что нагрев восстанавливаемого шипа до пластического состояния проводится только в зоне деформации в отличие от предварительного объемного его нагрева, например, в печи или токами высокой частоты, одновременно с раздачей (увеличением диаметральных размеров) удлиняются линейные размеры шипа на 0,3 — 0,5 мм. Это позволяет исключить трудоемкие

операции по наплавке торцевых поверхностей шипов для их удлинения и механической обработки после наплавки.

В процессе раздачи дорн, как и деталь, нагревается до температуры 950 — 1000 ° С. Жаропрочные стали при данной температуре резко снижают свои механические свойства и под действием прикладываемой нагрузки деформируются. Поэтому в качестве материала для дорна используют твердые сплавы. Наибольшей стойкостью обладает инструмент из однокарбидного сплава ВК-6, состоящий из 94 % карбида вольфрама и 6 % кобальта.

По форме дорн представляет собой цилиндрический круглый стержень с конической заходной частью. Диаметр цилиндрической части дорна определяет диаметр шипа крестовин после раздачи.

Диаметр рабочей части инструмента (дорна) для раздачи с нагревом детали в результате сил трения, мм,

$$d_n = \sqrt{(D_{расч}^2 - D_0^2)k + d_0^2},$$

где $D_{расч}$ — требуемый расчетный диаметр шипа крестовины после раздачи, мм; D_0 — наружный диаметр изношенного шипа крестовины перед раздачей, мм; k — безразмерный коэффициент, учитывающий пластическое течение металла крестовины по смазочному каналу в процессе раздачи; d_0 — диаметр (исходный) смазочного отверстия шипа крестовины до раздачи, мм.

Расчетный диаметр шипов крестовины, который необходимо получить после раздачи,

$$D_{расч} = D_{ном} + 2z_{мин}.$$

где $D_{ном}$ — номинальный диаметр шипов крестовины, мм; $Z_{мин}$ — минимальный припуск на последующую после раздачи механическую обработку, мм.

Коэффициент k для крестовин, изготовленных из стали 20Х с последующей цементацией, находится в пределах 1,15 — 1,25.

В период раздачи шипы нагреваются до температуры 950 — 1000 ° С. В результате происходит отпуск, и твердость рабочих поверхностей крестовин снижается до ИКС 35 — 42. Поэтому после раздачи выполняется термическая обработка крестовин, заключающаяся в закалке на масло с температур 840 — 860 °С и последующем отпуске (нагрев при температуре 180—200°С течение 90—120 мин).

Механическая обработка розданных и термически обработанных крестовин включает черновое и чистовое шлифование торцов на плоскошлифовальном станке 3Д722 в многоместном приспособлении, черновое шлифование на бесцентрово-шлифовальном полуавтомате 3М185 и чистовое шлифование на бесцентрово-шлифовальном полуавтомате 3Е184 шипов по наружному диаметру.

Окончательно обработанные крестовины после мойки и контроля консервируют в ванне типа 25М-ОН-1-66, упаковывают и направляют в комплектовочную кладовую или на склад готовой продукции.

Основные достоинства восстановления раздачей с нагревом в результате сил трения при относительном движении детали и инструмента: высокая производительность процесса. В зависимости от диаметра восстанавливаемых деталей время раздачи от 12 с до 1 мин;

малое потребление энергии и мощности. Локальное выделение теплоты в месте контакта дорна и изделия предопределяет высокие энергетические характеристики процесса. Расход энергии и мощности в несколько

раз меньше, чем при нагреве деталей в печах сопротивления или токами высокой частоты;

высокий коэффициент мощности $\cos \varphi = 0,8 \div 0,85$ и равномерное распределение энергии между фазами питающей трехфазной электрической сети. Это связано с тем, что энергетическим узлом в установках для раздачи является асинхронный двигатель;

в отличие от других методов раздачи не происходит укорочения восстанавливаемых изделий по длине, а напротив, обеспечивается удлинение линейных размеров до 0,5 мм;

простота механизации и автоматизации процесса. Основные параметры процесса—частота вращения и осевое давление дорна легко программируются. Существующие установки работают в полуавтоматическом (модель УВК-1) или автоматическом (модель АВК-4) режимах;

высокая экономическая эффективность процесса. Перечисленные энергетические и технологические достоинства раздачи с нагревом в результате сил трения определяют ее высокую экономическую эффективность.

В ремонтном производстве помимо рассмотренных разновидностей механической раздачи широко используют способы восстановления пустотелых деталей гидротермической и электрогидравлической раздачей.

Гидротермическая раздача (ГТР) относится к числу высокоэффективных и недорогих способов восстановления трубчатых деталей, типа поршневых пальцев. Способ заключается в том, что изношенный поршневой палец нагревают в индукторе токами высокой частоты до температуры 1063—1103 К. После достижения требуемой температуры нагрев прекращают и быстро охлаждают палец, пропуская поток воды через внутреннюю полость детали. В результате происходит увеличение наружного диаметра с одновременной закалкой. Приращение наружного диаметра пальца лежит в пределах 0,1—0,3 мм.

Физическую сущность механизма гидротермической раздачи можно объяснить следующим образом. При нагреве стального пальца до требуемой температуры происходит увеличение наружного и внутреннего диаметров детали. Под воздействием охлаждающей жидкости внутренний кольцевой слой образца стремится уменьшиться в объеме. Однако нагретый наружный слой стали охлаждается значительно медленнее и этим препятствует сокращению

внутренних охлажденных слоев до исходных размеров. Внутренние слои металла, будучи связанными с наружными слоями, не имеют возможности уменьшиться в объеме. При остывании внутренние кольцевые слои стали теряют свою пластичность и образуют своеобразную жесткую "оправку", предотвращающую усадку наружного кольца. В результате чего происходит увеличение наружного диаметра трубчатой детали.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями установлено, что степень раздачи, пальцев при прочих равных условиях зависит от коэффициента относительной толщины стенки детали;

$$\beta = (D_n - D_v) / D_n,$$

где D_n и D_v — соответственно наружный и внутренний диаметр поршневого пальца, мм. Выведена формула, позволяющая расчетом определять деформации δ наружного диаметра восстанавливаемой детали, в процентах;

$$\delta = 0,1(1 - \beta)^2 a \Delta T \gamma,$$

где a — коэффициент теплового расширения материала детали, $\text{м} / (\text{м} \cdot \text{град})$; ΔT — разность температур между наружной и охлажденной внутренней поверхностями детали, $^{\circ}\text{C}$; γ — коэффициент остаточной деформации.

Анализ конструктивных соотношений элементов и технических характеристик поршневых пальцев показывает, что коэффициент β изменяется в пределах 0,3 — 0,5.

Коэффициент γ изменяется от 0 до 1 при достижении теоретического значения приращения и может быть больше 1 в зависимости от параметров охлаждения и приращений, появляющихся из-за структурных изменений. При, охлаждении турбулентным потоком воды поршневых пальцев изнутри среднее значение коэффициента $\gamma \gg 1$.

В табл. 6.3 приведены теоретические и экспериментальные значения относительной деформации δ при различных значениях коэффициентов относительной толщины стенок β пальцев. Рассмотренный способ позволяет производить 4—6-кратное восстановление пальцев.

После раздачи поршневые пальцы проходят черновое шлифование на бесцентрово-шлифовальных станках. Затем на плоскошлифовальном станке шлифуют торцы. На обдирочно-шлифовальном станке в центрирующей оснастке снимают наружную фаску, а на приспособлении — внутреннюю.

Полирование наружной фаски выполняют на приспособлении, состоящем из стола, электродвигателя с закрепленным на его валу алмазным кругом, направляющей втулки и кожуха. Внутреннюю фаску снимают на аналогичном приспособлении, отличающимся тем, что на валу электродвигателя закреплен твердосплавный зенкер. Затем пальцы проходят чистовое шлифование на бесцентрово-шлифовальных станках, полирование на доводочном станке и контроль. Брак по черновикам при шлифовке розданных пальцев составляет 10 — 30%.

Для снижения затрат на обработку торцов пальцев, которые составляют 33 % общих затрат на механическую обработку, предложены методы жесткой фиксации пальцев в осевом направлении, позволяющие сохранить длину детали в процессе гидротермической раздачи.

Технологический процесс восстановления дизельных поршневых пальцев широко внедрен на ремонтных предприятиях страны, например, на заводе по ремонту двигателей КамАЗ. На Ярославском производственном объединении "Автодизель" гидротермической раздачей проводится устранение брака на шлифовальной операции При изготовлении новых пальцев. В используемую здесь технологию для обеспечения полного распада остаточного аустенита введена операция обработки холодом в течение 2 ч при температуре 223 — 203 К. Для этой цели используется холодильный агрегат АХФ9С-250. После обработки холодом пальцы подвергают отпуску и отправляют на механическую обработку.

Однако рассмотренный способ имеет серьезный недостаток, который заключается в малой степени приращения диаметра поршневых пальцев карбюраторных двигателей, что объясняется недостаточной толщиной их стенок (4 — 5 мм по сравнению с 3— 10 мм у дизельных двигателей).

Поршневые пальцы карбюраторных двигателей, у которых значения коэффициентов относительной толщины стенок β (см. табл. 6.3) велики, восстанавливают электрогидравлической раздачей (рис. 6.6).

Сущность процесса такой раздачи заключается в следующем. Подлежащий раздаче поршневой палец устанавливают в неметаллический технологический патрон разового действия, который служит для направления электрического разряда по оси детали и исключает пробой на его боковую поверхность.

Таблиц а 6.3. Теоретические и экспериментальные значения относительной деформации

β	$\delta_{\text{теор}}$	$\delta_{\text{эксп}}$	β	$\delta_{\text{теор}}$	$\delta_{\text{эксп}}$
0.1	0,740	0,52	0.6	0.144	0,21
0,2	0,590	0,50	0,7	0,084	0.20
0,3	0,445	0,39	0.8	0,036	0,15
0,4	0,335	0,30	0,9	0,010	0.08
0.5	0,230	0.28			

Для увеличения эффективности процесса в полость ножки патрона устанавливают специальный проводник, а палец, с патроном устанавливают на поворотный стол технологического узла и подводят к подвижному электроду. Одновременно в полость пальца подают рабочую жидкость. После замыкания цепи высоковольтный импульс от конденсаторной батареи проходит через формирующий воздушный промежуток (шаровый разрядник) на положительный электрод, проводник и отрицательный электрод. В результате электрогидравлического взрыва возникает ударная волна, которая раздает поршневой палец.

Вторым Донецким производственным объединением "Авторемонт" реализован описанный способ раздачи для восстановления поршневых пальцев двигателя ЗИЛ-130. Для проведения процесса раздачи поршневых пальцев установлены следующие оптимальные технологические

режимы восстановления; напряжение разрядного контура — 37 кВ; емкость батареи конденсаторов — 6 мкФ; материал взрывного патрона — полиэтилен марки ПЭВ-500; материал металлического проводника — алюминиевая проволока диаметром 0,7 мм; рабочая жидкость — техническая вода. При указанных режимах раздачи удастся достичь остаточной деформации по наружному диаметру равной 0,12 мм для пальцев из стали 15Х и 0,2 мм для пальцев из стали 45.

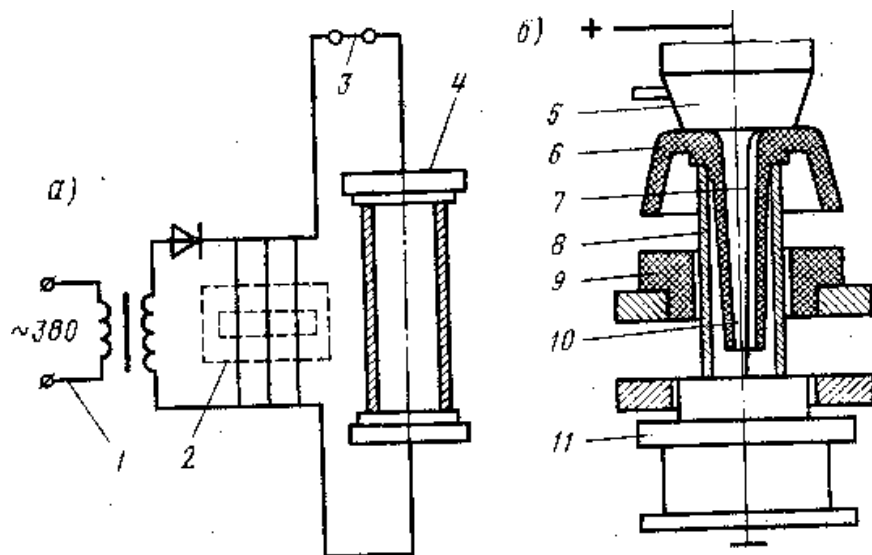


Рис. 6.6. Восстановление поршневых пальцев электрогидравлической раздачей:

а — схема установки; б — схема технологического узла;

1 — выпрямительное устройство; 2 — конденсаторная батарея; 3 — формирующий шаровой разрядник; 4 —

технологический узел; 5 — подвижной положительный электрод; 6 — матрон; 7 — взрывающаяся проволока; 8 —

поршневой палец; 9 — матрица; 10 — полость заполнения жидкости; 11 — отрицательный электрод

Обжатие применяют для восстановления внутренних размеров полых деталей в результате уменьшения наружных размеров. При обжатии (табл. 6.1) направление прикладываемой внешней силы совпадает с направлением действующей деформации. Используют данный способ для восстановления полых, как правило, цилиндрических деталей, изношенных по внутреннему рабочему отверстию (например, втулки, гладкие и шлицевые отверстия в сошках рулевого управления, внутреннюю поверхность цилиндров амортизаторов, гильзы цилиндров ДВС и пр.). Расчет необходимого усилия при обжатии определяют аналогично расчету раздачи.

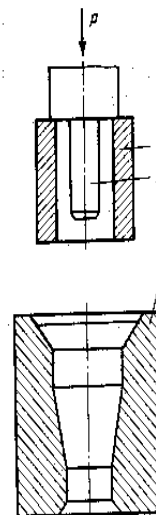


Рис. 6.7. Восстановление втулок обжатием:
1 — втулка; 2 — пуансон; 3 — матрица

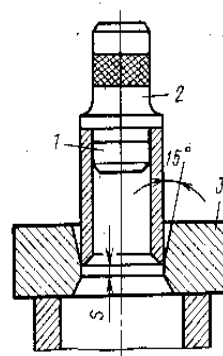


Рис. 6.8. Обжатие втулок с небольшим износом

Для восстановления деталей используют механический и термопластический виды обжатия.

При механическом обжатии деталей типа втулок предварительно изготавливают штампы (рис. 6.7). Матрица штампа состоит из трех частей: приемной части, обжимающей и калибрующих частей. Внутреннюю поверхность матрицы для уменьшения сил трения обрабатывают до высокой степени чистоты. Чем меньше будет шероховатость на рабочей поверхности матрицы, тем меньше требуется усилие при обжатии.

Диаметры и длину участков матрицы, а также уклоны при переходе от одного диаметра к другому задают конструктивно, исходя из размеров, износов и материала восстанавливаемой детали.

При восстановлении втулки 1 по внутреннему диаметру обжимающей и калибрующей участки матрицы 3 могут быть соединены так, как показано на рис. 6.8. Внутренний диаметр втулки после ее обжатия пуансоном 2 обрабатывают, а наружный диаметр наращивают на требуемый размер одним из способов, например гальваническим путем.

Аналогичным способом восстанавливают рабочие цилиндры телескопических амортизаторов легковых и грузовых автомобилей. Технология восстановления заключается в обжатии по наружной поверхности цилиндров и последующим протягиванием отверстия до номинального диаметра калибрующими роликами. Процесс обжатия цилиндров осуществляют на 10 — 20-тонном протяжном станке.

Не менее эффективно использование обжатия для восстановления такой ответственной детали, как сошка рулевого управления (рис. 6.9). Перед восстановлением участок сошки с изношенным коническим отверстием нагревают (лучше в соляной ванне) до температуры 1000 — 1050 °С и устанавливают в матрицу штампа. Проушину сошки 2 сверху закрывают подвижной верхней обжимкой 1, к которой прикладывают деформирующую силу. Обжатие осуществляют до тех пор, пока размеры конусного отверстия не достигнут номинального плюс припуск на механическую обработку. После пластического деформирования восстанавливают повторной термической обработкой структуру и физико-механические свойства материала.

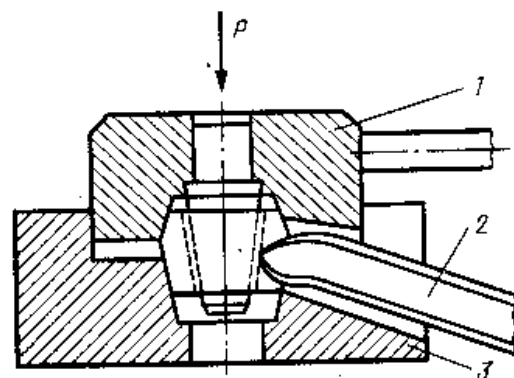
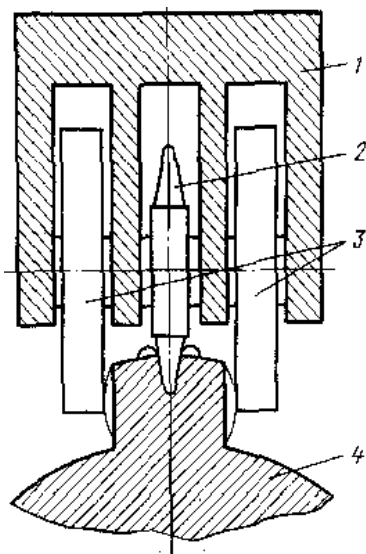


Рис. 6.9. Восстановление конусного отверстия рулевой сошки автомобиля обжатием

В Украинской сельскохозяйственной академии разработан способ восстановления гильз цилиндров методом термопластического обжатия. Изношенную гильзу помещают в специальную водоохлаждаемую матрицу и посредством индуктора токов высокой частоты нагревают изделие до температуры 840 — 880 °С. В результате нагрева гильза расширяется. Однако ее

свободное расширение по наружному диаметру ограничено стенками матрицы. При достижении определенного значения радиальных напряжений происходит пластическая деформация, которая увеличивается при росте температуры. При свободном охлаждении гильзы уменьшаются в осевом и радиальном направлениях. Уменьшение диаметра гильзы после термопластического обжатия зависит, в первую очередь, от толщины стенки и материала детали, интенсивности и равномерности нагрева и прочих факторов. Регулируя параметры теплового воздействия, управляют обжатием. При восстановлении автомобильных гильз цилиндров максимальная деформация за один технологический цикл составляет 0,75—1,0 мм.

Анализ ремонтного фонда показал, что с учетом припуска на последующую механическую



обработку данный способ позволяет восстановить до 90 % выбракованных гильз цилиндров двигателей ЯМЗ-236 и ЯМЗ-238.

Схематически технологический процесс восстановления гильз цилиндров состоит из следующих основных операций: токарной обработки наружной поверхности, термопластического обжатия, наращивания наружных посадочных поясков гильзы (как правило, используют метод электроконтактной приварки ленты), шлифования посадочных поясков, хонингования зеркала гильзы, контроля, консервации и упаковки.

Вдавливание используют для увеличения наружного диаметра плоских деталей типа дисков (табл. 6.1). При вдавливании происходят одновременно два процесса—осадка и раздача. Вдавливанием восстанавливают тарелки клапанов, зубчатые колеса, шлицевые валы и пр.

Рис. 8,10. Восстановление шлицев вдавливанием:

1 — корпус; 2 — деформирующий инструмент; 3 — калибрующие ролики; 4 — деталь

Сущность восстановления шлицев (рис. 6.10) заключается в том, что материал детали при помощи инструмента клинообразной формы выдавливается из средней части шлица в сторону изношенных боковых поверхностей, что обеспечивает увеличение его ширины до 1 мм на каждую сторону. Инструмент устанавливают по середине шлица и перемещают его вдоль последнего. Шлицевые поверхности подвергают, как правило, вдавливанию в холодном состоянии и в зависимости от твердости сплава они в дальнейшем могут подвергаться термической обработке.

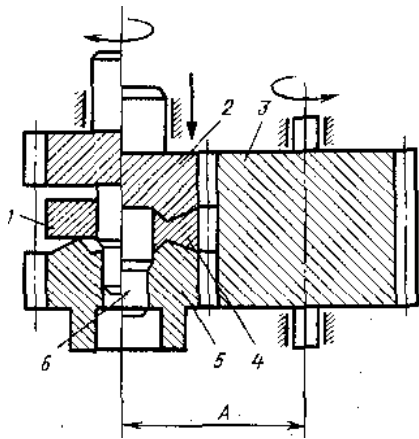


Рис. 6.11. Восстановление шестерни ротационным вдавливанием;

1 и 4 — детали; 2 — пуансон; 3 — накатник; 5 — синхронизатор; 6 — центратор

Ориентировочное усилие для деформирования восстанавливаемой детали

$$P = F \sigma_r C = \pi/4 (D^2 - d^2) \sigma_r C,$$

где F — площадь опорного кольца пуансона; C — коэффициент, зависящий от угла 2γ (см. табл. 6.1).

Значение коэффициента C в зависимости от угла 2γ находят по следующим данным:

2γ	30	45	60	90	120
C	1,84	2,3	2,6	3,32	4.0

Институтом проблем надежности и долговечности машин (Беларусь) разработан ротационный способ восстановления зубчатых колес, который является разновидностью процесса вдавливания. Способ основан на обкатывании деформируемого вдавливанием зубчатого колеса профилирующим инструментом, так называемым накатником 3 (рис. 6.11). Восстанавливаемая деталь и накатник вращаются с синхронизированной скоростью при строго постоянном межцентровом расстоянии L .

Восстановление осуществляется следующим образом. Изношенное зубчатое колесо устанавливают на оправку зубонакатного стана и нагревают токами высокой частоты в кольцевом индукторе. После чего двусторонние инденторы вдавливаются в торцевую поверхность зубчатого венца и вытесняют металл в сторону износа. При этом зубчатое колесо и накатник находятся в зацеплении и вращаются. Вытесненный в зону действия накатника металл деформируется, и зубья принимают первоначальную форму и размеры (с учетом припуска на последующую механическую обработку). После реверсирования накатника проводят калибровку и закругление зубьев. После шевингования осуществляют химико-термическую обработку зубчатых колес (нитроцементацию, закалку, отпуск).

Данным способом восстанавливают ведущие валы, блоки шестерен, подвижные шестерни коробок передач автомобилей.

В Германии фирма "Waller Krupp" разработала технологию и комплект инструментов для восстановления направляющих втулок клапанов двигателей способом выдавливания.

Принцип восстановления деталей основан на применении специального твердосплавного ролика, при помощи которого в направляющей втулке прокатывают спиральный паз. Под действием ролика материал внутренней поверхности втулки выдавливается, в результате чего внутренний диаметр уменьшается. Последующей обработкой специальной разверткой получают номинальный размер внутреннего диаметра.

В стандартный комплект инструмента входят ролики различных размеров, что позволяет восстанавливать любые изношенные направляющие втулки. Спиральный паз, образующийся при восстановлении, обеспечивает хорошую смазку стержня клапана даже в критическом режиме работы. Поэтому зазор между направляющей и стержнем клапана можно уменьшить, что улучшает работу клапана и повышает срок службы направляющей.

Накатка позволяет увеличивать наружный и уменьшать внутренний диаметр деталей в результате вытеснения металла из восстанавливаемой поверхности (см. табл. 6.1).

Характерным для данного способа является образование рифленой поверхности (чередование канавок и выступов металла). Это приводит к снижению опорной поверхности детали. Для минимизации потерь опорной поверхности необходимо выполнять при накатывании следующие требования.

Высоту подъема выступов металла зубом накатника принимают в зависимости от шага и угла заострения зуба накатки:

$$L = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 \leq \beta t \operatorname{tg} \alpha / 2$$

где S_1 — износ детали на сторону; S_2 — овальность детали до восстановления; S_3 — биение детали до восстановления; S_4 — припуск на обработку; β — поправочный коэффициент; t — шаг накатки; α — угол заострения шага накатки. Шаг накатки должен быть кратным обкатываемому диаметру:

$$nt = \pi d_0$$

где n — число зубцов накатника; d_0 — диаметр обкатки,

Диаметр обкатки (d_0) определяют как разницу между диаметром изношенной детали и удвоенной глубиной внедрения зуба накатки.

Потеря опорной поверхности должна быть не более 0,5 всей восстанавливаемой поверхности детали:

$$\eta \leq 0.5 \leq 2 \sqrt{L t \operatorname{tg} \alpha / 2 - L t \operatorname{tg} \alpha / 2}$$

где η — коэффициент потери опорной поверхности.

Процесс накатывания изношенных поверхностей выполняют в холодном и горячем состоянии. Холодное накатывание применяют только для деталей с твердостью не более ИКС 25

— 30. Если твердость выше, то деталь подвергают высокотемпературному отпуску или отжигу. Накатывание деталей осуществляют механическим или электромеханическим способами.

Механическое накатывание выполняют специальными зубчатыми роликами (рис. 6. 12) или дисками, установленными на оправке. Используют ролики с шагом, зубьев 1,5 — 1,8 мм. Для накатывания изношенную деталь устанавливают на токарном станке, сообщают ей вращение и подводят к ней накаткой инструмент, закрепленный в суппорте станка. При накатывании деталей с твердостью HB 270 ... 300 используют следующие режимы: скорость вращения детали — 15м/мин, продольную подачу — 0,6 мм/об, поперечную подачу — 0,1 мм/об. Обработку осуществляют при обильной подаче машинного масла. Высота подъема выступов металла не должна превышать половины зуба накатки: При наличии на детали ^{галтели} накатку осуществляют на расстоянии не менее 5 мм от начала галтели.

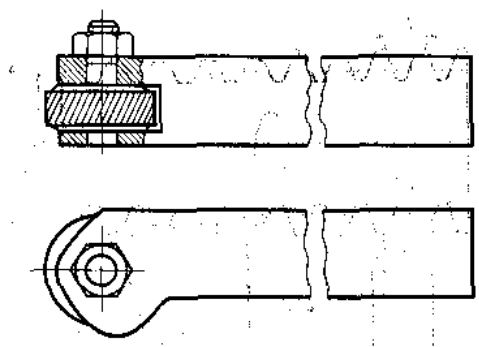


Рис. 6.12. Оправка с зубчатым накаточным роликом

Накатку используют для восстановления поверхностей деталей, воспринимающих удельную Нагрузку, не превышающую 7МПа. Минимальная потеря опорной поверхности обеспечивается использованием накатки с углом заострений зуба в пределах 60— 70°. В сравнении с гладкими поверхностями износостойкость восстановленных накатыванием поверхностей снижается а 20 — 25% , а усталостная прочность повышается' на 10—12%.

К достоинствам данного способа восстановлений следует отнести простоту технологического процесса, оборудования и оснастки, малую трудоемкость и высокую эффективность процесса. Недостаток способа — ограниченная номенклатура восстанавливаемых деталей, в основном этот способ используют для восстановления посадочных мест под подшипники каления.

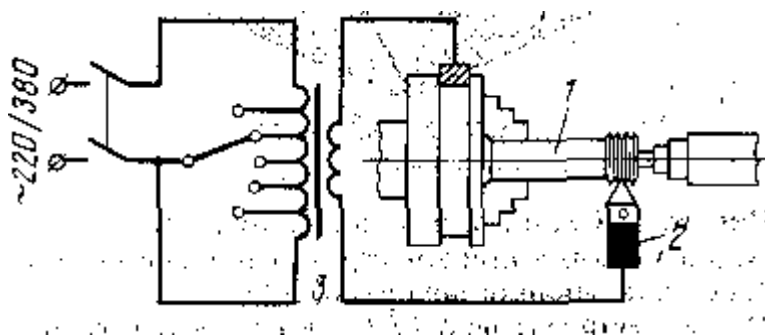


Рис- 6.13. Схема электромеханического способа накатывания деталей

Электромеханический способ накатки в отличие от механического не требует последующего шлифования. Для сглаживания деформированной поверхности детали достаточно сгладить ее сферическим роликом. Сущность электромеханического способа накатки (рис. 6.13), разработанного проф; Б. М. Аскинази, заключается в следующем.. В центры переоборудованного, токарного станка закрепляют изношенную деталь 1, к которой от понижающего трансформатора подводят ток. В суппорте станка зажимают твердосплавный инструмент — резбовой резец 2 с притупленным углом при вершине. Второй полюс электрической цепи от трансформатора 3 подключен к державке инструмента. В местах касания инструмента с поверхностью детали протекает ток большой силы (300 — 1000 К) при напряжении 1 — 5 В. В результате протекания тока в зоне контакта поверхностный слой металла нагревается до температуры 800 — 1000° С. Благодаря быстротечности процесса и незначительной глубине проникновения тепловое воздействие не оказывает влияния на структуру материала детали. Металл, нагретый до пластического состояния, вытесняется из зоны внедрения инструмента, вследствие чего на восстанавливаемой поверхности детали образуется винтовая канавка и приподнятый гребень металла (рис. 6.14). После высадки осуществляют сглаживание гребня специальным инструментом — гладилкой, выполненной в виде ролика или твердосплавной пластиной со сферической поверхностью. Сглаживание поверхности осуществляют до требуемого номинального диаметра восстанавливаемой детали.

Для определения высадки ДО (приращения диаметра) рассмотрим схему пластической деформации при деформировании металла на восстанавливаемой поверхности (рис. 6.15). Высадка металла в данном случае осуществляется в результате внедрения, — инструмента, который представляет собой слегка притупленный клин. Полное усилие высадки на единицу длины клина в направлении оси y в ньютонах.

$$P = 2lp \sin \gamma$$

где l — длина образующей пластичности деформированного слоя, мм; p — среднее контактное давление, зависящее от текучести нагретого материала. Па; γ — половина угла профиля высаживающего инструмента, град.

Длина l равна AB и AC , или длина $l = AB = AC$ (аппроксимированной прямой).

Согласно условию $l = (h + \Delta D / 2) / \cos \gamma$

Подставив l в предыдущую формулу, получим $l = 2p(h + \Delta D / 2) / \tan \gamma$

Решая уравнение относительно ΔD , получим $\Delta D = Pl / (p \tan \gamma) - 2h$ (ΔD — в метрах).

Общее усилие высадки металла будет зависеть от поверхности контакта в направлении, перпендикулярном плоскости чертежа, которое определяется радиусами восстанавливаемой детали и инструмента. При высадке неподвижным инструментом следует также учитывать трение скольжения. Тем не менее приведенные формулы дают качественное представление о влиянии отдельных параметров на высадку ΔD и усилие P .

Как видно из формул, для достижения максимальной высадки выгодно работать с минимальным контактным давлением p и минимальным углом профиля инструмента 2γ . В этом случае следовало бы для достижения минимального предела текучести материала восстанавливаемой детали подводить к месту контакта максимальный ток. Однако выбор тока, так же как и выбор угла профиля, ограничен прочностью и стойкостью инструмента.

Из анализа стоимостных зависимостей инструмента и его производительности при высадке металла можно считать рациональной геометрией заточки следующие величины: угол заточки — 50° — 60° , радиус боковых граней — 10 мм, радиус высаживающей кромки — 0,2 — 0,3 мм, усилие при высадке поверхностей деталей из незакаленных сталей — 700 — 800 Н, а из закаленных сталей — 900 — 1200 Н.

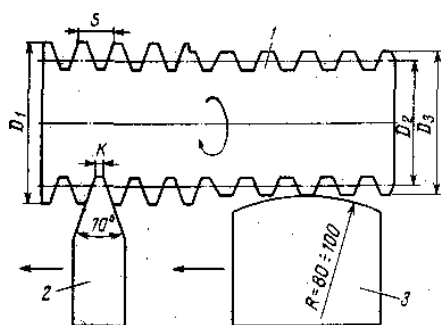


Рис. 6.14. Схеме накатывания и сглаживания деформированной поверхности детали: 1 — восстав в вливаем в я деталь; 2 — инструмент для высадки; 3 — гладилка; D_1 — диаметр детали после высадки; D_2 — диаметр хан пшенной детали; D_3 — диаметр детали после сглаживания; 5 — шаг высаженной канавки; K — ширина вершины инструмента для высадки

Подача выбирается в зависимости от максимальной высадки ΔD . Режимы накатывания электромеханическим способом приведены в табл. 6.4. Число проходов (i) при накатывании и сглаживании поверхности выбирается в зависимости от величины износа детали. Накатка поверхности делается, как правило, за несколько проходов, а сглаживание за один проход.

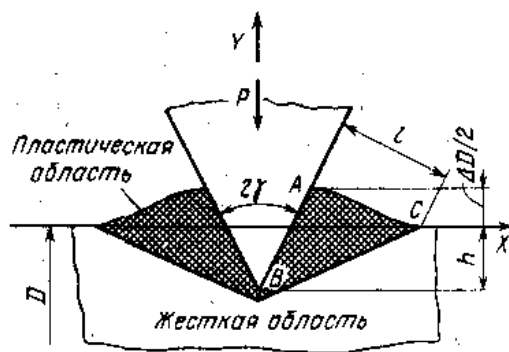
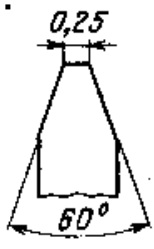



Рис. в-15. Схема для определения усилия высадки металла при электромеханическом способе накатываний поверхностей: O — диаметр детали; $\Delta D / 2$ — высота вытесненного металла; h — глубина внедрения инструмента в металл; 2γ — угол заострения инструмента

Таблица 6.4. Режимы восстановления посадочных мест валов электромеханическим

накатыванием

Увеличение диаметра детали, мм	Высадка						Сглаживание			
	Эскиз пластины Материал: Т15К6	v , м/мин	s , мм/об	ΔD , мм	I , А	l	Эскиз пластины	v , м/мин	s , мм/об	I , А
До 0,101		5	1,0	0,30	450	1		12	0,4	400
От 0,15 до 0,20		5	1,5	0,40	480	1 — 2		12	0,4	420
От 0,26 до 0,30		5	1,5	0,75	500	2		12	0,4	450
От 0,35 до 0,40		5	2,0	0,90						
		5	2,6	1,30	520	2 — 3		12	0,4	450

Условные обозначения: v — скорость вращения детали; s — подача инструмента; ΔD — приращение диаметра после высадки; I — сила тока.

Рассмотренный способ накатки деталей имеет ограниченное применение, так как не обеспечивает сплошного контакта восстановленного посадочного участка с поверхностью подшипника или втулки. По этой причине для обеспечения надежности посадки иногда прибегают к увеличению натяга. Меньшая площадь контакта накатанной поверхности по сравнению с новой деталью снижает устойчивость сопряжения. Поэтому способ накатывания целесообразно применять только тогда, когда важна экономия металла или когда деталь, восстановленная таким образом, способна проработать больше, чем другие детали узла.

Восстановление геометрической формы деталей. При ремонте автомобиля многие детали выбраковывают из-за потери своей первоначальной формы в результате деформаций изгиба и скручивания. Такие детали восстанавливают правкой. Суть этого способа в том, что под действием внешних сил восстанавливают первоначальные формы деталей без заметных пластических деформаций и с незначительными искажениями структуры материала в поверхностных слоях детали. В зависимости от деформации и физико-химических свойств материала детали правят в горячем и холодном состоянии.

Наиболее часто используется холодная правка для пластического деформирования тонкостенных деталей и конструкций. При правке, как и при любом другом виде холодной деформации, происходит упрочнение металла (наклеп или нагартовка), возникают остаточные напряжения. Поэтому при правке необходимо стремиться к получению меньшей локальной пластической деформации, а также ее равномерному распределению в металле детали. Для выравнивания внутренних напряжений после правки деталь целесообразно подвергнуть стабилизирующему нагреву до температуры, равной $0,8T_{отп}$, где $T_{отп}$ — температура отпуска новой детали. Время выдержки при этом составляет 0,5 — 1 ч. При больших деформациях проводят горячую правку деталей при температуре 600 — 800° С.

Прогиб коленчатого вала—один из наиболее распространенных дефектов, устраняемых правкой на прессе перед шлифованием шеек. Правка под прессом вызывает сильные структурные изменения и снижает усталостную прочность валов.

Различают следующие виды правки:

статическим изгибом (рис. 6.16), ударом и термическую.

Правка статическим изгибом выполняется в холодном состоянии и с нагревом. После холодной правки усталостная прочность снижается на 15 — 40 %. Способность детали противостоять воздействию внешней силы, направленной навстречу правке, оценивается коэффициентом несущей способности, выражаемым в процентах

$$k_{nc} = 100P_{п1} / P_{п}$$

где $P_{п1}$ — предел пропорциональности правленного образца; $P_{п}$ — предел пропорциональности неправленного образца.

Холодным способом погнутые валы правят следующим образом.

После исправления центровых гнезд для измерений стрелы прогиба вал ставят в центр токарного станка или специального приспособления. Значение стрелы прогиба определяют как половину значения биения вала, показываемого индикатором. Для правки вал 2 (рис. 6,17а) ставят на призмы или опоры 3 винтового или гидравлического пресса выпуклой стороной кверху и перегибают нажимом винта или штока 1 пресса через мягкую прокладку 5 так, чтобы обратная стрела прогиба 11(рис. 6.17, б) была в 10 — 15 раз, больше того прогиба 1, который, имел вал до правки, т. е. $f_1 = (10 \div 15)$. Точность правки контролируют индикатором 4.

Распространен также метод двойной правки валов, применение которого значительно увеличивает сопротивляемость выправленного вала повторным деформациям. Двойную правку выполняет следующим образом. Подлежащий правке

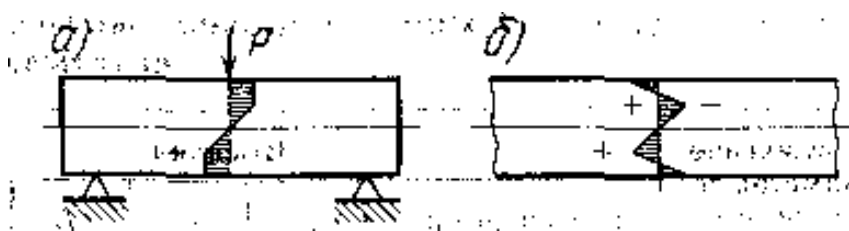


Рис.6.16. Правка статическим изгибом:

а — эпюра напряжений с нагрузкой P ; б — эпюра

Напряжений после снятия нагрузки

вал устанавливают на призмах (рис. 6.18) выпуклой стороной вверх и плавно нажимают на него винтом или штоком пресса (см. стрелку). Усилие нажима должно быть таким, чтобы вал после этого остался прогнутым в обратную сторону на эту же величину. Затем указанную операцию повторяют, но уже с таким усилием нажима, чтобы вал оказался выправленным: Правку деталей, обладающих небольшой жесткостью, часто выполняют на токарном станке: При этом деталь правят, не снимая с центров, И тут же проверяют результаты правки.

Холодная правка деталей является наиболее простым и распространенным способом. Однако она части не обеспечивает стабильности формы выправленной детали. В процессе эксплуатации устраненная правкой деформация детали может возникнуть вновь. Причиной неустойчивости формы выправленной детали являются неоднородные остаточные напряжения, возникающие по ее сечению в результате неравномерного деформирования металла. Для повышения устойчивости формы детали снятия внутренних напряжений, возникающих в результате холодной правки, осуществляют отпуск детали при температуре 400—450° С в течение 0,5 — 1 ч. Продолжительность нагрева устанавливают в зависимости от размера детали.

Правка ударом наиболее распространена на ремонтных предприятиях. Ее выполняют ударами кожаных или текстолитовых молотков массой 300— 500г. на специальных подставках имеющих профиль детали. Для некоторых (деталей двигателя допускается предварительный подогрев. При правке ударом за основу берут сжимающие напряжения в наклепанном слое материала. Наличие их приводит, к появлению деформации. Поэтому деталь изгибается в сторону наклепанной поверхности.(рис.,6.19. а). Наклеп создается, ударами молотка массой 100 г с полукруглой головкой. При не слишком большом градиенте внутренних напряжений наклеп (рис. .6,19 б) повышает усталостную прочность. Правка ударом обеспечивает устранение, относительно небольших прогибов и овалов. Преимуществами этого вида правки являются точность выправленной поверхности устойчивое сохранение выправленной формы.

Эффективным методом является правка валов, местным наклепом. Она основана на действии остаточных внутренних напряжений сжатия, возникающих при наклепе. Так, при наклепе коленчатого вала (рис. 6.20) создаваемые на отдельных участках остаточные; напряжения устраняют прогиб; При наклепе используют пневматический молоток с закругленным, бойком.

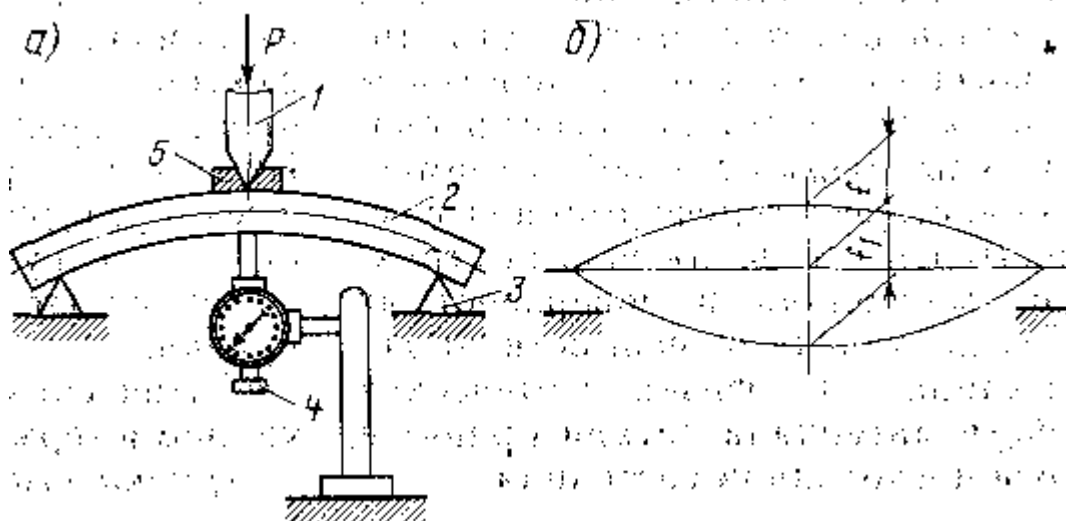


Рис. 6.17. Схема холодной правки вала: а — монтажная; б — расчетная

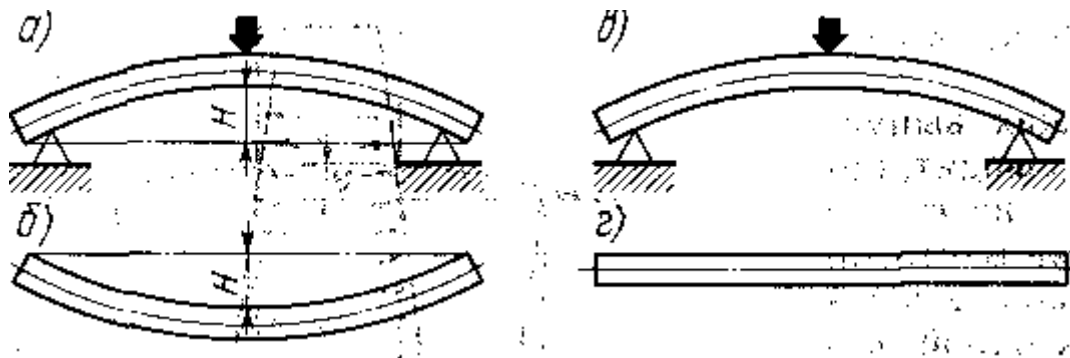


Рис. 6.18. Схема двойной правки вала:

а — первая правка вала; б — ¹ форма вала после первой правки; в — вторая правка вала; г — вал после второй правки

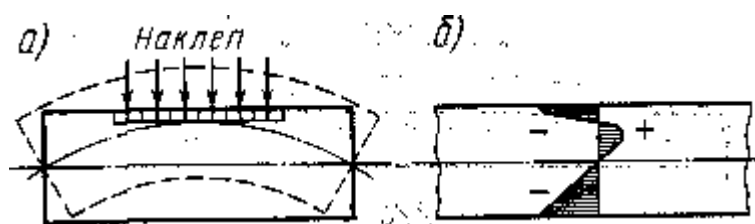


Рис. 6.19. Правка наклёпом

а — направление изгиба детали, б — эпюра остаточных напряжений, Пунктиром показано конечное состояние детали

Для восстановления деталей со значительными деформациями применяют, горячую правку с нагревом, детали до температуры 600 — 800° С. После восстановления деталь подвергают термической обработке до получения необходимой структуры и механических свойств металла. Правка местным нагревом основана на использовании внутренних напряжений, возникающих при этом способе. После остывания детали в материале возникают остаточные, напряжения растяжения, способствующие выпрямлению детали. Наиболее эффективен этот метод при правке сварных трубчатых элементов.

Наклоном чаще всего правят валы, имеющие шпоночный паз по всей длине. Если такой вал выгнут в сторону шпоночного паза, то его проще всего выправить наклепом дна шпоночного паза в наиболее вогнутой точке. Наклеп, осуществляют, нанося легкие удары молотком по закаленной пластинке, которую постепенно перемещают по дну паза.

Подобным же образом правят листовые детали. Удары молотком наносят не по выпуклым местам детали, помещенной на чугунной или стальной плите, а по соседним с ними участкам, причем их следует наносить от края листа по направлению к выпуклости каждую из которых обводят предварительно мелом. По мере приближения к выпуклости удары должны наноситься все чаще и слабее.

При наличии нескольких выпуклых мест правку листа проводят, нанося удары прежде всего в промежутках между этими местами. Таким образом растягивают лист и сводят все выпуклости к одной, которую выправляют обычным способом (от краев к середине). Затем лист переворачивают

и таким же образом окончательно восстанавливают его прямолинейность. Для правки деталей из листового металла могут быть также использованы вальцы.

Стальные детали при температуре ниже 0°C править холодным способом не следует, так как это может привести к их поломке. Правку горячим способом при ремонте применяют реже, так как этой операции обычно приходится подвергать полностью обработанные детали, подогрев которых может вызвать окисление поверхности и деформацию детали.

Термическая правка применяется для листового металла. Поэтому методу на отмеченные места, подлежащие выпрямлению, направляют струю пламени газовой горелки, нагревая неровности до красно-вишневого цвета (до температуры $600 - 700^{\circ}\text{C}$). Нагретый металл расширяется, а затем при остывании под влиянием сил сжатия выпрямляется. Этим методом, ускоряющим процесс правки почти в 5 раз, можно править валы, оси, трубы, уголки.

Для нагрева используют обычную универсальную горелку с наконечником № 7. Лучше всего газопламенной правке поддаются детали, изготовленные из малоуглеродистой стали. На рис. 6.21 показан стальной брус, выправленный газопламенным методом. Нагреванию подвергали участок *a* детали размером 550 мм в месте наибольшего изгиба. Штрихпунктиром показана форма детали до правки.

Восстановление механических деталей. Характеристика материала. При дефектации определенные детали выбраковывают только из-за снижения механических характеристик материала. Например, в процессе эксплуатации автомобиля отдельные пружины, рессоры утрачивают свою первоначальную упругость. У ряда деталей (коленчатые, распределительные валы и др.), работающих в условиях знакопеременного нагружения, снижается усталостная прочность. Кроме того, детали автомобилей при восстановлении их износа определенными способами (электродуговой наплавкой, гальваническими покрытиями (также утрачивают свою первоначальную усталостную прочность и износостойкость. Восстановить эти свойства можно поверхностным пластическим деформированием Металла (ППД).

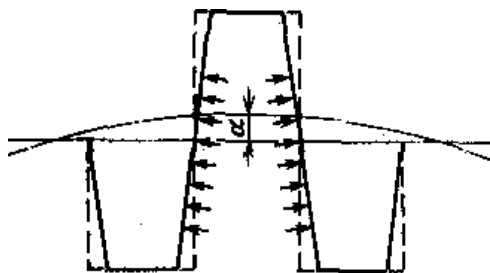


Рис 6.20. Правка коленчатого вала местным наклепом:

a — стрела прогиба детали. Пунктиром показано начальное состояние детали

Наибольшее распространение среди способов поверхностного упрочнения восстанавливаемых деталей получило пластическое поверхностное деформирование, основанное на механических методах холодного упрочнения материала: дробеструйная обработка, обкатка шариками (роликами), выглаживание.

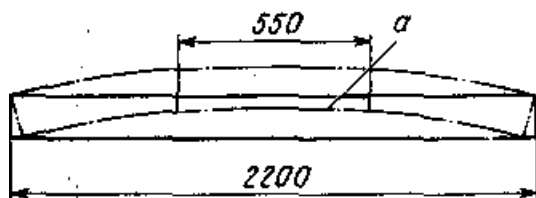


Рис. 6.21. Стальной брус квадратного сечения (30X30 мм), выправленный газопламенным методом

Способы механического ППД деталей имеют следующие преимущества: малую трудоемкость, простоту технологии (не требуются значительные затраты на оборудование и оснастку), возможность упрочнения деталей любой формы и размеров, возможность варьирования глубины упрочнения. Наклеп повышает твердость поверхностного слоя материала и создает в нем благоприятные сжимающие остаточные напряжения. Благодаря ППД повышается усталостная прочность деталей и их износостойкость.

Дробеструйная обработка обеспечивает неглубокую пластическую деформацию (0,5 — 0,8 мм) при соударении стальной или чугунной дроби диаметром 0,8 — 2 мм с упрочняемой поверхностью детали. После дробеструйной обработки поверхность детали приобретает некоторую, шероховатость и последующей обработке не подвергается.

Режимы обработки определяются скоростью подачи дроби (30 — 90 м/с), расходом дроби в единицу времени и экспозицией (временем обработки поверхности). Режимы обработки устанавливают для каждой детали экспериментально. Об окончании обработки судят по наличию равномерно распределённых по всей поверхности следов вмятин. При обработке большинства автомобильных деталей экспозиция составляет 0,5— 2,0 мин.

Дробеструйная обработка осуществляется в специальных дробеструйных установках! Используемые установки можно разделить на две основные группы — механического и пневматического действия. Работа механических установок (центробежные дробеметы) основана на использовании, центробежной сил), развивающееся в роторе, лопасти которого выбрасывают дробь. В ремонтном производстве наиболее часто используют механические дробеметы. моделей ДУ-1, и БДУ-Э.Г..

Пневматические установки, работают от сжатого воздуха, давлением 0,4,— 0,6 МПа. Стальная дробь подхватывается струей сжатого воздуха, разгоняется до высокой скорости и направляется на обрабатываемую поверхность. Данные установки проще механических во конструкции несложны в эксплуатации, позволяют вести обработку деталей, имеющих глубокие отверстия и полости. К недостаткам пневматических установок относится малая их производительность и экономичность.

В настоящее время наиболее распространены механические установки, так как они имеют такие преимущества, как высокая производительность при малом расходе энергии, отсутствие компрессора, возможность более точного регулирования интенсивности процесса и поддержание

его стабильности. Дробеструйному наклепу подвергают поверхности небольших деталей сложной формы, например шестерни, а также деталей малой жесткости типа пружин, рессор и пр.

Обработку шариками (роликами) используют для увеличения поверхностной твердости шеек валов, поверхности отверстий, для повышения усталостной прочности валов, упругости пружин,

В ремонтном производстве нашли широкое использование совмещенные методы обработки восстанавливаемых поверхностей деталей: нанесение изношенного слоя металла (наплавка, железнение), расточка и раскатывание, расточка и калибрование.

Схемы процессов обработкой шариками (роликами) представлены на табл. 6.5. 1

Усилие, прижатия роликов при обработке чугуновых и стальных деталей 50 — 200, скорость движения детали 150 — 450 м/мин, продольная подача 0,06 — 0,08 мм/об. Обработка ведется в два-три прохода. Увеличение числа проходов ведет к чрезмерному наклепу и шелушению поверхности детали. Глубина наклепанного слоя в зависимости от режимов ведения процесса составляет 0,05 ÷ 0,15 мм. Перед раскатыванием отверстие растачивают с припуском на раскатку 0,03 — 0,06 мм. Припуск под раскатывание

$$\delta = 1.35(R'_z - R_z)$$

где R'_z и R_z — исходная и требуемая микронеровность поверхности детали.

Выглаживание отличается от рассмотренных способов тем, что в качестве деформирующего элемента используют алмазы или другие сверхтвердые материалы, обладающие низким коэффициентом трения по металлу. Благодаря малым радиусам рабочей части инструмента при сравнительно небольших нагрузках (50 — 300 К) можно упрочнять деталь с малой жесткостью, а также сплавы с твердостью ИКС 60 — 65. Универсальна алмазная гладилка (рис. 6.22) состоит из оправки 1 и алмаза 2. Гладилку монтируют в специальном приспособлении, устанавливаемом в резцедержателе станка.

Таблица 6.5. Схемы обработки цилиндрических поверхностей

Метод обработки	Назначение	Принципиальная схема
Обработка наружных цилиндрических поверхностей		
Роликовыми обкатниками	Калибрование, отделка	
Шариковыми обкатниками	Отделка, упрочнение	
Шариковыми обкатниками вибрационного действия	Отделка, упрочнение	
Обработка внутренних цилиндрических поверхностей		
Роликовыми раскатниками	Калибрование, отделка	
Шариковыми раскатниками	Упрочнение, отделка	
Шариковыми раскатниками вибрационного действия	Упрочнение, отделка	
Обработка торцевых поверхностей		
Роликовыми раскатниками	Упрочнение, отделка	
Шариковыми раскатниками	Упрочнение, отделка	

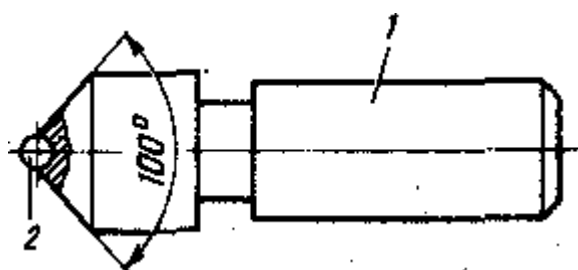


Рис. 8.22. Алмазная гладилка:

/ — оправка; 2 — алмаз

Давление при выглаживании с упругим контактом создается так же, как и при обкатывании. Выглаживание проводится в условиях трения скольжения, что отличает этот процесс от обкатывания.

При выглаживании алмаз практически не деформируется. Вследствие этого, а также ввиду небольшого радиуса сферы его рабочей части (0,5 — 3,5 мм) поверхность контакта алмаза с деталью оказывается незначительной. Это обуславливает создание высоких контактных давлений,

необходимых для пластической деформации при небольших нормальных силах. Параметры процесса при выглаживании те же, что и при обкатывании. Выглаживание чаще всего выполняют инструментом с радиусом сферы 0,5 — 3,5 мм, при скорости 0,5 — 3,5 м/с и подаче 0,02 — 0,1 мм/об.

Для изготовления выглаживающего инструмента помимо натуральных используют синтетические алмазы (баллас, карбонадо), а также синтетический корунд (рубин и лейкосапфир), минералокерамику и твердые сплавы. Повышению стойкости инденторов способствуют периодические повороты алмаза, вращение державки вокруг оси, а также смазочно-охлаждающие жидкости (СОЗС).

Далее приведены применяемые на практике радиусы рабочей поверхности индентора в зависимости от твердости обрабатываемого материала:

Обрабатываемый		
материал	закаленная сталь	
	HRC 50—65	HRC 35—60
Радиус индентора, мм	1,0—1,5	1,5—2,5
Обрабатываемый		
материал	конструкци- цветные ме-	
	онная сталь таллы и	
	в состоянии сплавы	
	поставки	
Радиус индентора, мм	2,0 — 3,5	3,0 — 4,0

Некоторые физико-механические и эксплуатационные характеристики покрытий, полученные различными способами восстановления и обработанные алмазным выглаживанием, приведены в табл. 6.6.

6.3. ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

В зависимости от объемов восстановления деталей применяют универсальное и специальное оборудование. В ремонтном производстве нашли широкое распространение серийно выпускаемые гидравлические прессы модели 2135-1 (рис. 6.23), которые используют при сборке (разборке) автомобильных агрегатов и узлов для запрессовки (выпрессовки) деталей. Эти же прессы применяют и для восстановления деталей осадкой, обжатием, правкой и другими способами пластической деформации. Для возможности реализации технологического процесса восстановления, основанного на том либо другом способе, разрабатывают соответствующие приспособления и оснастку, которые расширяют технологические возможности прессы, повышают качество и производительность процесса. Рассмотрим некоторые приспособления к универсальным прессам, которые широко используются при ремонте автомобилей.

Таблица 6.6. Физико-механические и эксплуатационные характеристики покрытий

Способ восстановления или материал	Условный предел текучести, ГПа		Увеличение предела текучести, %	Предел прочности, ГПа	
	после выглаживания	до выглаживания		после выглаживания	до выглаживания
Вибродуговая наплавка проволокой:					
Нп-65Г	1,05	0,93	11	1,34	1,09
Св-08	0,84	0,68	29	0,96	0,74
Наплавка под слоем флюса:					
легирующего на базе АН-348А	1,48	1,30	14	1,66	1,44
керамического АНК-18	0,77	0,70	10	0,83	0,76

после выглаживания.

Продолжение табл. 6.6

Увеличение предела прочности, %	Предел усталостной прочности, ГПа		Коэффициент усталостной прочности	Износ покрытия, м		Износостойкость покрытий, 1/мм ³		Коэффициент износостойкости
	до выглаживания	после выглаживания		до выглаживания	после выглаживания	до выглаживания	после выглаживания	
23	0,27	0,33	1,22	52,4	51,4	0,0191	0,0195	1,02
29	0,2	0,25	1,25	62,1	100,4	0,0161	0,00963	0,6
15	0,14	0,19	1,36	184,0	43,3	0,00543	0,0231	4,25
9	0,1	0,13	1,30	166,4	150,3	0,00602	0,00676	1,12

Для восстановления осадкой втулок из цветных металлов разработано высокопроизводительное приспособление ОР-13790. В качестве силового оборудования применяют прессы с усилием на штоке гидравлического цилиндра при прямом ходе не менее 630 кН, при обратном, ходе — 470 кН. Приспособление обеспечивает восстановление различных типов параметров втулок, включая втулки с кольцевой выточкой внутри по окружности.

Приспособление для осадки втулок (рис. 6.24) закрепляют на столе пресса. Оно состоит из основания 1, на котором смонтированы две направляющие штанги-(колонки) 13 и закреплен упор 4. В упоре размещена цанга 11, которая зафиксирована шариками. Цанга имеет грибообразный бурт, который по форме и размерам соответствует, кольцевой, выточке втулки. В упоре также размещены сухари 15, стягиваемые кольцевыми пружинами 14, и толкатель с конусом 5, опирающийся на возвратную пружину 16. Упор крепится к основанию специальной гайкой 17, которая является одновременно опорой для сухарей и стаканом для возвратной пружины. В верхней плите 8 гайкой закреплен пуансон 10, который имеет в верхней части наконечник для соединения со штоком пресса, а в нижней части — стержень с конусом. В нижней плите 3 запрессована упорная втулка 2, обхватывающая снаружи упор. Верхняя и нижняя плиты жестко связаны между собой направляющими втулками 9

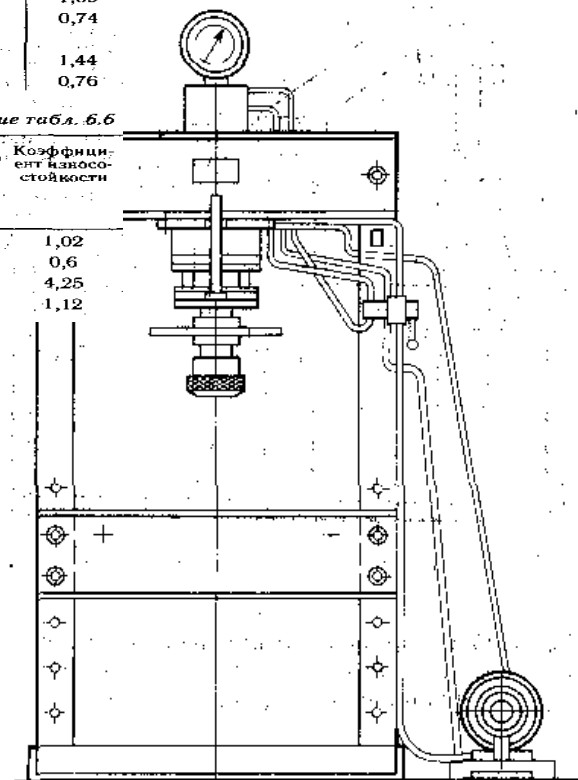


Рис. 6.23. Универсальный гидравлический пресс модели 2135-1

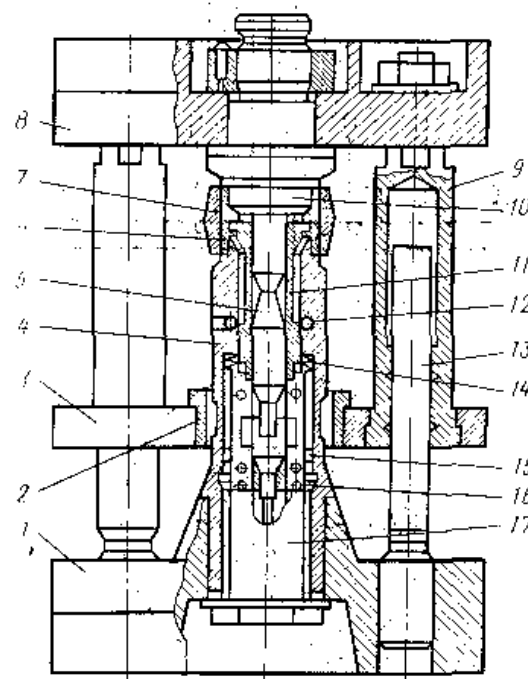


Рис. 6.24. Приспособление для восстановления осадкой втулок с внутренней кольцевой канавкой

При осадке втулки наконечник пуансона соединяю со штоком пресса, основание приспособления при помощи болтов крепят к столу. Шток поднимают, таким, образом, чтобы верхний торец упорной втулки расположился на уровне торца проточки упора. На эту проточку устанавливают восстанавливаемую втулку в шатуне-матрице 7. В указанном положении пуансона сухари обжимают толкатель с конусом по меньшему диаметру, а грибообразный бурт цанги, торец которого упирается в торец сухарей, располагается против кольцевой выточки втулки. При движении штока вниз стержень пуансона разжимает грибообразный бурт цанги, который входит в кольцевую выточку восстанавливаемой втулки. По мере дальнейшего движения стержень пуансона давит на Толкатель с конусом, который, сжимая' возвратную пружину, разводит сухари так, что выточка их торцов устанавливается против цанги и последняя получает возможность опуститься вниз.

В процессе осадки втулки цанга перемещается вниз по мере опускания грибообразного бурта. Необходимый размер втулки по внутреннему диаметру обеспечивается калибрующими поверхностями пуансона и упора. При обратном ходе штока пуансон, зажатый вытесненным

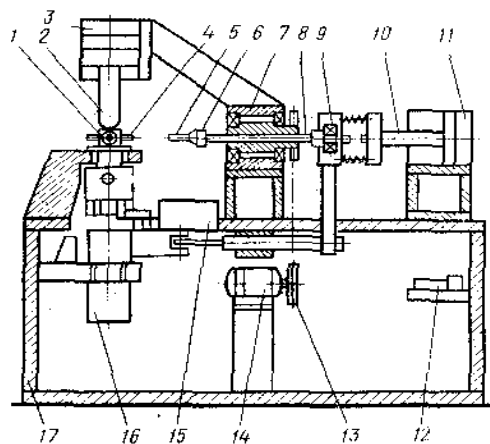


Рис. 6.25. Схема полуавтоматической установки модели УВК-1 для восстановления крестовин карданных шарниров раздачи

металлом Осаженной втулки, выпрессовывается из нее, а стержень пуансона выходит из цанги. Возвратная пружина подает толкатель вверх палец за стержнем пуансона, Сухари сжимаются, их верхние торцы подходят под нижний торец цанги и фиксируют ее в определенном положении относительно упора.

Производительность осадки втулок на приспособлении достигает 80 штук в час.

Специализированная полуавтоматическая установка модели УВК-1 для восстановления шипов крестовин карданных шарниров автомобилей разработана Киевским автомобильно-дорожным институтом совместно с Дарницким опытно-экспериментальным ремонтным заводом. Установка реализует разновидность способа раздачи с нагревом детали в результате сил трения.

Общий вид установки схематически представлен на рис. 6.25.

Установка для восстановления деталей типа крестовин содержит станину 17 (рис. 6.25), на верхней горизонтальной плите которой установлена шпиндельная головка 7 с выдвижным валом шпинделя 8. На переднем конке вала Шпинделя закреплен патрон 6 с дорном 5. На заднем конце

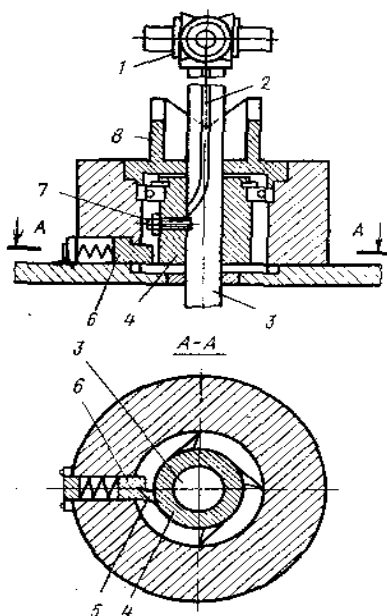


Рис. 6.26. Механизм фиксации и поворота крестовин на 90°

вала шпинделя установлен упорный подшипник 9, предотвращающий передачу крутящего момента на шток 10 пневмоцилиндра 11 осевого перемещения вала шпинделя 8.

Привод вращения вала шпинделя 8 осуществляется от асинхронного электродвигателя 14, расположенного в нижней части станины, через ременную передачу 13. Механизм фиксации восстанавливаемой детали выполнен в виде прижима 2, расположенного на конце штока пневмоцилиндра 3 над призмой 1. Фиксирующая призма 1 содержит четыре взаимоперпендикулярных паза, ось симметрии одного из которых совпадает с осью вращения вала шпинделя и дорна.

Механизм фиксации и поворота восстанавливаемой крестовины 1 на 90° (рис. 6.26) относительно пазов призмы содержит шток 3, расположенный в центральном отверстии призмы 8 и вращающую вокруг своей оси втулку 4, которая установлена соосно с отверстием призмы. Втулка 4 снабжена расположенным на ее внутренней поверхности штифтом 7, взаимодействующим с винтовой канавкой 2 цилиндрической поверхности штока 3. Внутри втулки и отверстия фиксирующей призмы 8 шток 3 имеет возможность перемещаться посредством пневмоцилиндра 16 (см. рис. 6.25). Причем, усилие пневмоцилиндра 16 меньше усилия, создаваемого пневмоцилиндром 3, и постоянно направлено вверх. Втулка 4 (см. рис. 6.26) снабжена выступами 5 и фиксаторами 6 от обратного поворота штока 3. На верхнем конце штока 3 расположена подставка, ориентирующая крестовину относительно пазов призмы 8.

Управление технологическим циклом осуществляется автоматически или в ручном режиме при помощи пульта 15 (см. рис. 6.25). На пневмопанели 12 расположены блок очистки воздуха и пневмораспределители. Установка снабжена системой принудительного охлаждения после раздачи дорна эмульсией.

Подготовка к работе установки включает в себя следующие операции:

подвод сжатого воздуха к пневмопанели; проверку наличия охлаждающей эмульсии во вместимости установки; проверку крепления инструмента в патроне; перевод тумблера в положение "наладка" и включение вращения шпинделя; установку крестовины на подставку призмы; установку на датчике пути дорна требуемой глубины обработки шипов крестовины.

После проведения подготовительных операций работа на установке осуществляется в полуавтоматическом режиме. При нажатии кнопки "прижим" пневмоцилиндр 3, пересиливающий действие пневмоцилиндра 16, фиксирует прижимом 2 восстанавливаемую крестовину в пазах призмы. При перемещении вниз винтовая канавка 2 (см. рис. 2.26) штока 3, зажатого с двух концов пневмоцилиндрами 3 и 16 (см. рис. 6.25), взаимодействует со штифтом 7 (см. рис. 6.26) и поворачивает втулку 4 на 90° . При этом в конце хода штока 3 вниз один из четырех выступов 5 втулки 4 удерживается фиксатором 6.

После фиксации крестовины в призме включается пневмоцилиндр 11 (см. рис. 6.25) осевой (продольной) подачи штока 10 дорна. В результате трения дорна о шип крестовины происходит

нагрев последнего до заданной температуры (950—1000 °С). Под действием осевой подачи дорн внедряется в смазочное отверстие крестовины и раздает шип. После окончания процесса раздачи шпиндель отводится в исходное положение. Прижим 2 освобождает крестовину, а пневмоцилиндр 16 поднимает шток в верхнее положение. При этом винтовая канавка 2 (см. рис. 6.26) штока 3 взаимодействует со штифтом 7 втулки 4. В результате происходит поворот штока 3 вместе с крестовиной на 90°.

По описанному циклу происходит последовательная раздача остальных шипов крестовины. По завершению раздачи последнего 4-го шипа патрон с дорном и прижим 2 (см. рис. 6.25) автоматически отводятся в исходное положение, а пневмоцилиндр 16 извлекает деталь из призмы.

Для автоматизации операции раздачи шпиндель установки конструктивно связан с датчиком пути, который обеспечивает неизменную глубину обработки шипов независимо от износа инструмента. Это достигается тем, что отсчет глубины обработки начинается только с момента касания дорном торцевой поверхности шипа крестовины. Схематически конструкция датчика изображена на рис. 6.27.

На заднем конце вала шпинделя головки установлен подшипниковый корпус 1 с вилкой 13. Фланец 4 связан подвижно с корпусом 1 направляющими стержнями 6 и пружинами 2. На внутренней стороне фланца 4 имеется упор 3, который при сжатии пружин замыкает вилку 13. На жестко закрепленной цилиндрической горизонтальной направляющей 8 установлен подвижной ползун 9, который фиксируется в крайнем правом положении пружиной сжатия 11. Ползун 9 шарнирно связан с вилкой 13 рычагами 12 и 7. На траектории движения ползуна 9 установлен концевой выключатель 10, который имеет возможность перемещаться параллельно направляющей 8 в пределах расстояния 1. Концевой выключатель 10 запитан в общую цепь управления работой установки.

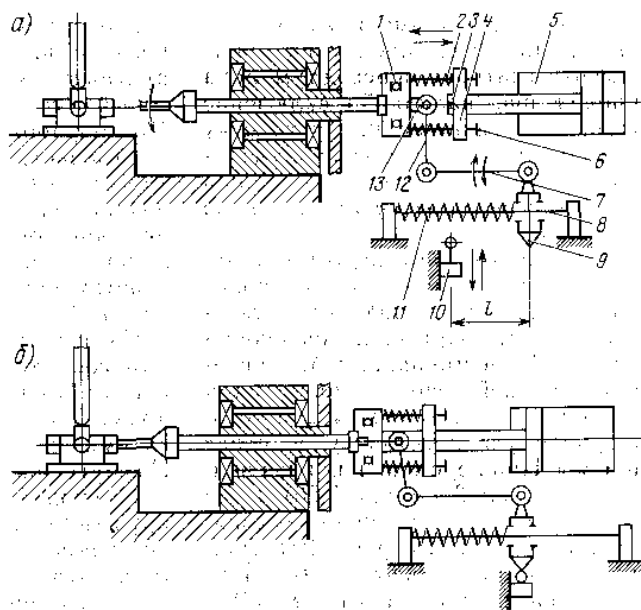


Рис. 6.27. Принципиальная схема путевого датчика установки УВК-1: а - исходное положение; **б** — положение при окончании процесса раздачи

Перед началом работ концевой выключатель 10 устанавливается относительно нажимной поверхности ползуна 9 на расстоянии 1, соответствующем необходимой глубине раздачи детали. Это расстояние является постоянным для каждого типа крестовин и не подлежит корректировке при замене инструмента (дорна) или его износа в процессе работы. Переналадка путевого датчика осуществляется только при переходе на раздачу других типоразмеров крестовин.

Работа датчика пути осуществляется следующим образом. При подаче сжатого воздуха в бесштоковую полость пневмоцилиндра а 5 вал шпинделя, связанный со штоком фланцем 4, пружинами 2 и направляющими стержней 6, свободно движется влево до упора в торец шипа восстанавливаемой крестовины. После остановки вала шпинделя шток пневмоцилиндра с фланцем 4 продолжает движение, сжимает пружины 2 и упором 3 жестко замыкает рычаги 12 и 7, связанные с ползуном 9. При этом пневмоцилиндр прижимает дорн к шипу и начинается процесс раздачи. По мере раздачи шипа, вал шпинделя под действием пневмоцилиндра совершает рабочее движение и одновременно перемещает по направляющей 8 ползун 9, на пути которого расположен концевой выключатель 10. Расстояние между нажимной поверхностью ползуна и роликом концевого выключателя равно заданной глубине раздачи шипа крестовины.

При внедрении дорна на заданную глубину ползун 9 нажимает на ролик концевого выключателя 10, от которого поступает сигнал на возврат штока пневмоцилиндра в исходное положение. При этом шток цилиндра отводит вал шпинделя в крайнее правое положение. В результате пружины 2 разжимаются и упор 3 освобождает рычаги 12 и 7, ползун 9 под действием пружины // возвращается в

исходное положение. В дальнейшем цикл повторяется.

. Производительность установки УВК-1, в зависимости от типа крестовин, составляет 10 — 20 шт/ч, потребляемая мощность — 3,5 кВт, частота вращения шпинделя — 2000 об/мин, давление воздуха в пневмосети — 0,4 — 0,6 МПа, .

Для централизованного восстановления крестовин раздачей в условиях специализированных цехов и участков целесообразно использовать четырёхшпиндельную автоматическую установку АВК-4. Данная установка отличается от установки УВК-1 тем, что -раздача всех 4 шипов крестовины осуществляется одновременно. Кроме того, установка снабжена загрузочно-разгрузочным устройством с кассетой-накопителем на 30 деталей. Одна установка АВК-4 обеспечивает раздачу более 100 тыс. крестовин в год. Благодаря полной автоматизации процесса один оператор может одновременно обслуживать до пяти таких установок:

Восстановление гильз цилиндров автомобильных двигателей термопластическим обжатием осуществляется на специализированной шестипозиционной установке ОР-11301 карусельного типа. Установка обеспечивает обжатие гильз цилиндров за один цикл на 0,75 — 1мм. Это позволяет восстанавливать до номинального, размера внутренний диаметр гильз. Наружные посадочные пояски гильз цилиндров после обжатия наращивают наплавкой, контактной приваркой ленты и газотермическим напылением.

Схема установки ОР-11301 для обжатия гильз цилиндров представлена на рис. 6.28. Она агрегатируется с высокочастотной установкой с ламповым генератором типа ВЧИ2-100/0,066, мощностью на выходе 100 кВт и частотой 0,66 кГц. Установка представляет собой раму 5 из сварных конструкций, на которой закреплен поворотный стол 6 с вертикальной осью вращения. При

повороте стола матрица 4 с установленной в нее гильзой 3 проходит последовательно позиции / и //. В позиции / оператор устанавливает изношенную гильзу в матрицу, после чего она переводится в рабочую позицию //. В этой позиции при помощи гидроцилиндра матрица с гильзой перемещается в крайнее верхнее положение, при этом индуктор токов высокой частоты (ТВЧ) 2 входит в гильзу. После включения питания индуктора происходит интенсивный нагрев гильзы токами высокой частоты до температуры $840 — 880^{\circ} \text{C}$. Для равномерного нагрева гильзы матрица в рабочей позиции вращается с частотой $50 — 100 \text{ мин}^{-1}$. В период нагрева матрица интенсивно охлаждается водой через спрейер 1. После достижения заданной температуры нагрева в зоне действия индуктора ТВЧ 2 включается рабочий ход гидроцилиндра, и гильза с матрицей опускается в крайнее нижнее положение. Установка обеспечивает регулирование скорости линейного перемещения гильзы относительно индуктора со скоростью $1 — 8 \text{ мм/с}$. При линейном перемещении матрицы осуществляется термопластическое обжатие гильзы по всей длине. В период рабочего цикла оператор снимает обжатую гильзу и устанавливает на ее место изношенную матрицу.

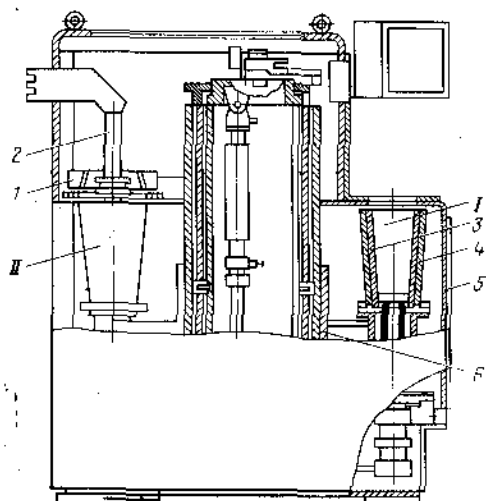


Рис. 6.28. Схема установки ОР-11301 для термопластичного обжатия гильз цилиндров: 1 позиция - загрузка, выгрузка гильз; II позиция рабочая

Все перечисленные операции, кроме загрузки-выгрузки гильз, выполняются автоматически по заданной программе. Производительность установки ОР-11301 220 — 240 гильз в смену. Установка универсальная, так как позволяет после незначительной переналадки (замены матрицы и индуктора) восстанавливать гильзы цилиндров различных типоразмеров.

На базе установки ОР-11301 созданы поточно-механизированные линии (ПМЛ) для централизованного восстановления автомобильных и тракторных гильз цилиндров. В состав линий входит весь комплект оборудования и оснастки для технологического процесса восстановления: моечная машина ОМ-5288 для очистки гильз в водно-щелочном растворе; гидрокопировальный полуавтомат ЕМ-140А для обработки наружной поверхности гильз между

посадочными поясками; установка 011-1-07 "Ремдеталь" для приварки стальной ленты к посадочным пояскам; хонинговальные станки ЗМ83 (оборудованные автооператорами ОГ-76) для окончательной обработки гильз. Оборудование ПМЛ размещено таким образом, что для передачи деталей с одной операции на другую не требуется дополнительных транспортных средств. Линия занимает площадь 288 м², ее обслуживает 26 чел. Годовая производительность при двухсменной работе около 100 тыс. гильз.

Экспериментальные исследования и многолетняя эксплуатация восстановленных термопластическим обжатием гильз цилиндров показали, что по износостойкости и надежности они не уступают новым изделиям. Восстановленные обжатием гильзы не оказывают отрицательного влияния на работу сопряженных деталей (поршней и поршневых колец),

Выбраковочными дефектами рам автомобилей являются погнутость и скрученность лонжеронов. В соответствии с ТУ на капитальный ремонт автомобилей погнутость лонжеронов рам не должна превышать 2 мм на длине 1000 мм или 5 мм по всей длине. Из практики ремонтного производства известно, что большое число рам автомобилей требует правки.

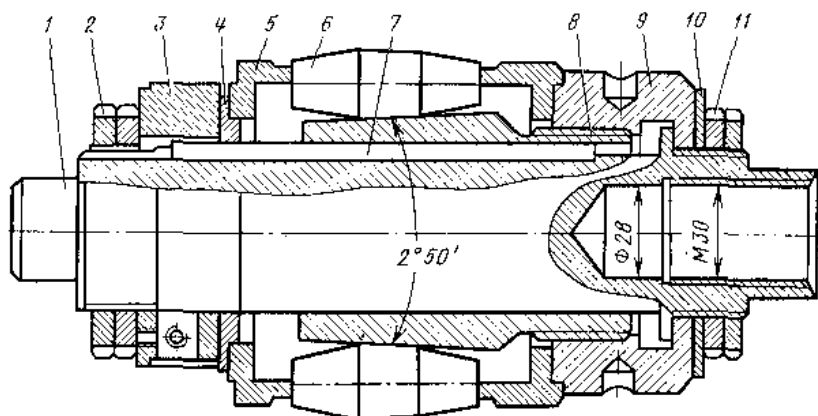


Рис. 6.29. Роликовая раскатка для чистовой обработки внутренних цилиндрических поверхностей

Для поверхностного пластического деформирования поверхности деталей разработано и используется достаточно много приспособлений и устройств. Рассмотрим некоторые из них.

На рис. 6.29 представлена роликовая раскатка, используемая для чистовой обработки внутренних цилиндрических поверхностей (гильз, цилиндров, головок шатунов). Приспособление для раскатки состоит из шпинделя 1, имеющего посадочное отверстие для закрепления в шпинделе станка. На наружной поверхности шпинделя в сепараторе 5 размещены деформирующие ролики 6, которые опираются на коническую поверхность подвижной в осевом направлении втулки 8, соединенной со шпинделем 1 шпонкой 7. Для ограничения перемещения сепаратора в осевом направлении служат с одной стороны упорное кольцо 4, закрепленное через стопорное кольцо 3 гайками 2, а с другой стороны — регулировочная гайка 9, служащая для настройки раскатки на требуемый рабочий размер. Регулировка размера осуществляется вращением гайки 9, что приводит к перемещению сепаратора 5 с роликами 6 вдоль конической поверхности втулки 8.

После установки требуемого размера регулировочная гайка фиксируется при помощи стопорного кольца 10 и гайками 11.

Деформирующие ролики изготавливают из шарикоподшипниковой стали ШХ 15 и термически обрабатывают до твердости НКС 62 — 64. Ролики имеют заборную и калибрующую часть с углом конца $1^{\circ}26'$. Для уменьшения действующей силы, ролики располагают под углом к оси обрабатываемого отверстия, что приводит к получению своеобразного каплевидного отпечатка ролика. Это создает более благоприятные условия для пластического деформирования поверхностных слоев металла. Режимы раскатки цилиндрических отверстий приведены в табл. 6.7. При использовании для обработки отверстий описанной роликовой раскатки и рекомендуемых режимов раскатки достигается требуемая точность размеров деталей и повышается на 20—30 % усталостная прочность деталей. Для обкатывания наружных цилиндрических поверхностей наиболее широко используются шариковые накатники (рис. 6.30) жесткого действия. Накатывание выполняют на токарных станках, накатник устанавливается в суппорте вместо резца.

Таблица 6.7. Режимы раскатки

Обрабатываемый материал	Припуск на обработку, мм	Подача, мм/об	Частота вращения ролика, мин ⁻¹	Число проходов	Шероховатость R_a , мкм	
					исходящая	после обработки
Чугун	0,05 — 0,06	0,5 — 0,9	240	1	2,5	0,32
Стали: 40Х, 45	0,05 — 0,07	0,7 — 1,2	250	1	2,5 — 5	0,32

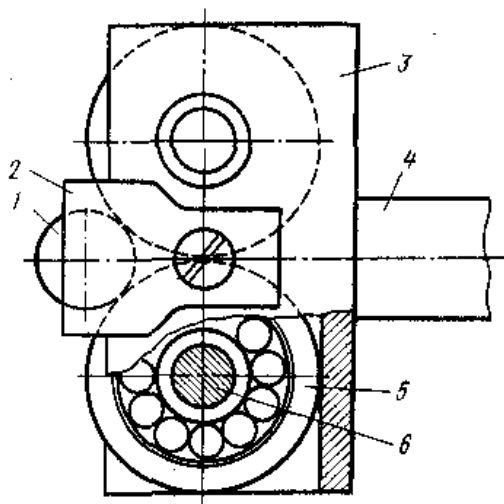


Рис. 6.30. Шариковый накатник жесткого действия:

1 — шарик; 2 — сепаратор; 3 — корпус; 4 — державка; 5 — подшипник; 6 — ось

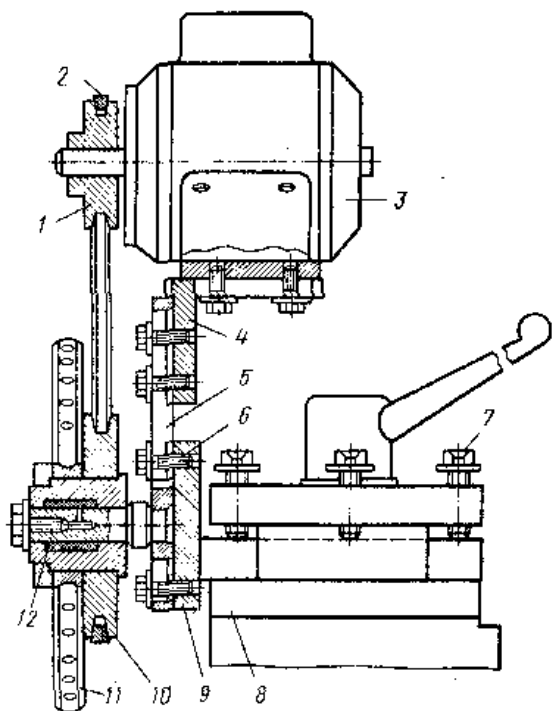


Рис. 6.31. Приспособление для ротационного упрочнения деталей

Повысить усталостную прочность, твердость и износостойкость поверхностей восстанавливаемых и новых деталей можно наклепом при помощи ротационного упрочнителя. Приспособление для ротационного упрочнения деталей (рис. 6.31) состоит из кронштейна 9, который крепится в резцедержателе 8 токарного станка при помощи винтов 7. На стойке 5, закрепленной на кронштейне болтами 6, установлена ось 12, на которой вращается упрочнитель 11. В стойке выполнены продольные пазы, которые позволяют регулировать положение оси относительно опорной поверхности кронштейна. Упрочнитель, представляющий собой диск с шариками, находящимися в сепараторе, через шкивы 1 к 10 получает вращение от электродвигателя 3. Комплект сменных шкивов позволяет ступенчато изменять скорость вращения упрочнителя в пределах 13 — 25 м/с. Перемещением угольника 4, на котором установлен электродвигатель, осуществляется натяжение ремня 2.

Меняя направление движения приспособления, можно обрабатывать плоские и фасонные поверхности. Для обработки плоских поверхностей используют плоско шлифовальные станки, где вместо шлифовального круга устанавливают упрочнитель. Для обработки наружной цилиндрической поверхности детали рекомендуют такие режимы: скорость вращения детали 30 — 90 м/мин, окружная скорость упрочнителя 10 — 50 м/с, натяг, т. е. принудительное отталкивание шарика изделием, — 0,05 — 0,08 мм, продольная подача — 0,1 — 0,5 мм/об, число проходов — 1 — 3.

После ротационного упрочнения уменьшается шероховатость поверхности до $R_a = 0,32 — 0,16$ мкм, глубина упрочненного слоя может регулироваться от 0,5 до 3 мм, твердость обработанной поверхности увеличивается на 30 — 80%, а усталостная прочность деталей повышается на 50- 100%.

6.4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ

Восстановление дизельных поршневых пальцев. Способ восстановления деталей пластической деформацией отличается от известных способов тем, что требуемые размеры получают в результате перераспределения материала внутри самого изделия. При этом наросший слой и основной металл представляют собой одно целое. Поэтому при восстановлении деталей данным способом их долговечность и эксплуатационная надежность не ниже, чем у новых изделий.

Рассмотрим особенности разработки технологии на примере восстановления дизельных поршневых пальцев гидротермической раздачей (рис. 6.32).

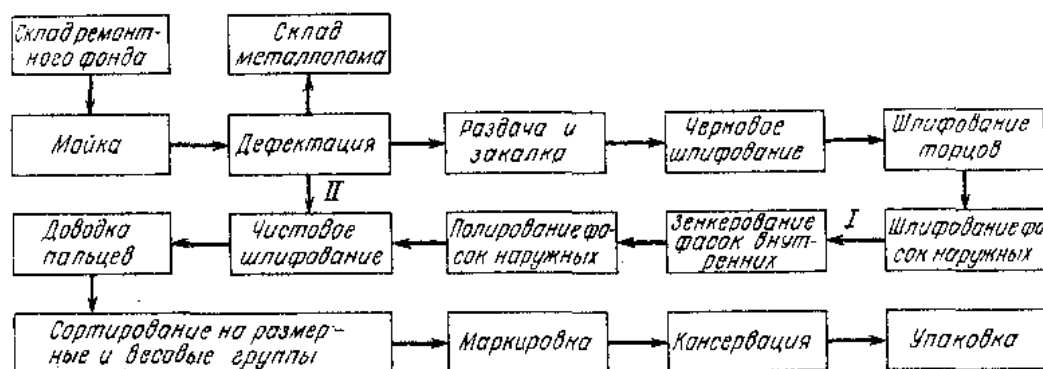


Рис. 6.32. Схема технологического процесса восстановления поршневых пальцев гидротермической раздачей

Основным выбраковочным дефектом поршневых пальцев является износ по наружной поверхности на участках сопряжения с головкой шатуна и отверстиями в бобышках поршня. Наибольший износ пальцев наблюдается в месте контакта с втулкой верхней головки шатуна и достигает 0,08 мм.

Дефектацию поршневых пальцев выполняют микрокатором 0,5-ИГП и скобами. Анализ ремонтного фонда показывает, что 90 % поршневых пальцев ремонтпригодны, причем до 20 % пальцев имеют наружный диаметр в пределах допуска на новые детали. Поэтому в зависимости от сочетания дефектов технологический процесс разделяется на два взаимосвязанных маршрута. Первый маршрут предусматривает выполнение всех операций, а второй маршрут короче на шесть операций и заключается в шлифовании и полировании пальцев до более низкой размерной группы.

Мойка происходит в машине ОМ-6083 с использованием в качестве моющей среды 15 — 20 %-ного водного раствора синтетического моющего средства Лабомид 101 при температуре 75 — 85° С. Время мойки пальцев составляет 0,5 ч.

Гидротермическая раздача осуществляется в автоматическом станке, снабженном устройством для загрузки и выгрузки пальцев. Для нагрева пальцев до температуры 780 — 830° С используют индуктор, питающийся от преобразователя частоты ВПЧ 1000/8000.

Для обеспечения полного распада остаточного аустенита пальцы обрабатывают холодом в течение 2 ч при температуре $-50 \div -70^{\circ}\text{C}$ в холодильном агрегате АКФЭС 2,5-70. После обработки холодом пальцы проходят отпуск в шахтной электропечи 2БП-62 при температуре $220 - 230^{\circ}\text{C}$ в течение 2 ч с последующим охлаждением на воздухе. После гидротермической раздачи наружный диаметр пальцев увеличивается в среднем на 0,2 мм.

Черновое шлифование розданных пальцев осуществляется на трех бесцентрово-шлифовальных станинах 3Ш-184. Режимы шлифования: частота вращения круга — 1330 мин^{-1} , окружная скорость круга — 24,2 м/мин, подача — 1,7 мм/об, число проходов — 1, глубина резания при первом черновом шлифовании — 0,035 мм, при втором — 0,025 мм, при третьем — 0,0175 мм. При черновом шлифовании используют шлифовальные круги: ПП 500X150X305 1А5-К63-40С1-СМ1, ПП 500X200X305 1А5-К63-40С1-СМ1; круги ведущие: ПП 350X150X203 1А5-В12-16СТ-Т и ПП 350X200X203 1А5-В12-16СТ-Т.

Шлифование торца поршневого пальца обусловлено тем, что в процессе гидротермической раздачи наряду с увеличением диаметральных размеров происходит увеличение и длины пальцев. Поэтому необходима операция шлифовки торцов до номинального размера пальцев по длине. Шлифовку выполняют на плоскошлифовальном станке 3Б-722 с использованием многоместного приспособления (рис. 6.33), которое состоит из прямоугольной рамки /. По направляющим перемещаются фиксирующие элементы 2 с рабочей частью в виде призм. Обрабатываемые пальцы устанавливаются между призмами в своеобразные ячейки, где они фиксируются. Базирование осуществляется по обработанной цилиндрической поверхности детали. Зажим пальцев осуществляется при помощи пневмоцилиндра одностороннего действия.

После шлифовки торцов с одной стороны пальцы переворачивают на 180° и шлифуют противоположные торцы, выдерживая заданные рабочим чертежом размеры. Перпендикулярность плоскости торца наружной цилиндрической поверхности пальца обеспечивается приспособлением.

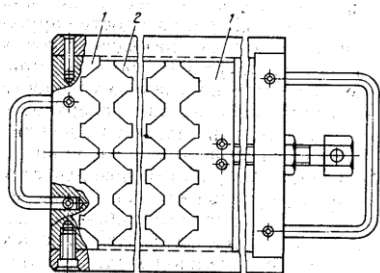


Рис. 6.33. Многоместное приспособление для шлифовки торцов пальцев

Режимы шлифования торцов пальцев: частота вращения круга — 1460 мин^{-1} , глубина резания — 0,06 мм, число проходов — 2. Используют шлифовальный круг марки ПП 450X63X203 1А5-В50С1-СМ1. Контроль длины обработанных пальцев осуществляется скобами, биение торцов контролируют на приспособлении при помощи индикатора часового типа.

Обработка фасок с двух сторон пальцев осуществляется на обдирочно-шлифовальном станке ТШН-400 с использованием приспособления. Для обработки используют шлифовальный круг ПП 400Х32Х203 1А5-Ю40МЗ-М1 с частотой вращения 1440 мин^{-1} при ручной подаче пальца.

Полируют наружную фаску на приспособлении (рис. 6.34), состоящем из сварного стола 4 и электродвигателя 2 с алмазным кругом /. Шлифовальный круг защищен кожухом 3, в нижней части которого (в зоне вращения круга) выполнено отверстие и установлена направляющая втулка 6 для подачи пальца. При износе шлифовального круга втулку перемещают при помощи винта 5 по направлению к шлифовальному кругу. Частота вращения круга— 1440 мин^{-1} .

После обработки фасок контролируют твердость наружной поверхности у всех пальцев. Твердость измеряют на приборе ТК-2М в трех поясах и двух плоскостях. При твердости на поверхности меньше НКС 56 пальцы бракуют и направляют на повторную раздачу.

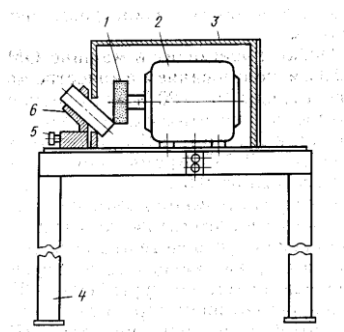


Рис. 6.34. Приспособление для полирования наружных фасок пальцев

Чистовое шлифование пальцев выполняют на двух бесцентровошлифовальных станках ЗА-184. Размеры контролируют индикатором 0,5-ИГП со стойкой и призмой.

Режимы шлифования: частота вращения круга — 1337 мин^{-1} , подача — $1,035 \text{ мм/об}$, число проходов — 1, глубина резания при первом чистовом шлифовании — $0,0075 \text{ мм}$, при втором— $0,0055 \text{ мм}$.

Для чистового шлифования используют шлифовальные круги ПП 500Х150Х305 1А5^К40^25С1-МЗ, ведущие круги ПВД 300Х150Х127 1А5-В6-12СТ-Т. Овальность, огранка, конусо-, бочко-, седлообразность и изогнутость наружной цилиндрической поверхности после чистового шлифования не должна превышать $0,003 — 0,004 \text{ мм}$ (в зависимости от типоразмера пальца).

Доводку- рабочей поверхности восстановленных пальцев осуществляют на бесцентровом доводочном станке ЗШ-184 Д по размерным группам.

Режимы доводки наружной цилиндрической поверхности пальцев: частота вращения шлифовального круга — 1920 мин^{-1} , подача — $0,2 \text{ мм/об}$, число проходов — 1. Для процесса доводки используют шлифовальные круги ПП 500Х150Х305 1А5-К6-8С1-СМ, ведущие круги ПВД 300Х150Х Х1227 1А5-ВЗ-6СТ-Т. В качестве охлаждающей жидкости так же, как и при

черновом и чистовом шлифовании, применяют 1,5 %-ный водный раствор кальцинированной соды.

Контроль, сортировка и маркировка. Восстановленные пальцы должны отвечать техническим требованиям, предусмотренным в рабочем чертеже на деталь.. После восстановления разностенность пальцев не должна превышать 0,5 мм. Твердость наружной поверхности пальцев должна быть в пределах НКС 56 — 63, причем разность в показаниях твердости в различных участках поверхности одного и того же пальца не должна отличаться более чем на 5 единиц.

Качество обработки поверхностей контролируют визуально. Риски, волосовины, черновины, забоины, трещины не допускаются. Не менее чем у 5 % восстановленных пальцев проверяют шероховатость наружной поверхности при помощи профилометра-профилографа модели БП-3. Шероховатость должна соответствовать $Ra = 0,16 — 0,08$ мкм.

Не менее чем на трех пальцах в смену проводят контроль микроструктуры цементованного слоя и сердцевины. Для этого используют металлографические микроскопы МИМ-7 или МИМ-8М. Микроструктура закаленного цементованного слоя должна состоять из мелкоигольчатого мартенсита и цементита, а сердцевина из мартенсита и феррита. Слой цементации должен быть не менее 7мм.

Конусность, бочкообразность, овальность цилиндрической рабочей поверхности пальцев контролируют пневматическим длинномером ДП-0,001.

Поршневые пальцы сортируют по наружному диаметру на размерные группы, кроме того, детали сортируют на группы и по массе. Сортировка пальцев осуществляется при помощи микроатора 0,5-ИГП со стойкой и призмой пневматического длинномера ДП-0,001. Обозначение размерной группы наносят на внутреннюю поверхность пальца масляной краской

соответствующего цвета. На торец наносят товарный знак завода-изготовителя штемпельной черной краской.

Консервация и упаковка. Поршневые пальцы перед консервацией моют в 25 — 30 %-ном растворе Лабо-мида-201 при температуре 95 — 100 °С. После этого пальцы помещают в раствор нитрита натрия (концентрация — 200 г на 1 л воды), нагретого до температуры 70 — 75° С. После извлечения пальцев из ванны и отекаания раствора детали вновь погружают в раствор нитрита натрия той же концентрации, но комнатной температуры. Далее контейнер с пальцами вынимают из ванны и кладут на стол для стока раствора. Пальцы пакуют в оберточную бумагу, пропитанную 20 %-ным раствором нитрита натрия, и в парафиновую бумагу БП-6. Пальцы одной весовой и размерной группы укладывают в упаковочные картонные коробки, на которой цифрами обозначают соответствующую группу. После чего пальцы направляют на склад готовой продукции.

Глава 7 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКОЙ И НАПЛАВКОЙ

7.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ВАРКИ

Различают три класса сварки в зависимости от вида энергии, применяемой при сварке, — термический, термомеханический и механический.

К *термическому классу* относятся виды сварки, осуществляемые плавлением, т. е. местным расплавлением соединяемых частей с использованием тепловой энергии. Основными источниками теплоты при сварке плавлением являются электрическая дуга, газовое пламя, электромагнитное поле, лучевые источники энергии и теплота, выделяемая при электрошлаковом процессе.

Источники теплоты характеризуются температурой и концентрацией, определяемой наименьшей площадью нагрева (пятно нагрева) и наибольшей поверхностной плотностью потока энергии в пятне нагрева. Например, при использовании в качестве источника теплоты газового пламени наименьшая площадь нагрева S_{\min} составляет $1 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2$, а наибольшая поверхностная плотность потока энергии в пятне W равна $5 \cdot 10^4 \text{ Вт/см}^2$. Для других источников энергии S_{\min} и W соответственно составляют: электрическая дуга в парах металла — $1 \cdot 10^{-3} \text{ см}^2$ и $1 \cdot 10^5$, микроплазма — $1 \cdot 10^{-6}$ и $1 \cdot 10^7$, электронный луч — $1 \cdot 10^7$ и $1 \cdot 10^8$; фотонный — $1 \cdot 10^{-8}$ и $1 \cdot 10^9$.

Приведенные в примере данные показывают, что степень сосредоточения теплоты в дуге в десятки раз, в плазме в тысячи раз, в фотонном луче (лазерная обработка) в десятки тысяч раз выше, чем в газовом пламени.

Из термического класса в ремонтном производстве в основном используют следующие виды сварки: электродуговую, газовую, электрошлаковую, индукционную, электронно-лучевую, лазерную.

Электродуговая сварка — сварка плавлением, при которой нагрев осуществляется электрической дугой. Разновидностью электродуговой сварки является плазменная сварка, при которой нагрев осуществляется сжатой дугой.

Газовая сварка — сварка плавлением, при которой кромки соединяемых частей изделия нагревают пламенем газов, сжигаемых на выходе горелки для газовой сварки.

Электрошлаковая сварка — сварка плавлением, при которой для нагрева металла используют теплоту, выделяющуюся при прохождении электрического тока через расплавленный электропроводный шлак.

Индукционная сварка — вид сварки плавлением, при которой кромки соединяемых частей изделия нагревают переменным электромагнитным полем.

Электронно-лучевая сварка — способ сварки плавлением в вакууме, основанный на использовании энергии сфокусированного потока электронов в электрическом поле высокой напряженности. Теплота выделяется в результате бомбардировки зоны сварки электронным потоком.

Лазерная сварка основана на использовании энергии светового потока высокой степени направленности. Это вид сварки плавлением, при котором нагрев металла осуществляется когерентным световым лучом, создаваемым оптическим квантовым генератором.

К *термохимическому* классу относятся виды сварки, при которых используется тепловая энергия и давление. К данному классу относятся контактная, диффузионная и прессовая.

Контактная сварка — сварка давлением, при которой - нагрев деталей осуществляется теплом, выделяемым при прохождении тока в соединяемых частях, находящихся в контакте.

Диффузионная сварка — сварка давлением, осуществляемая взаимной диффузией атомов контактирующих частей изделия при относительно длительном воздействии повышенной температуры' и при незначительной пластической деформации.

При прессовых видах сварки соединяемые части могут нагреваться пламенем газов (газопрессовая), дугой (дугопрессовая сварка), индукционным нагревом (индукционнопрессовая сварка) с последующим приложением усилия Сжатия.

К, *механическому* классу Относятся виды сварки, осуществляемые с использованием механической энергии и давления: холодная, взрывом, магнитоимпульсная, ультразвуковая и трением.

Холодная сварка — это сварка давлением при значительной пластической деформации без внешнего нагрева соединяемых частей.

Сварка взрывом — вид сварки, при котором соединение осуществляется в результате вызванного взрывом соударения быстро движущихся частей.

Магнитоимпульсная сварка — это вид сварки давлением, который основывается на использовании сил электромеханического взаимодействия между вихревыми токами, наведенными в соединяемых частях детали при пересечении их силовыми магнитными линиями импульсного магнитного поля, и самим магнитным потоком импульса. В отличие от других известных методов деформирования при магнитоимпульсной обработке электрическая энергия непосредственно преобразуется в механическую, и импульс давления магнитного поля действует непосредственно на заготовку без участия какой-либо

передающей среды. Это позволяет осуществлять деформацию как в вакууме, так и в любой среде; не препятствующей распространению магнитного поля.

Ультразвуковая сварка — это сварка давлением и основана она на соединении частей деталей посредством ведения механических колебаний высокой частоты (ультразвука).

Сварка трением—сварка давлением, при которой нагрев осуществляется трением, вызываемым вращением друг относительно друга свариваемых частей.

7.2. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ

Сварочная дуга. Источником тепла при дуговой сварке является сварочная дуга — устойчивый электрический разряд в сильно ионизированной смеси газов и паров материалов,

используемых при сварке, и характеризуемый высокой плотностью токов и высокой температурой.

Тепло, выделяемое в дуге, расходуется на нагрев газа, создание светового потока и непосредственно на сварку. Температура дуги—неравномерная, наиболее высокая в центре газового столба—около 6000°C (рис. 7.1).

Основной характеристикой сварочной дуги как источника энергии является эффективная тепловая мощность q_3 — это количество теплоты, введенное в металл в процессе сварки в единицу времени и затраченное на его нагрев. Эффективная тепловая мощность является частью полной тепловой мощности дуги q , так как при любом виде сварки наблюдаются непроизводительные расходы теплоты дуги на излучение, теплоотвод в металл и пр. Отношение эффективной тепловой мощности к полной тепловой мощности называют эффективным коэффициентом полезного действия процесса нагрева:

$$\eta_3 = q_3 / q$$

Для различных видов сварки значение η_3 может меняться в довольно широких пределах от 0,3 до 0,95, например, коэффициент полезного действия процесса нагрева открытой дуги, возбуждаемой угольным электродом— 0,5 — 0,65; сварка штучными электродами с покрытием — 0,7 — 0,85; дуга в аргоне — 0,5 — 0,6; сварка под флюсом — 0,85 — 0,93.

Количество теплоты, вводимое в металл в процессе горения дуги, отнесенное к единице длины шва получило название погонной энергии сварки. Погонная энергия равна отношению эффективной мощности дуги к скорости перемещения дуги $v_{\text{св}}$.

При восстановлении деталей используют три вида сварочных дуг (рис. 7,2). Они отличаются количеством электродов и способом их включения и свариваемого металла в электрическую цепь, Когда дуга горит между электродом и изделием, ее называют дугой прямого действия. Когда дуга горит между двумя электродами, а свариваемое изделие не включено в электрическую цепь, ее называют дугой косвенного действия. Трехфазная дуга возбуждается между двумя электродами, а также между каждым электродом и основным металлом.

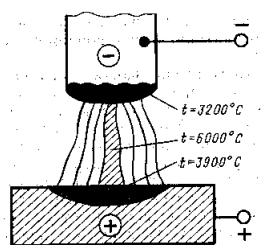


Рис. 7.1, Распределение температуры t в сварочной дуге

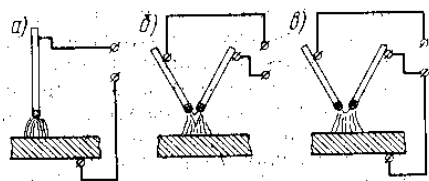


Рис. 7.2. Виды сварочных дуг:

а — прямого действия; б — косвенного действия; в — комбинированного действия (трехфазная)

По роду тока различают электрические дуги, питаемые переменным и постоянным током. При использовании постоянного тока различают сварку на прямой и обратной полярности. При горении электрической дуги постоянного тока наибольшее количество тепла выделяется на положительном полюсе. Это объясняется тем, что поток электронов в дуге испускается отрицательным полюсом — катодом. Электроны как бы бомбардируют положительный полюс (анод), вследствие чего он разогревается сильнее, чем катод. При сварке для плавления свариваемого металла необходимо затратить больше тепла, чем для расплавления самого электрода. Поэтому обычно отрицательный полюс сварочной цепи присоединяют к электроду, а положительный — к свариваемому металлу. Такое присоединение называется прямой полярностью. Если же отрицательный полюс источника питания присоединен к свариваемому металлу, а положительный — к электроду, то такая полярность называется обратной. Она применяется реже и только в тех случаях, когда необходимо получить меньший нагрев детали. Например, обратная полярность применяется при сварке тонколистовых изделий для предотвращения сквозного проплавления, сварке легированных сталей, которые очень чувствительны к перегреву и в прочих случаях.

При питании дуги переменным током полярность тока многократно изменяется соответственно числу периодов, т. е. 50 раз в секунду. Поэтому в сварочной дуге переменного тока поток электронов также будет менять свое направление, бомбардируя попеременно то свариваемый металл, то концы электрода. В результате этого тепло между электродом и свариваемым металлом будет распределяться равномерно.

Более экономичны источники питания переменным током. Так, при ручной сварке на переменном токе расход электроэнергии составляет 3 — 4 кВт·ч на 1 кг наплавленного металла, а при сварке на постоянном токе 6 — 8 кВт·ч. Однако при постоянном токе электрическая дуга получается более стабильной и устойчивой.

В зависимости от материала электрода различают дуги между неплавящимися электродами (угольными, вольфрамовыми) и плавящимися (металлическими) электродами.

Влияние кислорода, азота, водорода, серы и фосфора на свойства металла шва. При сварке плавлением происходит взаимодействие между жидким и твердым металлами, газами и жидким шлаком, образующимся при расплавлении шлакообразующих веществ, входящих в состав электродных покрытий или флюса.

Основными реакциями, происходящими в зоне сварки, являются реакции окисления и раскисления металла. Характерные условия металлургических реакций при сварке, как и при

кристаллизации — высокая температура нагрева, относительно малый объем расплавленного металла, кратковременность процесса.

Средняя температура капель электродного металла, поступающих в ванну, увеличивается с увеличением плотности тока и составляет при сварке $2200 — 2700^{\circ}\text{C}$, т. е. характеризуется значительным перегревом. Температура сварочной ванны при дуговой сварке также характеризуется значительным превышением над точкой плавления, перегрев составляет $100 — 500^{\circ}\text{C}$. Высокая температура способствует высокой скорости протекания реакций, однако из-за больших скоростей охлаждения реакции при сварке не успевают завершиться полностью.

Основными реакциями, происходящими в зоне сварки, являются реакции окисления и раскисления металла. Кислород в атомарном состоянии образует с железом закись (FeO), окись (Fe_2O_3), а также закись-окись (Fe_3O_4). В жидком металле растворяется только закись железа. Остальные окислы находятся в виде шлаковых включений и всплывают на поверхности сварочной ванны.

Кислород реагирует с металлом по реакции



где m и n — численные коэффициенты формулы химических реакций; Me — масса элемента металла; O_2 — масса кислорода.

Химические реакции протекают до состояния равновесия между исходными веществами и продуктами реакции. О состоянии равновесия можно судить по константе равновесия K .

Из закона действующих масс известно, что

$$K = \frac{m\text{MeO}_2^{n/2}}{(m\text{MeO}_n)}$$

где $m\text{MeO}$ — соответственно содержание в массе элемента Me и кислорода в зоне реакции, %. Реакция окисления будет происходить тем интенсивнее, чем больше произведение концентраций, вступающих в реакцию веществ (в данной формуле значение числителя), по сравнению с равновесной. Если константа будет меньше равновесной, идет реакция восстановления металла из его окисла. Константа равновесия, выраженная через парциальное давление пара веществ, вступающих в реакцию,

$$K_p = \frac{p_{\text{Me}} \cdot p_{\text{O}_2}}{(p_{\text{MeO}_n})}$$

где p_{Me} — парциальное давление веществ, вступающих в реакцию.

Наиболее сильным раскислителем является кремний и марганец. При окислении они дают соответственно окись кремния SiO_2 и закись марганца MnO . Активным раскислителем является углерод. При сварочных температурах углерод образует окись CO . Кислород попадает в металл шва в основном из воздуха при некачественной защите шва, из ржавчины и окалины при недостаточной зачистке свариваемой поверхности или же из влаги при сварке сырыми электродами. Сильными раскислителями являются также титан, углерод и алюминий.

Окружающий воздух является источником попадания в наплавленный металл азота. При сварочных температурах азот, переходя в атомарное состояние, хорошо растворяется в жидком металле сварочной ванны. Азот при охлаждении выделяется из раствора и при взаимодействии с металлами образует нитриды: Fe_2N , MnN , SiN и др., которые значительно снижают пластичность металла. Водород попадает в наплавленный металл из влаги, содержащейся в электродном покрытии, или из ржавчины на свариваемой поверхности, а также из флюса.

При кристаллизации металла шва водород, не успевая выделиться из металла, образует поры и мелкие трещины, а также "флокены" — дефект в виде светлого пятна, видимый на поверхности излома.

Очень вредными примесями в наплавленном металле являются сера и фосфор. Сера образует сернистое железо FeS с низкой температурой плавления, равной 1193°C . При кристаллизации стали сернистое железо, оставаясь в расплавленном состоянии, распределяется между кристаллами, вызывая появление трещин. Фосфор, присутствуя в наплавленном металле в виде фосфидов железа Fe_3S и Fe_2S , резко снижает пластичность металла:

Кристаллизация металла шва. При охлаждении и затвердевании жидкого металла шва происходит его кристаллизация, т. е. образование кристаллитов из жидкой фазы. Кристаллиты представляют собой кристаллы неправильной формы. Процесс образования кристаллитов из жидкого расплавленного металла при переходе его в твердое состояние называется первичной кристаллизацией. Первичная кристаллизация начинается по условной границе сплавления (рис. 7.3), по линии 1 начала охлаждения сварочной ванны, при этом происходит зарождение центров кристаллизации и рост зерен 2. Выросшие зерна имеют различную форму и расположение. В том случае, если зерна не имеют определенной ориентации и напоминают форму многогранника, структура гранулярная (зернистая). Она может быть крупно и мелкозернистой. Процесс изменения формы кристаллитов в металле, находящемся в твердом состоянии, носит название вторичной кристаллизации. Если же зерна вытянуты в одном направлении, структура называется столбчатой и дендритной. Крупнозернистое строение металла со столбчато-дендритной структурой характерно для медленного охлаждения.

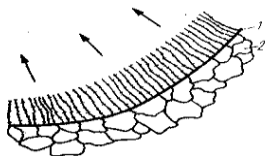


Рис. 7.3. Первичная кристаллизация металла шва. Стрелки показывают направление отвода тепла

Конечная структура металла шва зависит в основном от способа сварки, условий ее проведения, а также химического состава основного и присадочного металлов. Так, при ручной сварке электродом из низкоуглеродистой стали (содержание углерода до 0,2 %) металл шва имеет структуру с менее выраженной ориентировкой кристаллов и округлыми зернами феррита и

перлита. При автоматической сварке этой же стали под флюсом, когда скорость охлаждения более медленная, чем при ручной сварке металлическим электродом, металл шва приобретает столбчатодендритную структуру.

В околошовной зоне сварного соединения малоуглеродистой незакаливающейся стали, выполненного способом плавления, имеются следующие структурные участки (рис. 7.4); участок перегрева, температурными границами которого являются со стороны шва температура, близкая к солидусу, а со стороны основного металла температура 1100°C ;

участок 'нормализации; имеющий мелкозернистую структуру и повышенные свойства по сравнению с исходной структурой;

участок неполной перекристаллизации, находящейся в интервале температур от 725 до 850°C , при которых происходит частичная перекристаллизация металла. Средние размеры зоны участков для некоторых видов сварки приведены в табл. 7.1.

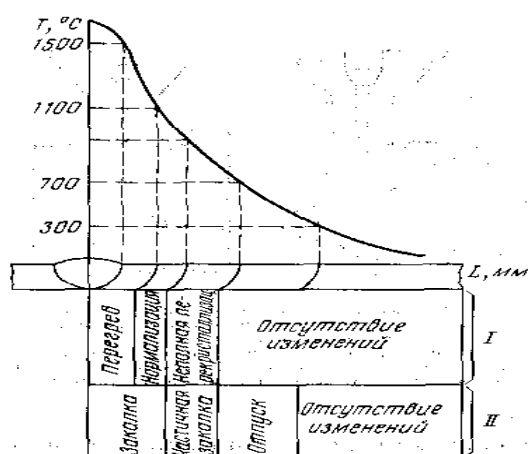


Рис. 7.4. Структурные участки околошовной зоны в зависимости от удаленности от сварочного шва:

/ — зона малоуглеродистой незакаливающейся стали; // — зона закаливающейся легированной стали

В закаливающейся легированной стали участки располагаются в та кой последовательности по мере удаления от шва: закалки, частичной закалки и отпуска.

Таблица.7.1. Размеры структурных участков околошовной зоны

Вид сварки	Средние размеры участка, мм			Общая длина зоны, мм
	пере- грева	нор- мали- зации	непол- ной пере- кри- стал- лиза- ция	
Толстопокрытым электродом	2,2	1,6	2,2	6,0
Под флюсом	0,8 — 1,2	0,8 — 1,7	0,7	2,5
Газовая	21,0	4,0	2,0	27,0

7.3. СВАРКА И НАПЛАВКА ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА

Сущность процесса сварки и наплавки. Сварка(наплавка)под слоем флюса представляет собой разновидность электродуговой сварки, при которой дуга горит под слоем сварочного флюса, обеспечивающего защиту сварочной ванны от воздуха. Наряду с защитными функциями флюс стабилизирует горение дуги, обеспечивает раскисление, легирование и рафинирование расплавленного сплава сварочной ванны.

Схема процесса наплавки под слоем флюса приведена на рис. 7.5. Восстанавливаемая деталь вращается в процессе наплавки с определенной скоростью. Электродная проволока автоматически подается в зону сварки. Дуга горит между концом электрода и восстанавливаемой поверхностью изделия под слоем флюса, который непрерывно подается из бункера. Под действием теплоты, выделяемой сварочной дугой, плавятся электродная проволока и основной металл, а также часть флюса, попавшего в зону горения дуги. В зоне горения дуги образуется полость, заполненная парами металла, флюса и газами. Их давление поддерживает флюсовый свод, образующийся над сварочной ванной. Под влиянием давления дуги жидкий металл оттесняется в сторону, противоположную направлению сварки, образуя сварочную ванну. Расплавленный флюс в результате значительно меньшей плотности всплывает на поверхность расплавленного металла шва и покрывает его плотным слоем.

Оболочка из расплавленного флюса предохраняет металл наплавки и околошовной зоны от кислорода и азота воздуха и, кроме того, препятствует разбрызгиванию жидкого металла. Благодаря тому, что расплавленный флюс обладает низкой теплопроводностью, замедляется процесс охлаждения наплавленного металла. Это облегчает всплытие на поверхность ванны шлаковых включений и растворенных в металле газов, что резко повышает качество наплавленного слоя сплава.

К достоинствам сварки (наплавки) подслоем флюса относится: высокая производительность процесса, благодаря применению больших токов, большой глубины проплавления, а также почти полного отсутствия потерь металла на угар и разбрызгивание; возможность автоматизации

процесса; высокое качество наплавленного металла в результате надежной защиты флюсом сварочной ванны; улучшение условий труда сварщика.

К недостаткам этого процесса сварки следует отнести: значительный нагрев детали; невозможность наплавки деталей диаметром менее 40 мм по причине стекания расплавленных наплавляемого металла и флюса с поверхности восстанавливаемой детали; необходимость в отдельных случаях повторной термической обработки детали.

Наплавку цилиндрических поверхностей деталей выполняют, как правило, по винтовой линии с перекрытием предыдущего валика последующим на $1/2 — 1/3$ ширины. Для предотвращения стекания расплавленных флюса и металла с восстанавливаемой поверхности наплавку ведут со смещением A электрода с зенита в сторону, обратную направлению вращения детали (см. рис. 7.5). Смещение электродной проволоки зависит в основном от диаметра наплавляемой детали и определяется опытным путем. Для деталей диаметром 50—150 мм смещение электрода лежит в пределах 3—8 мм.

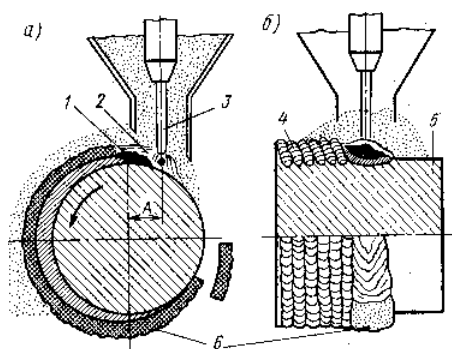


Рис. 7.5. Схема наплавки под слоем флюса: а — поперечный разрез; б — продольный разрез; 1—ванна расплавленного металла; 2— расплавленный флюс; 3 - электродная проволока; 4 — наплавленный слой металла; 5 — деталь; 6 — шлаковая корка; А — смещение электродной проволоки с зенита

При сварке под слоем флюса производительность процесса по машинному времени повышается в 6 — 12 раз по сравнению с ручной дуговой сваркой. Это достигается за счет использования больших плотностей тока в электродной проволоке (табл. 7.2). Такое повышение абсолютного значения тока и его плотности в электроде возможно благодаря наличию

Таблица 7.2. Сила и плотность тока в электроде при ручной дуговой сварке и сварке под слоем флюса

Диаметр электрод- ного стержня или проволоки, мм	Ручная дуговая сварка		Автоматическая сварка под флюсом	
	Сила тока, А	Плот- ность тока, А/мм ²	Сила то- ка, А	Плот- ность то- ка, А/мм ²
5	190— 350	10—18	700— 1000	35—50
4	125— 200	10—16	500— 800	40—63
3	80— 130	11—18	350— 600	50—85
2	50—65	16—20	200— 400	63—125

плотного слоя флюса вокруг зоны сварки, что предотвращает выдувание жидкого металла шва из сварочной ванны и сводит потери на угар и разбрызгивание до 1—3 %. Коэффициент наплавки при сварке под флюсом составляет 14—18 г/А*ч против 8—12 г/А-ч при сварке электродами.

Производительность сварки определяется массой металла, наплавляемого в единицу времени в граммах в час

$$Q = k_H I_{CB}$$

где k_H — коэффициент наплавки, г/А*ч; I_{CB} — сила сварочного тока, А.

Производительность наплавки под флюсом одним электродом составляет 9 — 15 кг/ч, а лентой 5 — 30 кг/ч.

Сварочные флюсы и электродные проволоки. Сварочным флюсом (ГОСТ 9087 — 81) называется неметаллический материал, расплав которого необходим для сварки и улучшения качества шва.

К флюсам для автоматической и полуавтоматической сварки предъявляют ряд следующих требований:

- обеспечение стабильности горения дуги в процессе сварки;
- получение заданного химического состава наплавленного металла;
- обеспечение требуемого формирования металла;
- получение швов без трещин и с минимальным (допустимым) числом шлаковых включений и пористостью;
- обеспечение легкой отделяемости шлаковой корки от поверхности наплавленного металла.

Решение этих задач связано с составом свариваемого материала и используемой электродной проволоки. Поэтому используемые для наплавки флюсы весьма разнообразны.

Химический состав наплавленного металла формируется в результате расплавления основного и электродного материалов, а также зависит от степени защиты от воздуха. Степень защиты от воздуха определяется как образующимся в результате горения дуги шлаковым куполом над реакционной зоной, так и высотой слоя твердых частиц флюса над этой зоной. Высота слоя насыпаемого на место сварки флюса с определенным гранулометрическим составом частиц зави-

сит от режимов сварки. Для наиболее распространенных флюсов, применяемых при сварке (наплавке) конструкционных малоуглеродистых и малолегированных сталей, которые широко используются в автомобильном производстве, рекомендации по количеству флюса, насыпаемого на место сварки, приведены в табл. 7.3.

Таблица 7.3. Высота слоя флюса и грануляции частиц для сварки на различных режимах

Сварочный ток, А	Необходимая высота слоя флюса, мм	Предел грануляции частиц, мм
200	25 — 35	0,25 — 1,6
400	25 — 35	0,25 — 1,6
600	35 — 40	0,25 — 1,6
800	35 — 40	0,4 — 2,5
1000	45 — 60	0,4 — 2,5

Флюсы классифицируют по следующим основным признакам.

1. Назначению:

флюсы общего назначения применяют для сварки и наплавки углеродистых и низколегированных сталей; флюсы специального назначения применяют для специальных способов сварки, таких как электрошлаковая сварка, сварка легированных сталей и т. д.

2. Способу изготовления:

плавленные, т. е. получаемые сплавлением шихты в электрических или пламенных печах, и неплавленные — т. е. изготовленные без расплавления шихты. К неплавленным относятся флюсы, изготовленные измельчением и смешиванием отдельных компонентов, а также керамические флюсы, которые получают смешиванием порошкообразных шлакообразующих, легирующих, раскисляющих и других компонентов.

3. Химическому составу: окисные флюсы, состоящие из окислов металлов и фтористых соединений, применяемые для сварки и наплавки углеродистых и низколегированных сталей; солевые флюсы, состоящие из фтористых и хлористых солей, применяемые для сварки активных металлов; солеокисные флюсы, применяемые при сварке и наплавке высоколегированных сталей.

4. Химическому составу шлакообразующей части:

кислые флюсы, содержащие кислые окислы SiO_2 и TiO_2 ; нейтральные флюсы, содержащие в основном фториды и хлориды; основные флюсы, содержащие окислы основного характера, такие как CaO , MgO и FeO .

Таблица 7.4. Некоторые флюсы, применяемые при сварке углеродистых и малолегированных сталей

Марка флюса	Химический состав флюса по массе, %				
	SiO ₂	MnO	CaF ₂	CaO	MgO
ОСЦ-45	38,0 — 44,0	38,0 — 47,0	6,0 — 9,0	≤ 6,5	≤ 2,5
АН-348А	41,0 — 44,0	34,0 — 38,0	4,0 — 5,5	≤ 6,5	5,5 — 7,5
АН-348АМ	41,0 — 44,0	34,0 — 38,0	3,5 — 4,5	≤ 6,5	5,0 — 7,5
ОСЦ-45М	38,0 — 44,0	38,0 — 47,0	6,0 — 9,0	≤ 6,5	≤ 2,5
ФЦ-9	37,0 — 42,0	36,0 — 41,0	2,0 — 3,0	≤ 6,0	≤ 2,0
АН-51	31,0 — 33,0	5,0 — 6,5	7,0 — 8,5	12,0 — 15,0	14,0 — 17,0

Продолжение табл. 7.4

Марка флюса	Химический состав флюса по массе, %							
	Al ₂ O ₃	B ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	TiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	S	P
	Не более							
ОСЦ-45	≤ 5,0	—	—	—	—	2,0	0,15	0,15
АН-348А	≤ 4,5	—	0,1—0,3	—	—	2,0	0,15	0,12
АН-348АМ	≤ 4,5	—	0,1—0,3	—	—	2,0	0,15	0,12
ОСЦ-45М	≤ 5,0	—	—	—	—	2,0	0,15	0,10
ФЦ-9	9,0 — 13,0	—	—	—	1,5	—	0,15	0,10
АН-51	21,0 — 23,0	—	—	1,5—2,5	1,5	—	0,15	0,05

Плавленные флюсы различают по строению частиц: стекловидные, пемзовидные и кристаллические флюсы.

По размеру частиц (зерен) флюсы делятся на: тонкозернистые (с зерном до 0,08 мм); мелкозернистые (0,1 — 1,6 мм); среднезернистые (0,25 — 3,0 мм) и крупнозернистые (0,35 — 5,0 мм).

Плавленные флюсы, в сравнении с керамическими, обладают более высокими технологическими свойствами (лучшая защита от воздуха, формирование наплавляемого сплава, отделимость шлаковой корки). Кроме того, плавленные флюсы более дешевые. Однако керамические флюсы позволяют в более широких пределах легировать наплавленный металл посредством элементов, входящих в флюс. Для механизированной наплавки наиболее широко используются плавленные флюсы.

Плавленные флюсы различают по содержанию в них окислов различных элементов. По количеству окиси кремния флюсы разделяются на: высококремнистые (38 — 44% SiO₂); низкокремнистые (до 0,5 SiO₂); бескремнистые. По содержанию окиси марганца на: высокомарганцевые (более 30 % MnO); среднемарганцевые (15 — 30 % MnO); низкомарганцевые (менее 0,5 % MnO).

Высококремнистые плавленные флюсы предназначены в основном для сварки и наплавки деталей из углеродистых и низколегированных сталей (табл. 7.4). Наиболее широко в ремонтном производстве для восстановления деталей наплавкой используют высококремнистые марганцовистые флюсы ОСЦ-45, ОСЦ-45М, АН-348А и АН-348АМ.

Чтобы уменьшить окисление металла в результате его реакций с флюсом, для сварки легированных сталей используют флюсы с ограниченной концентрацией окиси кремния и окиси марганца. Состав некоторых таких флюсов приведен в табл. 7.5.

Рассмотренные плавные флюсы являются системами, состоящими из неметаллических составляющих, окисных и галогенных соединений. Легирование наплавленного металла в этих случаях может иметь место только в результате диссоциации соединений, входящих в состав флюса, или в результате обменных реакций, которые сопровождаются либо повышением в металле концентрации кислорода, либо потерей им других полезных легирующих составляющих. Поэтому вводить таким способом большое количество легирующих элементов в наплавленный металл через флюс затруднительно, и оно ограничивается, как правило, десятыми долями процента.

Более эффективным способом легирования через флюсы является введение в их состав свободных металлических составляющих. В этих случаях флюс представляет собой смесь металлических и неметаллических составляющих. Такие флюсы называют керамическими. Составы керамических флюсов могут быть весьма разнообразными, включающими различные окислы, карбонаты, галогениды,

металлические порошки, различные сложные соединения и связующие. В качестве основного вида связующего обычно используют жидкое стекло.

Имея неоспоримое преимущество в виде возможности широкого диапазона легирования наплавленного сплава, керамические флюсы имеют и серьезные недостатки. Осуществляемое ими легирование связано с количеством флюса, переводимого в жидкую фазу, а оно в сильной степени зависит от сварочного режима и однородности химического состава флюса. Это приводит к значительной неоднородности наплавленного металла по химическому составу. Кроме того, к недостаткам керамических флюсов следует отнести низкую механическую прочность и большую гигроскопичность.

Однако, несмотря на отмеченные недостатки, керамические флюсы достаточно широко используются для восстановления деталей наплавкой. Чаще применяют флюсы АНК.-18 и АНК.-19. Например, химический состав металла, наплавленного недорогой низкоуглеродистой электродной проволокой СБ-08 под слоем флюса АНК-19 содержит: 0,49 % С; 0,66% Мп; 0,34% Si; 3,15 %Cr. При этом твердость наплавленного металла лежит в пределах ИКС 45 — 49.

Таблица 7.5. Состав флюса для сварки легированных сталей

Марка флюса	Химический состав флюса по массе, %									
	SiO ₂	MnO	CaF ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	K ₂ O + Na ₂ O	FeO	S	P
	Не более									
АН-10	20—23	29—33	18—24	3—7	1,2	19—21	0,4—0,6	12	0,15	0,20
АН-15	24—29	1,8—2,2	20—22	14—18	9—10	22—25	—	0,8	0,03	0,03
АН-22	18—21	6—9	20—24	12—15	11—15	19—23	—	1,0	0,06	0,06
АН-30	2—5	0,5	19—23	16—20	13—16	39—44	—	1,0	0,08	0,05

Электродная проволока для сварки под флюсом выпускается по Государственному стандарту, который распространяется на горячекатаную и холоднокатаную проволоку из угле-

родистых, легированных и высоколегированных сталей. В ГОСТе указывается диаметр проволоки, химический состав, размеры мотков и другие данные. Примерный химический состав материала проволоки можно определить по буквам и цифрам, входящим в обозначение марки проволоки. Сварочная проволока имеет индекс "СБ", а наплавочная "Нп". Цифры указывают среднее содержание углерода в сотых долях процента. Марку проволоки выбирают в соответствии с химическим составом свариваемой стали. Например, для сварки малоуглеродистых сталей используют низкоуглеродистые проволоки СБ-08, СБ-08А, СБ-08ГА и др. Легирующие элементы, входящие в состав проволоки, имеют те же обозначения, что и при маркировке стали. Буква "А" указывает на повышенную чистоту металла по содержанию серы и фосфора. Проволока, изготовленная из стали, выплавленной электрошлаковым или вакуумно-дуговым способом или же в вакуумно-индукционных печах, обозначается буквами Ш, БД и ВИ,

Наплавочную проволоку разделяют на три группы: из углеродистой стали и типа Нп-30, Нп-40, Нп-80 и другие, всего 8 марок; из легированной стали, например Нп-30Х5, Нп-30ХГСА, всего 11 марок; из высоколегированной стали, например Нп-4Х13, Нп-45Х4В3Ф, Нп-45Х2В8Т, всего 9 марок.

Для наплавки под слоем флюса используют также и порошковые проволоки марки ПП-3Х2В8, ПП-10ХВ14.

Для повышения производительности процесса наплавки под флюсом последнее время в качестве наплавочного электродного материала используют сплошные или порошковые ленты толщиной 0,3—1 мм и шириной 20—100 мм. Однако для использования данных материалов для наплавки автомобильных деталей требуется проведение дополнительных исследований.

Режимы наплавки. Качество сварного соединения и наплавленной детали во многом определяется режимами наплавки, которые характеризуются размером сварочного тока,

напряжением, родом тока и его полярностью, скоростью сварки, диаметром и скоростью подачи электродной проволоки. К дополнительным параметрам, режима относится вылет электрода, наклон электрода к наплавляемой поверхности, марка флюса.

Параметры режима наплавки. выбирают исходя из толщины слоя наплавляемого металла, размеров детали, требуемой формы наплавляемого валика. Режим сварки выбирают по экспериментальным таблицам или расчетом.

Силу сварочного тока ориентировочно можно определить по эмпирической форме

$$J_{\text{св}} = 110d + 10d^2$$

где d — диаметр электрода, мм.

Скорость наплавки в метрах в минуту

$$v_n = \alpha_n J_{\text{св}} / 60M$$

где α_n — коэффициент наплавки, г/(А·ч); $J_{\text{св}}$ — сила сварочного тока. А; M — масса 1 м металла наплавки, г.

Скорость подачи электродной проволоки в метрах в минуту

$$v_n = 4\alpha_n J_{св} / (60\pi d^2 \gamma)$$

где d — диаметр электродной проволоки, мм; γ — плотность наплавленного металла, г/см³.

Частота вращения наплавляемой детали в оборотах в минуту

$$N = [250 v_n d^2 v_n d^2 / (\Delta s D)] \eta$$

где v_n — скорость подачи электродной проволоки, м/мин; Δ — толщина слоя наплавки, мм; s — шаг наплавки, мм/об; D — диаметр восстанавливаемой детали, мм; η — коэффициент наплавления,

Обычно шаг наплавки s принимают равным от 2 до 6 диаметров электродной проволоки за один оборот детали. Наплавку плоских поверхностей осуществляют через валик или отдельными участками, что позволяет уменьшить коробление детали.

При наплавке автомобильных деталей, особенно таких, у которых длина значительно превышает диаметр наплавляемой поверхности, необходимо стремиться к минимальной глубине проплавления основного металла. Это позволяет уменьшить деформацию детали и зону термического влияния, а также снизить вероятность образования трещин в наплавленном металле. Поэтому при выборе режимов наплавки выбирают, как правило, минимально допустимый сварочный ток. Кроме того, увеличение диаметра электродной проволоки при неизменном сварочном токе также уменьшает глубину проплавления и увеличивает ширину шва в связи с эффектом блуждания дуги.

При сварке на постоянном токе глубина проплавления будет зависеть и от полярности, что объясняется различной температурой на катоде и аноде дуги. При сварке на постоянном токе обратной полярности (минус на деталь) глубина проплавления на 40 — 50 % меньше, чем при сварке током на прямой полярности. В определенных пределах глубину проплавления можно изменять, регулируя вылет электрода. С увеличением вылета электрода интенсифицируется его подогрев и соответственно скорость плавления, в результате чего толщина расплава под дугой увеличивается и глубина проплавления уменьшается.

Ширину наплавляемого валика регулируют выбором диаметра электродной проволоки и изменением напряжения дуги. При увеличении напряжения возрастает длина дуги, в результате чего увеличивается ее подвижность и возрастает доля теплоты дуги, расходуемой на расплавление флюса. При этом растет ширина валика наплавленного металла, а глубина проплавления остается практически постоянной.

В табл. 7.6 и 7.7 приведены режимы наплавки плоских и цилиндрических деталей.

Таблица 7.6. Режимы наплавки цилиндрических деталей под слоем флюса

Диаметр детали, мм	Сила тока, А, при диаметре электродной проволоки, мм		Напряжение, В	Скорость наплавки, м/ч	Скорость подачи электрода, м/ч	Шаг наплавки, мм/об
	1,2 — 1,6	2 — 2,5				
50 — 60	120 — 140	140 — 160	26 — 28	16 — 24	77	3
65 — 75	150 — 220	180 — 220	26 — 28	16 — 28	17	3,5 — 4
80 — 100	180 — 200	230 — 280	28 — 30	16 — 30	104	4
150 — 200	230 — 250	300 — 350	30 — 32	16 — 32	140	5
250 — 300	270 — 300	350 — 380	30 — 32	16 — 35	200	6

Таблица 7.7. Режимы наплавки под слоем флюса плоских поверхностей

Износ поверхности, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость наплавки, м/ч	Скорость подачи электрода, м/ч
2 — 3	1,6 — 2	160 — 220	30 — 32	20 — 25	100 — 125
2 — 4	1,6 — 2	320 — 250	32 — 34	25	150 — 200
4 — 5	2 — 3	350 — 460	32 — 34	20 — 25	180 — 210
5 — 6	4 — 5	650 — 750	34 — 36	25 — 30	200 — 250

При использовании порошковой проволоки режимы наплавки необходимо выбирать по табл. 7.8.

Оборудование. Для восстановления деталей наплавкой под слоем флюса наиболее широко используется специальная установка УД-209. Наплавка осуществляется методом винтового или прямолинейного наложения сварочных швов на восстанавливаемую поверхность детали. Установка обеспечивает практически все виды наплавочных работ:

- наплавку цилиндрических поверхностей по спирали с шагом наплавки от 2,8 до 12,6 мм;
- наплавку деталей с колебаниями электрона на ширину наплавляемой поверхности (до 60 мм);
- линейную наплавку;
- наплавку конусных поверхностей.

На установке возможна наплавка деталей диаметром от 25 до 360 мм и длиной от 100 до 800 мм. В качестве электродного материала используют проволоку сплошную и порошковую диаметром 1,2 — 3,2 мм.

Таблица 7.8. Режимы наплавки порошковой проволокой

Марка проволоки	Диаметр, мм	Ток, А	Напряжение, В	Скорость наплавки, м/ч	Защитная среда	Твердость после наплавки HRC
ПП-АН103	2,5 — 3	260 — 320	22 — 24	18 — 25	Флюс АН-20	40 — 44
ПП-АН104					Флюс АН-20	40 — 44
ПП-АН120	2,5	120 — 130	19 — 20	30 — 35	Флюс АН-348НВ	300 — 350

Наплавочная установка обеспечивает фиксацию восстанавливаемой детали, ее вращательное движение, подачу электродной проволоки в зону горения дуги, поступательное перемещение электродной проволоки вдоль оси вращения детали и при необходимости приведение электродной проволоки в колебательное движение.

Наплавочная установка УД-209 (рис. 7.6) состоит из сварной станины, на которой размещены каретка, вращатель детали, механизм подачи электродной проволоки, мундштука, задней бабки с подвижной пиколью, устройства для отсоса газов, бункера для флюса и пульта управления.

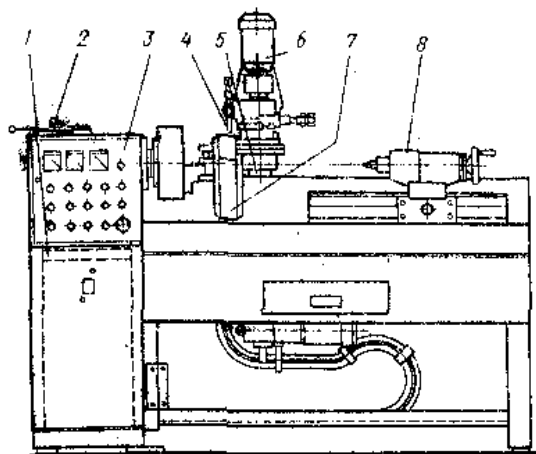


Рис. 7.6. Схема наплавочной установки УД-209

Каретка 5 установлена на станине 1 наплавочного станка представляет собой плиту, на которой закреплены ролики: верхние — на неподвижных осях и нижние, имеющие устройство, поджимающее их к направляющим станины. На корпусе каретки крепятся механизмы подъема сварочной головки, а также концевые выключатели механизма подъема и перемещения каретки,

Механизм подачи 6 служит для подачи электродной проволоки через мундштук 4 в зону наплавки. Механизм подачи установлен на каретке и состоит из электродвигателя червячного редуктора, соединенных между собой изоляционной муфтой и изолирующей прокладкой. Кроме того, механизм подачи электродной

проволоки содержит колебатель мундштука и обеспечивает одновременную подачу и колебания электрода. Регулирование скорости подачи электродной проволоки осуществляется ступенчато при помощи сменных шестерен.

Мундштук 4 установлен на механизме подачи, содержит спираль, являющуюся направляющей для электродной проволоки. Вращатель 2 предназначен для вращения наплавляемой детали, а также для синхронного перемещения каретки при помощи ходового винта при определенных видах наплавки. Привод вращателя осуществляется через клиноременную передачу и червячный редуктор от тиристорного электродвигателя. Такой привод обеспечивает плавную регулировку частоты вращения шпинделя установки в пределах $0,06 \text{—} 6,58 \text{ мин}^{-1}$.

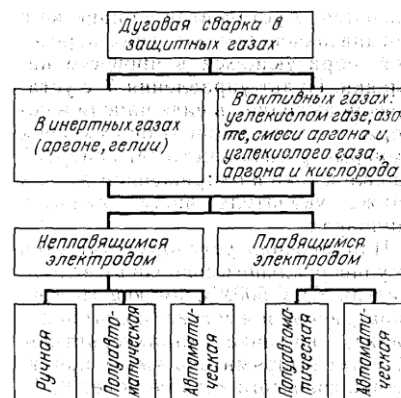


Рис. 7.7. Классификация способов сварки и наплавки в среде защитных газов

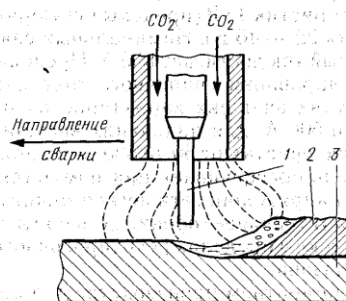


Рис. 7.8. Схема сварки (наплавки) в среде углекислого газа: 1 — электродная проволока; 2 — наплавленный металл; 3 — наплавляемая деталь

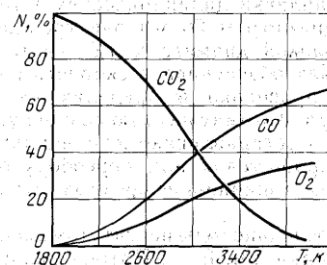


Рис. 7.9. Состав N равновесной газовой смеси, являющейся продуктами диссоциации CO_2 , в зависимости от температуры T

И

И

Задняя бабка 8 с подвижной пиколью предназначена для поджима длинномерных наплавляемых деталей. Пиколь имеет ручной привод и снабжена тепловым компенсатором. Газоотсос 1 установлен на каретке и предназначен для удаления аэрозолей, образующихся в процессе наплавки. Пульт управления 3 с установкой выполнен в виде панели и содержит помимо управляющих кнопок амперметр и вольтметр для контроля за силой тока и напряжением дуги, а также указатель чисел оборотов шпинделя.

Наплавочная установка питается от универсального сварочного выпрямителя ВДУ-506УЗ, имеющего крутопадающие и жесткие (пологопадающие) внешние характеристики. Данный выпрямитель имеет напряжение холостого хода не более 85 В, номинальное же рабочее напряжение для жестких внешних характеристик 50 В (пределы регулирования— 18— 50 В), а для падающих внешних характеристик 46 В (пределы регулирования 22 — 46 В). Номинальный сварочный ток достигает 500 А. Пределы регулирования сварочного тока для жестких внешних характеристик от 60 до 500 А, для падающих внешних характеристик от 50 до 500 А. Выпрямитель обеспечивает при номинальном напряжении сети легкое зажигание и устойчивое горение дуги при любом токе в пределах регулировочного диапазона.

В ремонтном производстве для наплавки деталей под флюсом достаточно широко используется автомат А-580М, который представляет собой универсальную сварочную головку облегченного типа. Его используют для наплавки цилиндрических деталей диаметром 50 мм электродной проволокой диаметром 1,6 — 4 мм. Автомат обеспечивает скорость подачи проволоки в пределах 78 — 198 м/ч. Автоматическую сварочную головку устанавливают на специальных вращателях или переоборудованных токарно-винторезных станках.

В последние годы институтом электросварки им. Е. О. Патона разработана серия станков У-652, У-653, У-654, предназначенная для наплавки под слоем флюса цилиндрических, конических, шлицевых наружных и внутренних поверхностей деталей диаметром 50 — 800 мм и длиной до 1300мм.

В авторемонтном производстве наплавкой подслоем флюса восстанавливают десятки наименований деталей: коленчатые и распределительные валы, полуоси, валы коробок передач и пр. Анализ данных за 1985 — 1990 гг. по распределению работ по способам восстановления деталей позволяет сделать вывод о том, что каждая третья деталь восстанавливалась наплавкой под слоем флюса.

7.4. СВАРКА И НАПЛАВКА В ЗАЩИТНЫХ ГАЗАХ

Сущность способа сварки и наплавки в защитных газах. В зону горения дуги под небольшим давлением подают газ, который вытесняет воздух из этой зоны и защищает сварочную ванну от кислорода и азота воздуха. В зависимости от применяемого газосварку в защитных газах разделяют на сварку в активных и инертных газах (рис. 7.7), Сварку (наплавку) в защитных газах ведут как плавящимся, так и неплавящимся электродом. В первом случае металл электрода плавится и

участвует в образовании сварного шва. При сварке неплавящимся электродом (обычно вольфрамовым) металл электрода не плавится и с металлом шва не реагирует, а присадочный материал вводят в зону дуги отдельно. Сварку неплавящимся электродом широко применяют при восстановлении деталей из алюминия и его сплавов. Наибольшее распространение при восстановлении автомобильных деталей получили сварка и наплавка в среде углекислого газа и аргона.

Сварка и наплавка деталей в среде углекислого газа. Сварка (наплавка) в углекислом газе — это способ сварки плавящимся электродом с защитой сварочной ванны от воздуха углекислым газом. Сварка в углекислом газе голой, сплошной проволокой относится к самым дешевым способам сварки углеродистых и низколегированных деталей. Поэтому по объему производства она занимает первое место среди механизированных способов сварки плавлением.

При сварке в среде углекислого газа (рис. 7.8) из сопла горелки, охватывающего поступающую в зону горения дуги электродную проволоку, вытекает струя газа, достаточная для оттеснения воздуха от реакционной зоны сварки. Защитные свойства струи зависят от физических свойств газа, в частности, от соотношения его плотности к плотности воздуха. Плотность углекислого газа достаточно высокая, приблизительно в 1,5 раза больше плотности воздуха, что позволяет обеспечить защиту реакционного пространства дуги от воздуха при относительно небольших расходах газа в струе. Исследованиями установлено, что расход газа в объеме 10 л/мин уже обеспечивает достаточную защиту реакционного пространства.

Однако в процессе сварки углекислый газ, попавший в зону горения дуги, диссоциирует: $2\text{CO}_2 = 2\text{CO} + \text{O}_2$.

Поэтому сварка уже происходит не в чистом углекислом газе, а в равновесной смеси газов CO_2 , CO и O_2 . Количественное соотношение объемов N этих газов зависит от температуры (рис. 7.9). Из рис. 7.9 видно, что при температурах T капля металла (приблизительно 2600 — 2800 К) содержание кислорода в продуктах диссоциации углекислого газа только несколько меньше, чем в атмосфере воздуха. Следовательно, при сварке в среде углекислого газа обеспечивается практически полная защита расплавленного металла от азота воздуха. Однако сохраняется почти такой же окислительный характер газовой смеси, каким бы он был при сварке голой электродной проволокой в атмосфере воздуха.

Таким образом, при сварке в среде CO_2 необходимо предусматривать меры по раскислению наплавляемого металла. Раскисление можно проводить двумя методами: специальной обработкой металла шлаком в результате дополнительного введения флюса; применением электродной проволоки, в состав которой входят хорошие раскислители.

В практике сварочно-наплавочных работ распространение получил второй способ. В основном при сварке в среде CO_2 в качестве раскислителей используют кремний (0,6 — 1,0 %) и марганец (1 — 2 %).

При использовании таких электродных проволок диаметром около 2 мм в наплавленном металле конечное содержание кислорода составляет 0,03 — 0,05 %, при содержании 0,3 — 0,4 % кремния и 1 % марганца. Таким образом, потеря кремния составляет в среднем $0,8 - 0,35 = 0,45$ %; а марганца $1,7 - 1,0 = 0,7$ %. Если пренебречь потерями на испарение, то расчетное количество раскислителей может связать кремний в $\text{SiO}_2 =$

$= 0,5 \% \text{O}_2$ и марганец в $\text{MnO} = 0,2 \% \text{O}_2$, т. е. в сумме 0,7 %.

При охлаждении наплавленного металла углерод, содержащийся в стали, окисляясь будет способствовать образованию оксида углерода по следующим реакциям: $\text{C} + \text{O} = \text{CO}$ и $\text{FeO} + \text{C} = \text{CO} + \text{Fe}$.

Образующийся при кристаллизации наплавленного металла угарный газ (CO) выделяется в виде пузырьков, часть из которых, вследствие быстрой кристаллизации сварочной ванны, не успевает выделиться и задерживается в металле. В результате в наплавке могут образоваться поры.

Если электродная проволока содержит кремний и марганец, то окислы железа раскисляются не за счет углерода с образованием CO, а за счет более лучших раскислителей из проволоки Si и Mn. Это предотвращает образование пор. Раскисление окислов железа идет по реакциям: $2\text{FeO} + \text{Si} = \text{SiO}_2 + 2\text{Fe}$ и $\text{FeO} + \text{Mn} = \text{MnO} + \text{Fe}$.

Образующиеся в процессе раскисления окислы кремния и марганца всплывают и скапливаются на поверхности сварочной ванны в виде шлаков.

Сварочные материалы, используемые для сварки и наплавки в среде углекислого газа, это — электродные проволоки, содержащие раскислители Св-0,8ГС, Св-08Г2С, Св-10ГС, Св-18ХГС, Нп-30ХГСА, ПП-АН4, ПП-АН5, ПП-АН8, ПП-3Х2В8Т и др. Сварка(наплавка)электродной проволокой, которая не содержит достаточного количества раскислителей Si и Mn и происходит с большим содержанием углерода, сопровождается значительным разбрызгиванием расплава, в наплавленном металле наблюдается пористость, повышается опасность образования трещин.

Промышленное производство углекислого газа основано на его извлечении из газов, образующихся при взаимодействии серной кислоты и мела, при обжиге известняка (около 40 % добычи CO_2), сжигании кокса и антрацита в специальных топках (до 18 % CO_2) из дымовых газов котельных установок (до 12 % CO_2) и пр.

Углекислый газ при атмосферном давлении может находиться либо в газообразном состоянии, либо в твердом при температуре ниже $-78,9^\circ\text{C}$ (сухой лед). В жидкое состояние углекислоту переводят при повышенном давлении. Для сварки и наплавки наиболее удобна ее поставка в виде жидкости.

При испарении 1 л жидкой углекислоты при температуре 0°C и атмосферном давлении получается 506,8л газа. В стандартный баллон с водяной вместимостью 40 л заливается 25 кг жидкой углекислоты, которая при нормальном давлении занимает 67,5 % объема баллона и дает

при испарении около $12,5 \text{ м}^3$ газа. В верхней части баллона вместе с газообразной углекислотой скапливается воздух. Вода как более тяжелая, чем жидкая углекислота, собирается в нижней части баллона.

Для сварки и наплавки углекислый газ поставляется по соответствующим техническим условиям, хотя после дополнительной очистки можно пользоваться и пищевой углекислотой.

При использовании пищевой углекислоты в баллонах для удаления примесей воздуха рекомендуется перед сваркой выпускать первые порции газа в атмосферу, а затем после отстаивания баллона в перевернутом положении (вентилем вниз) слить воду, осторожно открывая вентиль. После удаления воды и первых загрязненных объемов газовой фазы такая пищевая углекислота дает удовлетворительные результаты при сварке и наплавке.

На крупных ремонтных заводах организовано централизованное снабжение углекислым газом сварочных постов из стационарных вместимостей большого объема. При такой схеме газораспределения жидкая углекислота доставляется потребителю в специальных цистернах и затем переливается в эти вместимости. По специальным трубопроводам пары углекислоты поступают на рабочие посты.

Оборудование для сварки и наплавки в среде углекислого газа — это серийно выпускаемые комплекты (рис. 7.10) различных конструкций: А-547-У, А-547-Р, А-577-У, А-929, ПДПГ-30, аппараты советско-австрийского производства "Варио-Стар".

На ремонтных предприятиях наиболее широко используется полуавтомат А-547-У, который обеспечивает качественную сварку металла толщиной 0,8 — 4,0 мм. Диаметр применяемой электродной проволоки может изменяться в широких пределах от 0,6 до 1,2 мм при скорости ее подачи 140 — 600 м/ч. Номинальный сварочный ток — 300 А. В качестве источника питания используется сварочный селеновый выпрямитель ВС-300.

Сварочный аппарат А-577-У позволяет использовать электродную проволоку диаметром 1,6 — 2 мм при скорости ее подачи 80 — 600 м/ч. Номинальный сварочный ток питания дуги — 500 А.

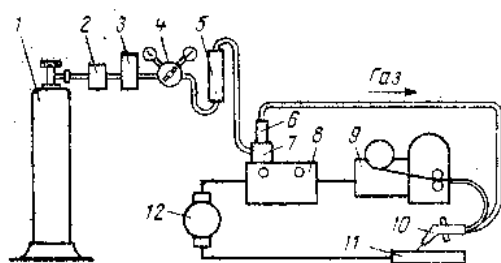


Рис. 7.16. Схема установки для сварки (наплавки) в среде CO_2 :

1 — баллон с углекислым газом; 2 — осушитель; 3 — подогреватель газа; 4 — газовый редуктор; 5 — расходомер газа; 6 — клапан; 7 — электромагнит; 8 — аппаратный ящик; 9 — механизм подачи проволоки; 10 — горелка; 11 — восстанавливаемая и деталь; 12 — источник тока

При выходе из баллона углекислый газ резко расширяется и переохлаждается. При определенном расходе газа его температура снижается до такой степени, что может произойти замерзание влаги в газопроводах. Это приводит к прекращению доступа газа в горелку и соответственно в зону сварки. Для предотвращения закупорки газопроводов углекислый газ подогревают при помощи специального устройства — подогревателя газа (рис. 7.11).

Подогреватель газа присоединяется к вентилю баллона при помощи накидной гайки. Углекислый газ после открытия вентиля проходит по змеевику и нагревается от спирали, питаемой электрическим током напряжением 36 В. Подогретый газ выходит через штуцер и поступает в понижающий редуктор.

Для удаления влаги из углекислого газа используют осушитель (рис. 7.12). В качестве поглотителя влаги, как правило, используют силикагель.

Режимы сварки и наплавки во многом определяют качество деталей, восстановленных сваркой или наплавкой. К основным параметрам сварки или наплавки в CO_2 относятся: сила сварочного тока, напряжение питания дуги, диаметр, вылет и скорость подачи электродной проволоки, скорость сварки, расход углекислого газа.

Сварочный ток и диаметр электродной проволоки находятся в зависимости от толщины свариваемого металла, и наплавки, числа слоев шва, химического состава наплавляемой детали. В зависимости от сварочного тока, напряжения питания дуги, диаметра и состава проволоки выбирают скорость подачи электродной проволоки с таким расчетом, чтобы обеспечить устойчивое горение дуги. Следует использовать источники питания с жесткой внешней характеристикой: ПСГ-500-1, ПСУ-500, ВС-300, ВДГ-301, ВДГ-502, ВСЖ-303 и др.

Вылет электрода должен быть в пределах 8 — 15 мм и зависит от удельного электрического сопротивления электродной проволоки, ее диаметра, силы тока. Расход углекислого газа, достаточный для защиты зоны сварки от азота воздуха, составляет 7—10 л/мин. С возрастанием плотности сварочного тока расход газа должен увеличиваться.

В практике ремонтного производства режимы сварки (наплавки) можно определить по типовым таблицам режимов. Например, в табл. 7.9 приведены режимы сварки тонколистовой стали в зависимости от толщины свариваемого металла, а в табл. 7.10 — режимы наплавки цилиндрических поверхностей в зависимости от диаметра детали и толщины слоя наплавки.

Механизированную наплавку применяют для восстановления деталей диаметром 10 — 30 мм, а также для

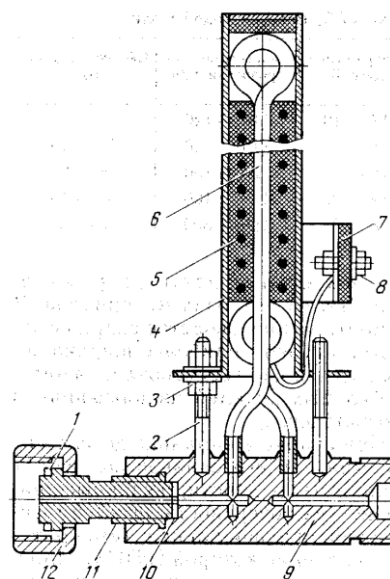


Рис. 7.11. Подогреватель углекислого газа:
1 и 10 — прокладки; 2 — стойка; 3 — гайка; 4 — кожух; 5 — нагревательная спираль; 6 — змеевик; 7 — панель; 8 — зажим подогревателя; 9 — штуцер; 11 — патрубок; 12 — накидная гайка

наплавки глубоких отверстий, когда трудно применить другие способы.

В авторемонтном производстве сварка в среде CO_2 является незаменимым способом восстановления рам, кабин и кузовов. Наплавкой восстанавливают десятки наименований деталей: гладкие и шлицевые участки валов, вилки переключения коробок передач, сошки рулевого

управления и пр. За период 1985 — 1990 гг. электродуговой сваркой (наплавкой) в среде CO_2 было восстановлено около 20 % от всего объема, поступивших в ремонт деталей.

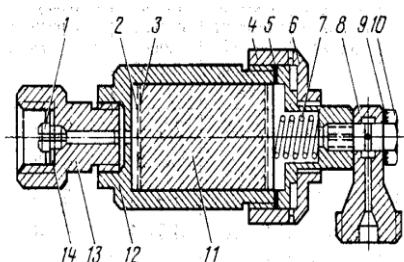


Рис. 7.12. Осушитель углекислого газа:
1 — винт; 2 — решетка; 3 — сетка; 4 — гайка; 5, 9 и 14 — прокладки; 6 — крышка; 7 — пружина; 8 и 13 — штуцера; 10 — болт; 11 — поглотитель влаги; 12 — корпус

Аргонно-дуговая сварка и наплавка. Свойства некоторых металлов и сплавов заметно ухудшаются при воздействии на них при высоких температурах кислорода, а в отдельных случаях азота и водорода. Для исключения такого вредного воздействия применяют сварку в инертных газах. Защиту реакционного

сварочного пространства в этих случаях осуществляют либо струей защитного инертного газа, оттесняющего воздух из зоны горения дуги, либо проведением сварки в специальных камерах с созданием в них атмосферы требуемого состава.

Таблица 7.9. Типовые режимы сварки в CO_2 тонколистовой стали

Толщина металла, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/ч	Скорость сварки, м/ч
1,0 — 1,5	0,8	70 — 110	17 — 19	110 — 120	30 — 40
1,0 — 2,0	1,0	90 — 150	18 — 22	110 — 150	30 — 40
1,5 — 2,5	0,8	100 — 150	18 — 21	120 — 150	25 — 35
2,0 — 3,0	1,0	125 — 180	19 — 22	130 — 160	30 — 40
3,0 — 4,0	1,0	150 — 270	18 — 22	150 — 300	25 — 30

Наиболее универсальным защитным газом является аргон. В ряде случаев к инертному газу для улучшения устойчивости дугового разряда, формирования шва, повышения производительности добавляют различные активные газы.

Таблица 7.10. Режимы наплавки цилиндрических поверхностей в зависимости от диаметра детали и толщины наплавленного шара металла

Диаметр детали, мм	Толщина наплавленного шара, мм	Диаметр провода, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость наплавления, м/ч	Смещение электродной проволоки, мм	Шаг наплавления, мм/об	Потери углеродного газа, л/мин
10—20	0,5—0,8	0,8	70—90	16—18	40—45	2—4	2,5—3	6—8
20—30	0,8—1	1	85—110	18—20	40—45	3—5	2,8—3,2	6—8
30—40	1—1,2	1,2		19—23	35—40	5—8	3—3,5	6—8
40—50	1,2—1,4	1,4	110—180	20—24	30—35	6—10	3,5—4	8—10
50—60	1,4—1,6	1,6	140—200	24—28	30—20	7—12	4—6	8—10
60—70	1,6—2	2	280—400	27—30	20—15	8—14	4,5—6,5	10—12
70—80	2—2,5	2,5	280—450	28—30	10—20	9—15	5—7	12—15
80—90	2,5—3	3	300—480	28—32	10—20	9—15	5—7,5	14—18

Для восстановления автомобильных деталей сварка в смеси инертных и активных газов не используется и поэтому в данном учебнике не рассматривается.

Благодаря надежной защите расплавленного металла от вредного воздействия кислорода и азота воздуха при аргонно-дуговой сварке появляются возможности восстановления деталей из трудносвариваемых материалов, в том числе алюминия и его

сплавов, бронзы, латуни, нержавеющей сталей и прочих материалов. В ремонтном производстве сварка с защитой аргоном наиболее широко используется для восстановления автомобильных деталей из алюминия и его сплавов.

При сварке и наплавке деталей из алюминия и его сплавов возникают серьезные трудности, связанные с наличием на поверхности деталей тугоплавкой окисной пленки, температура плавления которой 2050 °С. Плотная, механически прочная пленка окислов не позволяет соединить свариваемые части детали, так как температура плавления самого алюминия значительно ниже и составляет 660 °С. Коэффициент линейного расширения алюминия в 2, а теплопроводность в 3 раза больше в сравнении со сталью, что приводит к значительным деформациям свариваемых (наплавляемых) деталей. Кроме того, при нагревании алюминий и его сплавы не изменяют своего цвета, а в расплавленном состоянии имеют большую жидкотекучесть, что затрудняет формирование сварочного шва или наплавляемого металла.

Аргонно-дуговая сварка осуществляется неплавящимся или плавящимся электродами. При восстановлении используется в основном сварка неплавящимся вольфрамовым электродом с ручной или механической подачей присадочного материала в зону горения дуги (рис. 7.13).

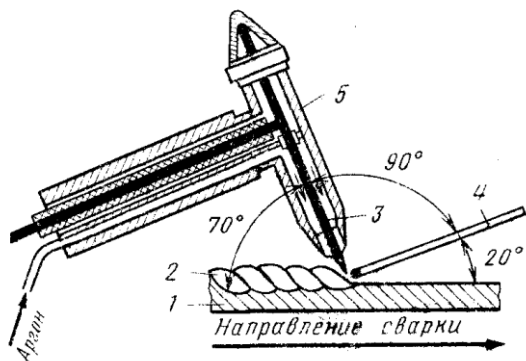


Рис. 7.13. Схема сварки неплавящимся электродом в среде аргона:
1 — восстанавливаемая деталь; 2 — наплавленный металл; 3 — вольфрамовый электрод; 4 — присадочный материал; 5 — горелка

Сварочные материалы, используемые при этом виде сварки, — это вольфрамовые электроды, присадочный материал и газ. При сварке неплавящимся электродом последний не должен участвовать в формировании состава наплавленного металла или

металла шва. Основной задачей неплавящихся электродов является обеспечение устойчивого горения дуги при минимальном их расходе.

Наибольшее распространение в качестве неплавящихся электродов получили вольфрамовые стержни. Такие электроды имеют необходимую электропроводность, высокую механическую прочность, что позволяет их использовать в виде стержней малого диаметра. Температура плавления наиболее тугоплавкого из металлов — вольфрама — равна 3377 °С,

а температура его кипения около 4700 °С. Такие свойства обеспечивают неплавящимся электродам высокую стойкость.

Электроды изготавливаются из порошка вольфрама прессованием, спеканием и последующей проковкой, что приводит к свариванию частиц между собой. Затем из таких заготовок получают волочением электродные стержни требуемого диаметра.

Неплавящиеся электроды из вольфрама относятся к дорогостоящим и дефицитным сварочным материалам. Поэтому при сварке вольфрамовыми электродами необходимо выполнять определенные условия для снижения расхода вольфрама в процессе горения дуги. Так усиливается расходование электродов в результате плавления вследствие образования на их торце более легкоплавких сплавов вольфрама с составляющими свариваемого металла. Эти составляющие попадают на торец электрода как в результате прямого контакта электрода со свариваемым изделием при коротком замыкании во время зажигания дуги, так и в результате конденсации паров и попадания капель из сварочной ванны на торец электрода. Поэтому обычно стремятся исключить контакт электрода с изделием при зажигании дуги. Зажигание выполняют на дополнительной графитовой пластине или наложением в момент зажигания на дуговой промежуток высокого напряжения большой частоты, вызывающего пробой межэлектродного пространства без контакта. Для облегчения возбуждения дуги неплавящийся электрод должен содержать вещества с малой работой выхода электронов. Хорошие результаты дает добавка в порошок вольфрама перед прессованием двуокиси тория (ThO_2) в количестве 1,5 — 2 %. Такие тарированные электроды марки ВТ-15 значительно более стойки против оплавления торца.

В последние годы разработаны и широко используются лантанированные и иттрированные вольфрамовые электроды, обладающие высокими служебными свойствами. Такие электроды по стойкости превосходят тарированные. Ориентировочные нормы расхода вольфрамовых электродов при аргонно-дуговой сварке приведены в табл. 7.11.

В качестве присадочного материала используют прутки, проволоку, полосу из того же алюминиевого сплава, что и свариваемый (наплавляемый) материал, либо применяют электродную проволоку, содержащую кремний Св-АК5, Св-АК10, Св-АК12 и др. (табл. 7.12).

Инертный газ аргон получают из воздуха методом ректификации в специальных разделительных колонках. Полученный таким образом "сырой" аргон содержит значительное количество примесей, в частности кислорода. Дальнейшая его очистка осуществляется беспламенным соединением кислорода с добавляемым водородом в присутствии катализаторов. В чистом аргоне в качестве примесей остается небольшое количество азота, кислорода и влаги. В табл. 7.13 приведены составы различных сортов аргона (А, Б, В), поставляемых для сварки.

Аргон сорта А предназначен для сварки химически активных металлов (титана, циркония, ниобия), сплавов на их основе, а также для сварки алюминиевых сплавов плавящимся электродом. Аргон сорта Б используется для сварки неплавящимся электродом сплавов алюминия, магния и других материалов, чувствительных к примесям кислорода и азота. Аргон сорта В применяют для сварки нержавеющей сталей различных классов.

Аргон, являясь более тяжелым, чем воздух, своей струей лучше защищает металл при сварке в нижнем положении. Растекаясь по поверхности свариваемого изделия, он защищает достаточно длительное время широкую и протяженную зону как расплавленного, так и нагретого при сварке металла.

Т а б л и ц а 7.11. Ориентировочные нормы расхода вольфрама при сварке

Свариваемые материалы	Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр электрода, мм	Расход вольфрама на 100 м шва, г	
			Ручная сварка	Механизированная сварка
Алюминиевые и магнитные сплавы	1,0	1,5	8,3	3,9
	2,0	2,0	23,0	11,0
	4,0	3,6	88,0	39,0
	6,0	4,0	132,0	125,0
Конструкционные, нержавеющие и жаропрочные стали	0,5	1,0	6,0	2,8
	1,0	1,5	8,0	3,9
	2,0	2,0	23,0	11,0
	4,0	4,0	132,0	125,0

Таблица 7.12. Составы электродных проволок для сварки (наплавки) деталей из алюминия и его сплавов

Марка проволоки	Химический состав, %								
	Основные элементы		Примеси						
	Al	Si	Zr	Fe	Zn	Cu	Mg	Прочие примеси	Сумма примесей
Св-А97	≥99,97	—	—	0,015	—	0,005	—	0,01	0,03
Св-АК5	Остальное	4,5 6,0	—	0,6	—	0,2	—	0,1	1,0
Св-АК10	"	7,0 — 10,0	—	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	1,1
Св-АК12	"	11,5 — 13,5	0,05 — 0,25	0,3	—	0,2	—	0,1	0,6

Аргон поставляется в баллонах, в которые он нагнетается под давлением 15 МПа. Для исключения попадания воздуха и влаги в баллоны их

Таблица 7.14. Техническая характеристика установок для аргонно-дуговой сварки и наплавки УДГ-301 и УДГ-501

Параметры установки	УДГ-301	УДГ-501
Род сварочного тока	Переменный	Переменный
Пределы регулирования напряжения дуги, В	8 — 20	8 — 20
Номинальный сварочный ток, А	300	500
Номинальный режим работы (повторность включения ПВ), %	60	60
Длительность цикла сварки, мин	10	10
Пределы регулирования сварочного тока, А	15 — 300	40 — 500
Диаметр неплавящихся электродов, мм	0,8 — 6	2 — 10
Расход аргона, дм ³ /мин	0,5 — 10	4 — 15

иметь требуемую чистоту. *Оборудование, режимы и техника сварки*, применяемые при аргонно-дуговой сварке, во многом определяют качество восстановленных деталей. Для восстановления автомобильных деталей из алюминия и его сплавов используют специальные установки УДГ-301, УДГ-501, УДАР-

500, работающие на переменном токе. Техническая характеристика первых двух Приведена в табл. 7.14.

Для аргонно-дуговой сварки в зависимости от силы сварочного тока, диаметра неплавящегося электрода используют различные горелки с водяным и естественным охлаждением (табл. 7.15). Режимы аргонно-дуговой сварки

Таблица 7.13. Химический состав различных марок аргона

Составляющие газа	Объемное содержание компонентов по маркам, %		
	А	Б	В
Аргон	≥99,99	≥99,96	≥99,90
Азот	≤0,01	≤0,04	≤0,10
Кисл.	≤0,005	≤0,005	≤0,005
Влаж. того г. более	≤0,005	≤0,005	≤0,005

Таблица 7.15. Характеристика горелок для аргонно-дуговой сварки алюминия и его сплавов

Тип горелки	Допустимый ток, А	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Масса горелки, кг
УДАР-300 (малая)	200	2 — 4	0,68
УДАР-300 (большая)	400	3 — 6	0,87
ГРАД-200	250	2 — 4	0,20
ГРАД-400	400	3 — 7	0,40
ЭЗР-3-58	200	2 — 4	0,68
АР-10 № 1	120	1 — 3	0,35
АР-10 № 2	200	2 — 4	0,40
АР-10 № 3	400	3 — 8	0,50

Таблица 7.16. Режимы аргонно-электродуговой сварки алюминия вольфрамовым электродом

Толщина деталей, мм	Диаметр электрода, мм	Диаметр выходного отверстия сопла, мм	Сила сварочного тока, А	Расход аргона, л/мин	Напряжение, В
1	1	5	45—55	4 — 5	22—24
2	1 — 2	5 — 7	70—85	7 — 8	22 — 24
3	3	5 — 9	100—120	8 — 9	22 — 24
4	4	12—16	170—200	8 — 9	22 — 24
5	5	14—18	180—220	9 — 10	22 — 24
6	5	14—18	220—240	9 — 10	20 — 22
7—10	5	14—18	260—280	10—12	20 — 22

алюминия и его сплавов определяются в первую очередь толщиной соединяемых металлов. При выборе режимов сварки можно руководствоваться табл. 7.16.

Аргонно-дуговую сварку выполняют наклонной горелкой углом вперед, угол наклона к поверхности изделия составляет 70° — 80° , а присадочную проволоку подают под углом 10° — 30° (см. табл. 7.13). Дуга возбуждается замыканием электрода и металла угольным стержнем или кратковременным разрядом высокой частоты при помощи осциллятора. Диаметр отверстия сопла горелки должен соответствовать диаметру вольфрамового электрода.

По окончании сварки дугу обрывают постепенно для заварки кратера. Это осуществляют при ручной сварке постепенным растяжением дуги, а при автоматической — специальным устройством заварки кратера, обеспечивающим плавное уменьшение сварочного тока. Длина сварочной дуги при сварке алюминия должна быть в пределах 1,5 — 3 мм, а ее диаметр должен составлять 0,8— 1,5 диаметра электрода.

В ремонтном производстве используют для восстановления алюминиевых деталей аргонно-дуговую сварку плавящимся электродом. Сварка происходит с капельным и струйным переносом, с повышением тока капельный перенос металла электродной проволоки сменяется струйным, и глубина проплавления увеличивается. Критическое значение тока, при котором капельный перенос сменяется струйным, составляет при сварке алюминия 70 А.

Наиболее высокое качество сварки и наплавки плавящимся электродом обеспечивает гамма универсальных сварочных полуавтоматов "Варио-Стар" производства СП "Фрониус-Факел". Компактные сварочные полуавтоматы обеспечивают высококачественную сварку как стальных (защитный газ CO_2), так и алюминиевых (защитный газ аргон) автомобильных деталей. Техническая характеристика полуавтоматов "Варио-Стар" для сварки и наплавки плавящимся электродом приведена в табл. 7.17. Полуавтоматы "Варио-Стар" имеют широкий диапазон регулирования сварочного тока, напряжения и скорости подачи электродной проволоки (1 — 22 м/мин) и надежное электронное управление.

Таблица 7.17. Техническая характеристика полуавтоматов для сварки и наплавки

Параметры установки	"Варио-Стар" 240	"Варио-Стар" 304	"Варио-Стар" 404
Напряжение питания, В	3×380/415	3×380/415	3×380/415
Сварочный ток, А	40 — 240	40 — 300	40 — 400
ПВ, %	60	60	60
Сварочное напряжение, В	16 — 17	16 — 29	16 — 33
Число ступеней регулирования	10	12	18
Диаметр электродной проволоки, мм	0,6; 1,0; 1,2	0,8; 1,0; 1,2	0,8; 1,0; 1,2; 1,6

Сварку и наплавку в среде аргона используют при восстановлении блоков цилиндров из алюминиевых сплавов двигателей автомобилей ГАЗ-24-10, УАЗ-469А, ГАЗ-53, картера сцеплений и других деталей. В качестве примера рассмотрим технологию устранения характерных дефектов в блоке цилиндров двигателя автомобиля УАЗ-469. При поступлении в ремонт блок цилиндров

(материал — алюминиевый сплав АЛ-4) часто имеет дефекты в виде пробоин и трещин на стенках, обломы на фланцах крепления картера сцепления, масляного картера и на плоскости крепления головки блока, которые устраняются аргонно-дуговой сваркой.

Пробоины на стенках, не захватывающие перегородки, ребра жесткости и масляные каналы устраняют постановкой заплат, которые вырезают из листового алюминия АМЦ толщиной 1,5 — 2 мм. Затем на кромках пробоины снимают фаски таким образом, чтобы зазор в стыке с заготовленной заплатой и кромками пробоины был не более 2 — 3 мм. Блок устанавливают на кантователь ОБ-2001 для выполнения сварки. Металлической щеткой зачищают края пробоины и заплаты на ширине 15 — 20 мм и обезжиривают уайтспиритом или ацетоном. Приваривают заплату в четырех-пяти точках, после чего приваривают по всему периметру на установке Удар-500, Удар-300 или УДГ-301 для аргонно-дуговой сварки деталей.

Для сварки используют вольфрамовый электрод марки ВА-1А или ВП-1 диаметром 4 — 5 мм, выходное сопло для аргона диаметром 9—12 мм, присадочный пруток из проволоки АЛ-4 диаметром 4 — 5 мм. Режим работы: сила тока — 180 — 250 А, расход аргона — 8—11 л/мин, давление — 0,02 — 0,04 МПа, полярность — обратная.

Шов зачищают металлической щеткой, промывают горячей водой или содовым раствором. Качество сварки проверяют внешним осмотром и при наличии раковин или пор места, имеющие дефекты, переваривают.

Испытание блока на герметичность проводят на стенде АКТБ-169 под давлением 0,2 — 0,3 МПа в течение 2 мин; при этом течь и отпотевание сварных швов не допускают. При приварке заплат и заварке пробоин, не захватывающих рубашку охлаждения, проверять герметичность можно керосином. При этом появление пятен керосина на поверхностях, покрытых меловым раствором, не допускается.

Трещины на стенках блоков цилиндров, не проходящие через масляные каналы и не выходящие на резьбовые отверстия шпилек поршневых подшипников, заваривают. Для этого разделяют трещину под углом 90° на глубину 3 — 4 мм по всей длине, применяя пневматическую шлифовальную машинку ИП-2009А и торцовую фрезу. Затем поворачивают блок в положение, удобное для сварки, зачищают металлической щеткой поверхность вдоль трещины по ширине 25 — 30 мм, обезжиривают зачищенную поверхность уайтспиритом или ацетоном и заваривают трещину по всей длине аргонно-дуговой сваркой, ведя ее от середины к концам трещины. Заварку отверстий на концах трещины осуществляют после заварки трещины с усилением шва на 2—3 мм.

В процессе сварки блок поворачивают, обеспечивая нижнее положение сварочного шва. Способ сварки, режим очистки шва и проверка на герметичность, а также используемое оборудование те же, что для устранения пробоин.

Обломы на фланцах крепления картера сцепления масляного картера и на плоскости крепления головки блока устраняют двумя способами.

Первый способ — приварка приставок, отрезанных из списанных блоков. Для определения формы и размера приставки обрубает зубилом неровные края облома. Отрезают ножовочным станком приставку из части списанного блока и подгоняют ее при помощи напильника к блоку с обломом для приварки встык. Зазор между приставкой и краями облома не должен превышать 2 — 3 мм.

С наружной стороны облома и приставки под углом 45° делают фаски на глубину 3 — 4 мм и зачищают металлической щеткой поверхность вдоль краев облома и приставки по ширине 20 — 25 мм. Обезжиривают зачищенную поверхность уайтспиритом или ацетоном. Прихватывают приставку в трех-четырех местах и приваривают аргонно-дуговой сваркой, начиная с мест, наиболее доступных для работы, с усилением шва на 3 — 4 мм. В процессе сварки блок поворачивают, обеспечивая нижнее положение сварочного шва. Используемое оборудование, режим сварки, очистки шва и проверка на герметичность указаны в дефекте для устранения пробоев на стенках блока.

Второй способ — наплавка обломов по формующим шаблонам. Для наплавки наиболее часто встречающихся обломов изготавливаются стальные формующие шаблоны, восполняющие обломанную часть блока. Устанавливают шаблон на блок и наплавляют по нему место облома. Выдерживают блок до полного охлаждения наплавленного металла и снимают шаблон. Используемое оборудование, режим сварки, очистки шва и проверка на герметичность аналогичны первому способу.

7.5. ВИБРОДУГОВАЯ НАПЛАВКА ДЕТАЛЕЙ

Вибродуговая наплавка отличается от ранее рассмотренных способов наплавки, тем что в процессе восстановления детали конец электродной проволоки совершает колебательные движения в плоскости, перпендикулярной наплавляемой поверхности, а также тем, что наплавленный слой металла принудительно охлаждается.

Процесс осуществляется нестабильной дугой (дуга на стадии тлеющего разряда) в сочетании с периодически повторяющимся коротким замыканием электрической сварочной цепи. Это способствует смягчению теплового режима наплавки. Перенос металла в режиме коротких замыканий облегчает формирование наплавляемых валиков. Вибродуговую наплавку осуществляют на установке стальной проволокой (рис. 7.14), которая подается через мундштук 9 до соприкосновения с поверхностью детали 1. К детали и проволоке подводится сварочный ток низкого напряжения. В момент соприкосновения электрода 10 с деталью 1 по проволоке протекает ток короткого замыкания. Это способствует расплавлению поверхности детали в месте контакта, и торец электрода быстро нагревается до температуры плавления. В результате такого взаимодействия достигается структурная связь между деталью и наплавленным металлом. Благодаря

колебательному движению мундштука 9 торец электрода 10 на короткое время отходит от поверхности детали 1, и в разрыве сварочной электрической цепи возникает искровой разряд с переходом в стадию тлеющего разряда, который длится до момента очередного соприкосновения торца электрода с поверхностью детали.

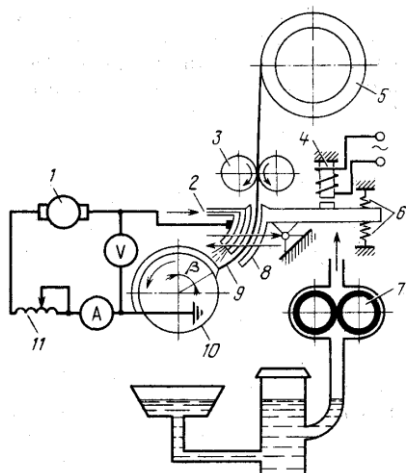


Рис. 7.14. Схема установки для вибродуговой наплавки:

1 — источник сварочного тока; 2 — штуцер для подачи охлаждающей жидкости; 3 — механизм подачи электродной проволоки; 4 — электровибратор; 5 — кассета с электродной проволокой; 6 — уравнивающие пружины; 7 — насос для подачи охлаждающей жидкости; 8 — мундштук; 9 — электрод; 10 — наплавляемая деталь; 11 — дроссель

Полезность выполнения электродом данного колебательного цикла состоит в том, что при коротком замыкании сварочной цепи основное количество тепла практически аккумулируется в вылете электрода и небольшом микрообъеме поверхностного слоя детали. При этом температура жидкой ванны достигает $1450 - 1500\text{ }^{\circ}\text{C}$, т. е. не превышает температуры плавления металла. Это не только смягчает тепловой режим наплавки, но и предотвращает возможность выгорания и испарения химических компонентов металла. Стадия тлеющего разряда при удалении торца электрода от поверхности детали используется для предварительного подогрева поверхности детали перед наплавлением очередной порции металла. В отличие от стабильной дуги, температура которой составляет в средней части около $6000\text{ }^{\circ}\text{C}$, дуга на стадии тлеющего разряда имеет температуру меньше $4000\text{ }^{\circ}\text{C}$, что также является фактором, смягчающим тепловой режим наплавки. Кроме того, молекула содержащегося в воздухе азота при этой температуре не диссоциирует и поэтому азот остается химически нейтральным по отношению к железу. Это способствует тому, что процесс вибродуговой автоматической наплавки деталей может обеспечить достаточно хорошее качество наплавки без применения защитных средств (флюса, газа и др.).

В ряде случаев в зону наплавки подают охлаждающую жидкость (2,5 — 6 %-ный водный раствор кальцинированной соды или 20 %-ный водный раствор глицерина). Образующийся

водяной пар дополнительно защищает расплавленный металл от воздействия азота воздуха, чем способствует получению валика с более высокими механическими свойствами.

Учеными Института электросварки им. Е. О. Патона АН Украины разработан метод вибродуговой наплавки под слоем флюса, который с успехом применяют для наплавки, тонкостенных изделий большого диаметра. Применение флюса обеспечивает замедленное остывание металла и предотвращает образование трещин. Весьма эффективной защитной средой в процессе вибродуговой автоматической наплавки является углекислый газ.

Аккумуляция тепла с последующим быстрым охлаждением малых порций поверхностного слоя металла обеспечивает возможность наплавки вибродуговым способом малогабаритных деталей цилиндрической формы. При этом нет опасности стекания жидкого металла с поверхности детали. Практически диапазон размеров деталей, пригодных для наплавки этим способом, колеблется в пределах 3 — 200 мм.

Вибродуговая наплавка дает возможность получать равномерные слои толщиной от нескольких сотых миллиметра до 3 мм за один проход. Уникальным свойством этой наплавки является то, что в определенном интервале режимов возможно ведение процесса на воздухе без применения защитных средств. Вибродуговой наплавкой восстанавливают стальные и чугунные детали. При наплавке низкоуглеродистой проволокой, например марки Св-08, поверхность легко обрабатывают резцом. Для получения износостойких поверхностей применяют проволоку марки Нп-50Г, Нп-65Г, Нп-3ОХГСА, Нп-40Х13 и др.

Наплавку ведут на переменном и постоянном токе обратной полярности. Режимы вибродуговой наплавки приведены в табл. 7.18.

Вибродуговая наплавка обладает рядом серьезных недостатков. Так, ограниченные объемы сварочной ванны не обеспечивают хорошего перемешивания основного и наплавленного металлов, что приводит к образованию в последнем пор и микротрещин. В процессе восстановления деталей охлаждающая жидкость, подаваемая в зону сварки, обеспечивает закалку наплавленного валика, а накладываемый последующий валик частично расплавляет предыдущий и создает зону отжига, что приводит к возникновению напряженного состояния и увеличению трещин в наплавленном металле. Нарощенный слой сплава имеет неоднородную структуру и соответственно физико-механические свойства. Поэтому у деталей, восстановленных вибродуговой наплавкой, усталостная прочность снижается более чем в 2 раза. Кроме того, производительность вибродуговой наплавки по сравнению с наплавкой под слоем флюса значительно ниже, а безвозвратные потери электродной проволоки на угар и разбрызгивание увеличиваются в 3 — 4 раза.

Вследствие указанных причин, вибродуговая наплавка для восстановления автомобильных деталей применяется в настоящее время редко. Детали, восстанавливающиеся ранее данным

способом, в настоящее время успешно наплавляются более прогрессивными методами, например, электроконтактной приваркой металлического слоя.

Т а б л и ц а 7.18. Ориентировочные режимы вибродуговой автоматической наплавки в струе жидкости (4 %-ный водный раствор кальцинированной соды)

Диаметр сварочной проволоки, мм	Напряже-ние сварки, В	Сила сва-рочного то-ка, А	Скорость подачи свароч-ной проволоки		Амплитуда вибрации, мм	Производительность на-плавки	
			м/ч	м/с		кг/ч	10 ⁻⁵ кг/с
0,5 — 0,8	12 — 15	80 — 90	54	0,015	1,0 — 1,2	0,8 — 0,9	0,2
1,0 — 1,6	12 — 18	90 — 100	57	0,015	1,2 — 1,6	0,8 — 1,0	0,31
1,8 — 2,2	18 — 19	100 — 110	61,2	0,017	1,8 — 2,0	0,9 — 1,1	0,31
2,2 — 2,5	20 — 21	110 — 130	72	0,020	2,0 — 2,5	1,2 — 1,3	0,4
2,5 — 3,0	22 — 24	130 — 180	82	0,022	2,0 — 2,5	1,3 — 1,5	0,5
3,0 — 4,0	24 — 26	210 — 240	82	0,022	2,5 — 3,0	1,8 — 2,5	6

7.6. СВАРКА ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Общие сведения о чугуне. В автомобильном производстве чугун имеет довольно широкое распространение. Он используется для изготовления базовых, корпусных и других деталей, например, блоков цилиндров, картеров, маховиков, тормозных барабанов, шкивов, ступиц колес и пр. Наибольшее распространение при восстановлении чугунных деталей получила электродуговая сварка.

Чугун относится к трудносвариваемым материалам. Эти трудности обусловлены наличием большого количества свободного углерода и структурой. В процессе восстановления сваркой свободный углерод частично выгорает с образованием углекислого газа, который растворяется в расплавленном сплаве. Некоторая часть газа не успевает выделиться из сварного шва, что приводит к образованию пористости. Кроме того, детали из чугуна после эксплуатации содержат в порах(своеобразных капиллярах) остатки масел, которые при нагреве выгорают и также способствуют образованию пористости в металле шва. Это снижает физико-механические характеристики сварного соединения.

Чугун обладает высокой жидкотекучестью и очень быстро переходит из жидкой фазы в твердую, минуя пластическое состояние. При быстром охлаждении сварочной ванны в шве или околошовной зоне может образовываться цементит (Fe_3C), обладающий высокой твердостью и практически нулевой пластичностью. Такое явление получило название отбела чугуна в процессе сварки. Отбел приводит, как правило, к возникновению больших внутренних напряжений и трещинам в сварочном шве или околошовной зоне.

Поэтому для получения качественного сварного соединения при восстановлении чугунных деталей необходимо выполнение особых мер и приемов, направленных в первую очередь на предварительный нагрев деталей до начала сварки, охлаждение наплавленного металла с заданной скоростью, использование специальных электродов с более низкой температурой плавления, чем основной материал, и пр.

Выбор способа и приемов сварки чугунной детали зависит от ее размеров, формы, структуры, характера и места расположения дефекта, наличия тех или других сварочных материалов и других факторов. В ремонтном производстве в зависимости от состояния восстанавливаемой детали используют, в основном, два способа сварки чугуна: холодный и горячий.

Холодная сварка чугуна. Эта сварка наиболее широко используется при восстановлении автомобильных деталей. При данном способе используют специальные сварочные материалы или определенные приемы, например, способ отжигающих валиков, постановкой шпилек и пр.

Одной из основных задач при восстановлении чугунных деталей холодной сваркой является получение швов с минимально возможным количеством малопластинных цементита и ледебурита. Электродные материалы для сварки (на плавки) без предварительного подогрева детали разрабатывались, в направлении получения металла шва с достаточной степенью пластичности, который не образовывал бы закалочных структур при больших скоростях охлаждения. Требуемая пластичность материала шва достигается подбором электродного металла с большим значением предела текучести по сравнению с основным материалом, а также благодаря уменьшению количества углерода в наплавленном слое {с повышением количества углерода повышается вероятность образования ледебурита и мартенсита). Однако в процессе сварки избежать разбавления присадочного металла с основным не удастся, поэтому в качестве электродных материалов используют металлы и сплавы, не образующие карбидов с углеродом (медь, никель). Так, при сварке высоконикелевыми электродными материалами возникают благоприятные условия для диффузии никеля в зону неполного расплавления из-за большого градиента концентрации этого элемента и большого коэффициента диффузии в жидком расплаве по сравнению с другими элементами. Для предупреждения образования карбидов на границах сплавления, когда сварка ведется на режимах с малой погонной энергией (без сквозного проплавления), применяют электродные материалы с содержанием никеля более 90 %.

В ремонтном производстве для восстановления чугунных деталей наиболее широкое распространение получила механизированная сварка самозащитной электродной проволокой на основе никеля ПАНЧ-11, разработанной в Институте электросварки им. Е. О. Патона. Данный вид сварки чугуна обеспечивает высокое качество и производительность, позволяет восстанавливать самые разнообразные по форме и размерам автомобильные чугунные детали.

Рассмотрим устранение основных выбраковочных дефектов чугунных корпусных деталей. После дефектации при обнаружении трещин или пробоев деталь поступает в слесарно-механическое отделение, где ее подготавливают

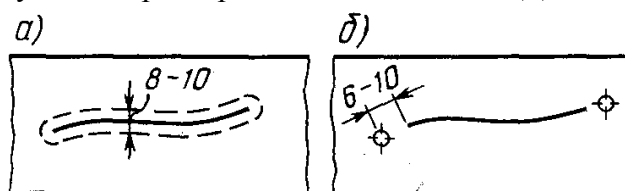


Рис. 7.15. Подготовка трещин к сварке:
а — зачистка трещины; *б* — засверливание концов

к восстановлению сваркой (рис. 7,15) электродной проволокой ПАНЧ-11. Поверхность с трещиной зачищают при помощи шлифовального круга электро- или пневмошлифовальной машиной до металлического блеска по обе стороны трещины на 8—10 мм. Концы трещин обваривают или сверлят сквозные отверстия диаметром 3—4 мм, отступив 6—10 мм от видимого конца трещин в направлении ее развития. После зачистки поверхностей выполняют разделку трещин (рис. 7.16), причем, сквозные трещины в тонких стенках — с одной стороны (рис. 7.16, а), в толстых (более 12 мм) — с двух сторон (рис. 7.16, в). Стенки средней толщины разделяют, как показано на рис. 7.16, б. Несквозные трещины разделяют до сплошного металла. Операцию разделки трещин выполняют фрезерованием с использованием ручной сверлильной пневматической машины ИП-1011. При разделке прорезным шлифовальным камнем применяют пневмошлифовальную машину ИП-2009А. Сварка проволокой ПАНЧ-11 выполняется на постоянном токе прямой полярности без дополнительной защиты газом или флюсом. При сварке чугуна проволокой ПАНЧ-11 рекомендуются следующие режимы: диаметр проволоки — 1,2 мм, сварочный ток — 80—180 А, напряжение дуги — 14—18 В, скорость подачи проволоки — ПО — 120 м/ч, скорость сварки — 4—5 м/ч.

Небольшой диаметр проволоки ПАНЧ-11 дает возможность использовать разделку кромок до 5 мм, что позволяет уменьшить тепловложение в деталь и сужает зону структурных превращений в основном металле. При данном виде сварки металл шва имеет достаточно высокие механические характеристики: предел прочности — до 500 МН/м², предел текучести — до 300 МН/м², удлинение — до 25 %, твердость — НВ 160—180. На небольшом участке околошовной зоны наблюдается повышение твердости до НВ 280—310. При испытании на растяжении образцы разрушаются, как правило, по чугуну.

Для сварки можно использовать один из серийных шланговых полуавтоматов типа А-547, А-825, "Варио-Стар" 240.

Техника сварки следующая. Трещины заваривают участками длиной 30—50 мм с проковкой и охлаждением каждого участка до температуры 50—60 °С. Заплаты на пробоины в деталях приваривают вразброс участками длиной 50—60 мм по контуру заплаты. Следующий участок на заплате начинают варить после проковки и охлаждения предыдущего до температуры 50—60 °С.

Для холодной сварки чугуна нашли применение медно-железные электроды ОЗЧ-2, которые изготавливают из медного стержня с фтористо-кальциевым покрытием с добавкой в него 50 % железного порошка. Эти электроды применяют для заварки трещин в водяных рубашках блоков цилиндров двигателей, головках блоков. Сварку ведут короткой дугой

на постоянном токе обратной полярности с перерывами на проковку (для снижения внутренних напряжений и повышения плотности шва) и охлаждение детали до температуры 50—60 °С. Силу сварочного тока для электродов диаметром 3—5 мм выбирают в пределах 110—190 А.

Медь, как и никель, не образует соединений с углеродом и практически не растворяется в железе. Поэтому наплавленный слой неоднороден, в медной основе расположены включения высокоуглеродистой стали с высокой твердостью. В околошовной зоне наблюдаются участки отбела. Шов обладает высокой твердостью.

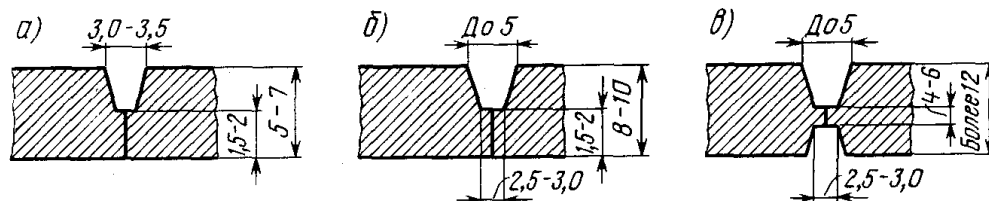


Рис. 7.16. Разделка сквозных трещин

Таким образом, наплавка электродами с медными стержнями не обеспечивает получения сварного соединения свободного от отбела и закаленных переходных зон. Прочность сплава сварного шва составляет примерно 50 — 60 % прочности основного материала. Поэтому при заварке трещин электродами ОЗЧ-2, учитывая пониженную прочность чугуна в околошовной зоне, необходимо применять усиление шва, захватывая часть детали, прилегающую к кромке.

Более высокое качество восстановления достигается при холодной сварке чугуна электродами МНЧ-2, изготовленными из монельметалла (28 % меди, 2,5 % железа, 1,5 % марганца, остальное никель). Сварной шов при этом пластичен, имеет малую твердость, не имеет пор и раковин, зона отбела практически отсутствует, зона закаленного чугуна имеет невысокую твердость, которая может быть снижена небольшим отпуском. Однако твердость и прочность металла сварного шва невысока. Электродами МНЧ-2 устраняют практически все дефекты, которые встречаются в автомобильных деталях из чугуна: трещины, пробой, сколы, обломы и пр.

С целью экономии дорогостоящих электродов из монельметалла и получения материала шва более высокого качества иногда применяют комбинированную сварку в сочетании с электродами ОЗЧ-2. При таком варианте первый и последний слои наплавляют электродами МНЧ-2, а промежуточные варят электродами ОЗЧ-2.

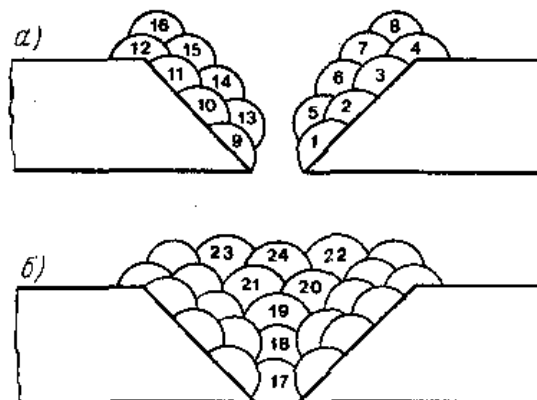


Рис. 7.17. Схема сварки трещин способом отжигающих валиков:
а — обварка кромок разделки; б — наложение соединительных валиков;
1 — 24 — последовательность наложения валиков

При отсутствии специальных сварочных материалов, рассмотренных выше, допускается проводить холодную сварку чугуна стальными электродами с содержанием в них углерода не более 0,1 %, например, марок УОНИ-13/45 или ОММ-5. В данном случае применяют специальный способ, получивший название сварки наложением отжигающих валиков (рис. 7.17). При таком способе первый валик, накладываемый на чугун, из-за перемешивания электродного материала с основным представляет собой сталь с содержанием углерода 0,6 — 0,8 %. При охлаждении шов с

таким высоким содержанием углерода закаливается. Последующие сварочные валики накладывают на первые таким образом, что происходит отжиг нижележащих слоев. Это позволяет получить относительно невысокую твердость сварочного шва. Перед сваркой трещину разделяют так, чтобы ширина разделки в верхней части в 2 — 3 раза превышала толщину свариваемой детали. Первоначально выполняют обварку кромок, а затем заполняют разделку. После сварки наложением отжигающих валиков материал шва по химическому составу представляет собой высокоуглеродистую сталь с неоднородной структурой. Данный способ отличается низкой производительностью, невысоким качеством и требует повышенного расхода электродов.

Для восстановления размеров поверхностей трения в ИЭС им. Е. О. Патона разработана самозащитная порошковая проволока марки ПП-АН160 диаметром 1,6мм. Проволока используется для наплавки изношенных шеек коленчатых валов, изготовленных из высокопрочного чугуна ВЧ-50-2. Наплавка производится с поперечными на всю ширину шейки колебаниями электрода. Наплавленный слой представляет собой белый износостойкий чугун доэвтектического состава с твердостью ИКС 48—54. Применение самозащитной порошковой проволоки позволило исключить флюс или защитный газ, что значительно снизило трудоемкость и себестоимость процесса.

От применяющихся в ремонтном производстве способов дуговой наплавки разработанную технологию отличает хорошо сформированный наплавленный слой высокой макрхимической однородности с низкой склонностью к образованию трещин. Это объясняется тем, что скорость распространения температурного поля в тело шейки выше скорости наплавки, а это способствует явлению автоподогрева.

Существенные различия во взаимном расположении коренных и шатунных шеек вала определили целесообразность проведения наплавки на двух специализированных станках УД-289 и УД-290. Основные параметры процесса (скорость подачи проволоки, частота колебаний, скорость наплавки) находятся во взаимной функциональной зависимости и устанавливаются один раз при настройке станка. В качестве источника питания применяют сварочные выпрямители с жесткой внешней характеристикой ВДУ-В04, ВДУ-505,- ВС-300 и др. Род тока постоянный, полярность обратная.

Описанная технология используется для восстановления чугунных коленчатых валов автомобилей ГАЗ-24, УАЗ-469. К недостаткам данного процесса следует отнести укорочение коленчатого вала после наплавки на 2 — 3 мм.

Горячая сварка чугуна. Эта сварка заключается в том, что деталь предварительно нагревают до температуры 650 — 680 °С в печи и в таком состоянии устраняют дефекты сваркой и наплавкой. Используют электродугую и газовую сварку. В качестве присадочного материала применяют чугунные прутки марки А, химический состав которых характеризуется повышенным

содержанием углерода и особенно кремния. Это необходимо для компенсации их угара при сварке и обеспечения полной графитизации металла шва.

При сварке используют специальный флюс ФСЧ-1, допускается применение технической буры и 50 % смеси углекислого калия к натрия. В процессе сварки нельзя - допускать снижение температуры восстанавливаемой детали ниже 500 °С. После окончания сварки деталь охлаждают в специальных термосах или вместе с печью со скоростью 50 — 100 °С в час для нормализации и снятия внутренних напряжений.

При горячей сварке наблюдается наилучшее качество восстановления детали — сварной шов прочный, плотный, однородный по химическому составу и структуре, отсутствуют хрупкие структуры отбеленного чугуна. Однако высокая трудоемкость и стоимость восстановления, а также тяжелые условия труда сварщика ограничивают использование данного способа. По данной причине на авторемонтных заводах в настоящее время горячая сварка и наплавка деталей из чугуна практически не используется.

Глава 8 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПЕРСПЕКТИВНЫМИ СПОСОБАМИ СВАРКИ И НАПЛАВКИ

8.1. ЭЛЕКТРОКОНТАКТНАЯ ПРИВАРКА МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СЛОЯ

Процесс электроконтактной приварки. Электроконтактная приварка металлического слоя имеет значительные преимущества по сравнению с традиционными способами наплавки (под флюсом, в защитных газах, порошковыми проволоками). Важнейшими ее преимуществами является отсутствие нагрева восстанавливаемых деталей, повышение производительности процесса в 2 — 3 раза, снижение расхода металла в сравнении с электродуговой наплавкой в 3—4 раза, возможность использования для приварки материала в виде ленты, проволоки и порошка, одновременная с приваркой закалка нанесенного слоя материала. При контактной приварке отсутствует выгорание легирующих элементов в наплавленном слое, улучшаются санитарно-гигиенические условия труда.

Исследователями установлено, что 70 — 80 % деталей автомобилей, тракторов и других машин выбраковывают при износах до 0,3 мм, а у двигателей число деталей с таким значением износа достигает 90 %. Контактная приварка позволяет проводить регулируемую по толщине приварку металлического слоя в пределах 0,1 — 1,5 мм, что значительно уменьшает припуски на механическую обработку. Поэтому восстановление деталей определенной номенклатуры электроконтактной приваркой металлического слоя является одним из лучших вариантов малоотходной технологии.

Сущность процесса восстановления заключается в приварке мощными импульсами тока к изношенной

поверхности детали компактных (лента, проволока) или порошковых материалов. Процесс отличается тем, что в сварочной точке, образующейся от действия импульса тока, происходит соединение основного (деталь) и присадочного металлов. Сплошная приварка металлического слоя происходит в результате воздействия сварочных импульсов, образующих сварочные точки, которые перекрывают друг друга вдоль и между рядами. При этом металл ленты расплавляется только в тонком поверхностном слое месте ее контакта с восстанавливаемой деталью.

Процесс контактной приварки ленты (рис. 8.1) осуществляется совместным деформированием привариваемой ленты и поверхностного слоя основного металла (деталь), нагретых в зоне деформации до

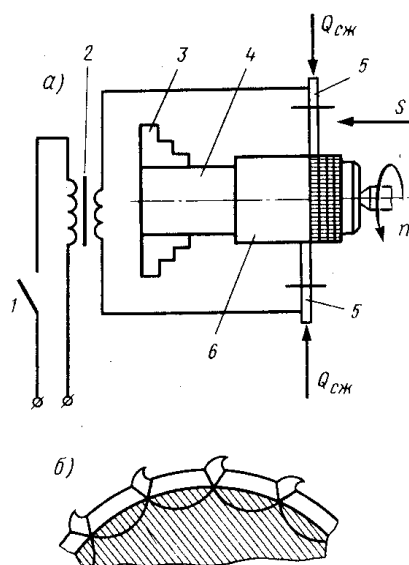


Рис. 8.1. Схема электроконтактной приварки ленты на деталь типа вал (а) и перекрытия сварочных точек (б): 1 — прерыватель тока; 2 — трансформатор; 3 — патрон для крепления детали; 4 — восстанавливаемая деталь; 5 — роликовые электроды; 6 — привариваемая лента

пластического состояния короткими 0,02 — 0,16 с импульсами тока 4 — 30 кА. Перекрытие сварочных точек между собой достигается вращением деталей со скоростью, пропорциональной частоте импульсов тока, и продольной подачей цилиндрических электродов.

Электроконтактная приварка ленты к цилиндрической поверхности детали характеризуется следующими параметрами: импульсами тока ($J_{св}$), продолжительностью импульса ($t_{св}$), усилием сжатия электродов ($Q_{сж}$), частотой вращения шпинделя (n) и подачей сварочных электродов.

Чтобы обеспечить требуемый высококачественный уровень восстановления деталей необходимым условием является образование в сварочной точке общих зерен (для однородных или близких по химическому составу соединяемых материалов) или новых фаз (для сварки разнородных материалов). Прочностные свойства сварного соединения, содержащего вновь образованные фазы, определяются свойствами этих фаз. При оптимальных параметрах электроконтактной приварки прочность соединения основного (деталь) и присадочного (лента) материалов достигает значений, соизмеримых с прочностью одного из соединяемых материалов. В этом случае разрушение образцов происходит не по зоне соединения, а по наименее прочному основному или присадочному материалу.

Оборудование для электроконтактной приварки. Для восстановления широкой номенклатуры деталей с использованием в качестве присадочного материала металлической ленты, проволоки и порошка серийно выпускаются наплавочные головки, которые монтируются на токарный станок или специализированные установки, снабженные унифицированными узлами: вращателем, приводом подач, суппортом со сварочной головкой, прерывателем, источником питания, пневмопиколью и пультом управления.

Среди сварочных головок наиболее широкое распространение получила головка типа ГКН-Р1 (рис. 8.2) для электроконтактной наплавки проволоки. В комплект поставки головки входит источник питания (трансформатор мощностью 75 кВт) и сварочный прерыватель типа ПИЩ, обеспечивающий регулировку импульсов и пауз в заданном режиме. В качестве базового вращателя используется токарный станок 1К62 или 16К.20.

По конструкции головка представляет собой два кронштейна, которые жестко закреплены на основании. В верхней части кронштейнов приварены опоры, на которые при помощи болтов прикреплены рессоры. На свободных концах рессор жестко закреплены бронзовые оси, соединенные гибкими токоведущими шинами со вторичной обмоткой трансформатора. На бронзовых осях через контактные втулки установлены сварочные ролики.

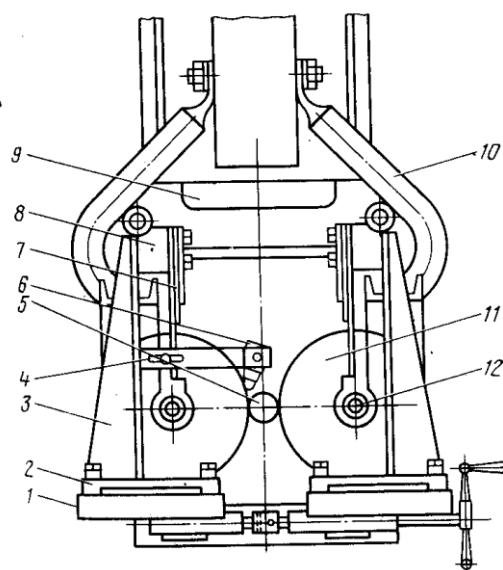
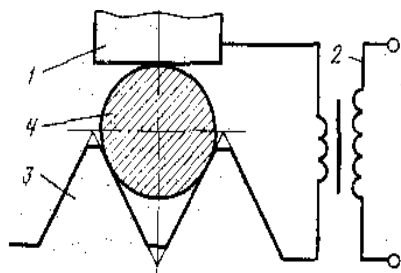


Рис. 8.2. Головка ГКН-Р1 для электроконтактной приварки проволоки: 1 — суппорт; 2 — основание; 3 — кронштейн; 4 — планка; 5 — восстанавливаемая деталь; 6 — направляющий мунштук; 7 — рессора; 8 — опора; 9 — трансформатор; 10 — токоведущие шины; 11 — сварочные ролики; 12 — ось

Присадочная проволока подается в контакт между сварочным роликом и восстанавливаемой поверхностью детали. Требуемое направление подачи проволоки устанавливается при помощи направляющего мундштука, закрепленного на планке. На двух суппортах закрепляется основание головки, электрически изолированной от них при помощи текстолитовых прокладок.

Наплавочная головка обеспечивает качественное восстановление наружных цилиндрических гладких поверхностей, а также резьб.

При восстановлении резьбы контактной приваркой присадочную проволоку укладывают во



впадины

резьбы и зажимают проволоку и деталь между сварочными роликами (рис. 8.3). После включения питания, ток, проходя через проволоку и резьбу, нагревает их в месте контакта до сварочной температуры. После приложения усилия

Рис. 8.3. Восстановление резьбы электроконтактной приваркой проволоки:

1 — роликовый электрод; 2 — трансформатор; 3 — витки резьбы; 4 — присадочная проволока

к роликовым электродам нагретая присадочная проволока заполняет впадину между витками резьбы и сваривается с ее

боковыми поверхностями, образуя сплошной наплавленный слой. При выборе диаметра проволоки исходят из того, чтобы при нагреве и осадке проволока полностью заполняла впадину между витками и при этом оставался припуск на последующую механическую обработку. Обычно берут проволоку диаметром, равным шагу резьбы или больше его на 5 — 10 %.

На ремонтных заводах и в автотранспортных предприятиях (АТП) наиболее часто используют установки для контактной приварки металлического слоя, разработанные в научно-производственном объединении "Ремдеталь".

Установка модели ОКС-011-02 "Ремдеталь" предназначена для восстановления посадочных мест под подшипники деталей типа вал. Изношенную поверхность восстанавливают приваркой стальной ленты перекрывающимися точками при помощи регулируемых импульсов тока (до 14 к А). При этом восстанавливаемая деталь и сварочные ролики охлаждают водой, что обеспечивает закалку наносимого слоя металла. При помощи данной установки можно вести также приварку металлокерамических твердых сплавов под слоем металлической ленты, материал которой служит при этом связкой. Особенностью конструкции установки является бесступенчатое регулирование частоты вращения и скорости подачи, обеспечиваемое тиристорными электроприводами постоянного тока. При помощи установки можно восстанавливать детали диаметром 20 — 150 мм и длиной до 1200 мм. Толщина приваренного слоя может регулироваться в пределах 0,3 — 1,2 мм и определяется толщиной присадочной ленты. Широкий диапазон частоты вращения шпинделя ($0,15 — 15 \text{ мин}^{-1}$) и скорости перемещения сварочной головки (4,5 — 450 мм/мин) позволяет выбирать наиболее оптимальные режимы наплавки. Производительность установки достигает $100 \text{ см}^2/\text{мин}$.

Для восстановления рабочих поверхностей наиболее дорогостоящих деталей двигателей внутреннего сгорания разработана гамма специализированных, высокопроизводительных установок для контактной приварки компактного и порошкообразного материала.

Установка ОКС-011-1-06 "Ремдеталь" предназначена для восстановления внутренней поверхности гильз цилиндров автомобильных и тракторных двигателей приваркой ленты или порошка, а также может быть использована для закалки гильз. Деталь в процессе приварки вращается, а сварочные клещи имеют, продольное перемещение.

Для восстановления опор блоков цилиндров под коренные шейки коленчатых валов служит установка ОКС-ОИ-Ы! "Ремдеталь". Особенностью конструкции установки является использование вращающейся сварочной головки и поворотного стола, имеющего продольную подачу. Это позволяет восстанавливать также отверстия (диаметром 80 — 300 мм и глубиной до 350 мм) в других крупногабаритных корпусных деталях.

Установка ОКС-ОП-1-08 "Ремдеталь" предназначена для восстановления внутренних поверхностей верхней головки шатунов диаметром от 55 — 150 мм, а также стаканов подшипников и других деталей. Приварка слоя осуществляется импульсами тока определенной длительности и силы. Время прохождения сварочного тока регулируется прерывателем. Работа на установке производится в полуавтоматическом режиме, производительность достигает 60 см²/мин. Благодаря охлаждению водой нагрев и деформация деталей отсутствуют.

Кроме перечисленных выше разработаны также установки для восстановления клапанных гнезд головок цилиндров наваркой порошкообразным материалом, для восстановления зубьев шестерен гидронасосов и другие специализированные устройства.

Наплавочные материалы. В качестве наплавочных материалов используют компактные (ленты, проволоки) и порошкообразные материалы. Выбор материала определяет физико-механические свойства покрытий. Наиболее широкое распространение в качестве материала при восстановлении автомобильных деталей приваркой нашли стальные ленты.

В процессе восстановления деталей приваркой зона сварки охлаждается водой, что способствует образованию в наплавленном слое закалочных структур и предотвращает нагрев и деформацию детали. Твердость приваренного слоя зависит от содержания углерода и легирующих элементов в материале ленты. Для восстановления каждой конкретной детали выбирают ленту из такого сплава, который после приварки с одновременной закалкой-обеспечивал бы твердость наплавленного слоя, отвечающую твердости, указанной в рабочем или ремонтном чертеже на данную деталь. Выбирая ленты с тем или иным содержанием углерода, можно в широких пределах (от 30 до 65 ИКС) изменять твердость приваренного слоя. Твердость приваренного слоя в ИКС в зависимости от используемого материала ленты приведена ниже:

Сталь 20 30 — 35

40..... 40 — 45

45.....	45 — 50
55.....	50 — 55
40X	55—60
65 Г	60 — 65

При электроконтактной приварке проволоки используют проволоки сплошного сечения (Св-08, Св-08ГС, Св-08Г2С, НП-3ОХГСА и др.) и порошковые (ПП-АН-10, ПП-АН-128). Для восстановления резьб применяют проволоки из малоуглеродистых сталей.

В качестве материалов для роликовых электродов наплавочных установок используют специальные бронзы, содержащие хром, цирконий и другие элементы.

Для приварки порошковых материалов используют порошковые сплавы ПХ20Н80, механические смеси КБХ и ФБХ-6-2 и самофлюсующиеся порошки ПГ-Ю-01, ПГ-СР-2. Однако использование порошкообразных материалов при восстановлении автомобильных деталей контактной приваркой слоя встречается еще достаточно редко. Это объясняется относительно низкой прочностью сцепления (усилие на разрыв 150—300 МПа) нанесенного покрытия с основой и его пористостью. Режимы приварки. По принятой классификации параметры, определяющие режимы наплавки, разделяются на электрические и механические.

К электрическим параметрам относятся сила сварочного тока и длительность сварочного цикла. При недостаточной силе тока полной сварки ленты и детали в сварной точке не происходит.

Увеличение силы тока и продолжительности сварочного цикла стабилизирует процесс сварки. При повышении этих параметров до значений, превышающих номинальные, появляются выплески металла, и на поверхности восстанавливаемой детали образуются поры и трещины.

К механическим параметрам относятся: частота вращения детали, подача электродов, усилие сжатия электродов. Подача электродов, частота вращения детали и частота импульсов — важные параметры, соотношение которых следует подбирать

так, чтобы обеспечить 6 — 7 сварных точек на 1 см длины сварного шва. Этот показатель определяют методом подбора частоты импульсов на эталонных образцах при постоянной скорости их вращения. Подача электродов влияет на перекрытие сварных точек. Недостаточное перекрытие ухудшает свариваемость привариваемого слоя с материалом детали. Повышенное перекрытие точек увеличивает зону отпуска, что приводит к уменьшению средней твердости приваренного слоя. Оптимальные режимы контактной приварки ленты приведены в табл. 8.1.

Т а б л и ц а 8.1. Режимы приварки ленты

Параметр	Детали	
	корпусные	типа вал
Сила сварочного тока, кА	7,8 — 8,0	16,1 — 18,1
Длительность сварочного цикла, с	0,120—0,160	0,04 — 0,08
Длительность паузы, с	0,08 — 0,1	0,1 — 0,12
Скорость сварки, м/мин	0,5	0,7 — 1,2
Подача электродов, мм/об	Ручная	3 — 4
Усилие сжатия электродов, кН	1,70 — 2,25	1,30 — 1,60
Ширина рабочей части электродов, мм	8	4
Диаметр электродов, мм	50	150 — 180
Материал ленты	Сталь 20	Сталь 40—50
Материал детали	Чугун	Сталь лубая
Расход охлаждающей жидкости, л/мин	0,5 — 1,0	1,5 — 2,0

При недостаточном усилии сжатия электродов на поверхности ленты и детали образуются эрозийные разрушения, сопровождающиеся сильным искрением в зоне контакта. С увеличением усилия сжатия электродов до определенной величины процесс приварки ленты улучшается. В приведенном в табл. 8.1 диапазоне усилий сжатия на поверхностях деталей наблюдается минимальное число пор, глубина вмятин — 0,08 — 0,1 мм. Дальнейшее увеличение усилий сжатия электродов приводит к ухудшению качества сварки, деформации рабочей части и снижению стойкости электродов. При износе электродов происходит увеличение площади контакта электрода с деталью, что приводит к уменьшению плотности тока и давления электродов, ухудшая тем самым условия формирования сварного шва. Высокая плотность тока на контактирующих поверхностях вызывает нагрев и деформацию, а также способствует налипанию материала ленты на электроды. Поэтому электроды необходимо зачищать от налипшего металла и править профиль.

При разработке технологического процесса восстановления резьбовых участков валов контактной сваркой следует установить правильное соотношение между усилием сжатия $Q_{сж}$ и силой сварочного тока $J_{св}$ в зависимости от шага резьбы и диаметра детали. Оптимальная зависимость между силой сварочного тока и усилием сжатия $Q_{сж} = 0,64 \sqrt{J_{св}}$

Сила сварочного тока должна быть такой, чтобы создать высокую температуру в месте контакта проволоки с деталью, достаточную для сварки металла в твердой фазе, но в то же время не расплавить витки. Усилие сжатия приводит проволоку и деталь в тесное соприкосновение, способствуя разрыву оксидных пленок и слоев адсорбированных газов, обеспечивает возможность сварочного процесса и оказывает значительное влияние на качество сварного соединения. Давление в месте контакта проволоки с деталью составляет $P = Q_{сж}/F = 0,8—1,0$ МПа (при плотности тока 300 — 400 А/мм²). При таком соотношении сварочного давления и плотности тока продолжительность сварочного цикла принимается 0,08—0,12 с. С увеличением шага резьбы продолжительность сварочного цикла увеличивается. Уменьшение сварочного цикла приводит к недостаточному оплавлению проволоки и детали. Качественное восстановление резьбы обеспечивается в том случае, когда последующая точка перекрывает предыдущую не менее чем на 25—30 %.

Чередование включения и выключения тока происходит в виде сварочных импульсов и пауз между ними. В этом случае перекрытие сварных точек определяется совокупностью трех параметров: скорости сварки, продолжительности сварочного цикла $t_{св}$ и продолжительности паузы $t_{п}$. Наилучшие результаты при сварке среднеуглеродистых сталей достигаются, если соотношение между продолжительностью сварочного цикла и паузы составляет $t_{св}/(t_{св} + t_{п}) = 0.5$. При этом $t_{п} = t_{св}$ т.е. чередование включения сварочного тока происходит через равные промежутки времени.

Технологические особенности восстановления деталей контактной приваркой. Технология включает операции подготовки деталей и ленты, приварку ленты и механическую обработку приваренного слоя.

Подготовка детали под наварку заключается в тщательной ее очистке и обезжиривании, исправлении центровых поверхностей и последующей механической обработке (шлифовке, точению) восстанавливаемой поверхности шейки до диаметра меньше номинального на 0,154-0,3 мм.

Заготовки для восстановления шеек валов изготавливают вырубкой из ленты при помощи штампа или нарезают на ножницах. Перед наваркой ленты очищают от грязи и обезжиривают. Длина заготовки должна быть равна длине окружности восстанавливаемой шейки, при этом зазор в месте стыка более 0,5 мм не допускается. Ширина заготовки ленты должна на 1 —2 мм быть меньше ширины восстанавливаемой поверхности. Толщина ленты выбирается в зависимости от требуемой толщины наваренного слоя (учитывают износ восстанавливаемой шейки, предварительную ее обработку, припуск на последующую механическую обработку).

Ленту приваривают в два приема: предварительно и окончательно. Перед приваркой устанавливают выбранные режимы сварки. Затем деталь закрепляют в патроне, а лента подводится под верхний контактный ролик и прихватывается к восстанавливаемой поверхности несколькими сварочными точками. После чего включают вращение детали и подачу электродов и окончательно приваривают ленту.

Механическая обработка наваренных поверхностей осуществляется на любых круглошлифовальных станках типа 3М132, 3М152 и др.

Рассмотренный способ используется на ремонтных предприятиях для восстановления десятков наименований деталей, в том числе блоков цилиндров, гильз цилиндров, валов коробок передач, шкивов, крестовин дифференциалов, разжимных кулаков и пр. Однако отсутствие надежного оборудования, дефицитность материала в виде лент сдерживают широкое внедрение этого прогрессивного способа восстановления на ремонтных предприятиях.

8.2. ИНДУКЦИОННАЯ НАПЛАВКА

Физические основы нагрева током и высокой частоты. К отличительным особенностям индукционного нагрева относится бесконтактный способ передачи энергии в нагреваемое изделие посредством электромагнитного поля. В любом электропроводном материале, помещенном в переменное электромагнитное поле, индуцируются вихревые токи. В сравнении с кондуктивным индукционный (бесконтактный) подвод энергии упрощает и расширяет возможности нагрева геометрически сложных поверхностей деталей.

Устройством, передающим энергию Высокой частоты в наплавляемый металл, является индуктор. Он представляет собой виток или спираль из нескольких витков медной трубки, при работе охлаждаемых водой, по которым протекает ток высокой частоты. При этом вокруг витков

создается переменное магнитное поле. Подготовленные к наплавке детали располагают 'В зоне действия индуктора, где они пронизываются переменным магнитным полем. Переменное электромагнитное поле индуцирует электродвижущую (э. д. с.) силу, под действием которой в металле возникают токи, нагревающие наплавляемую поверхность до заданной температуры. Плотность индуцируемых в каждом элементарном объеме металла токов может изменяться по различным законам в зависимости от формы, геометрических размеров нагреваемой детали, удельного сопротивления и магнитной проницаемости материала и пр.

Мгновенное значение индуцированной электродвижущей силы в вольтах определяют на основании известного закона электромагнитной индукции, согласно которому э. д. с. равна скорости убывания магнитного потока, т. е.

$$e = -d\Phi/d\tau$$

где Φ — магнитный поток, Гц; τ — время изменения магнитного потока.

Для случая изменения магнитного потока, пронизывающего витки потокосцепленного контура, близкого к синусоиде, действующее значение

$$E = 4.44fn\Phi$$

где f — частота индуцированного тока, Гц; n — число витков контура.

Выходящая из непроводящей среды, например воздуха, электромагнитная волна внутри металла распространяется перпендикулярно его поверхности и затухает по мере удаления от нее.

Поверхностный эффект. Вихревые токи по сечению проводника распределяются неравномерно, их плотность уменьшается по мере удаления от поверхности к центру. Это связано с затуханием электромагнитной волны, распространяемой внутри металла. Такое явление получило название поверхностного эффекта.

Для количественной оценки поверхностного эффекта в теории индукционного нагрева используют Δ — глубину проникновения тока в материал. При прочих равных условиях поверхностный эффект будет тем сильнее, чем больше размеры проводника и выше частота тока. Глубина проникновения тока представляет собой расстояние, на котором амплитуды напряженностей электрического и магнитных полей плоских электромагнитных волн уменьшаются в 2,718 раз, а фаза волны изменяется на 1 радиан, т. е. на 57° .

Глубина проникновения тока

$$\Delta = 5030 \sqrt{\rho / (\mu f)}$$

где ρ — удельное электрическое сопротивление проводника; μ — относительная магнитная проницаемость; f — частота тока.

В практических расчетах часто используют эмпирическую формулу для определения глубины проникновения тока в материал нагреваемого изделия при определенной температуре:

$$\Delta = k/f$$

где k — эмпирический коэффициент (табл. 8.2).

В зависимости от размеров детали и частоты тока при индуктивном нагреве различают "массивные" и "прозрачные" тела для электромагнитного поля. Если диаметр проводника, в котором индуцированы вихревые токи, в восемь и более раз больше D , то такая частота считается высокой или тело "массивным". Если глубина проникновения тока D больше, чем диаметр проводника, то такое тело называют

"прозрачным" для электромагнитного поля данной частоты. В "массивном" теле в пределах слоя металла толщиной L выделяется почти вся мощность (86,5 % энергии, подводимой в тело).

Влияние нагрева на электрические свойства материала. К основным электрофизическим свойствам материалов относится магнитная проницаемость (μ) и удельное электрическое сопротивление (ρ). Данные параметры оказывают основное влияние на глубину проникновения тока и передаваемую в изделие мощность.

В зависимости от относительной магнитной проницаемости нагреваемые материалы разделяют на парамагнетики, диамагнетики и ферромагнетики. У первых двух близка к единице, а у ферромагнетиков она значительно превышает единицу. К ферромагнетикам относятся железо-углеродистые сплавы, никель, кобальт. Магнитная проницаемость у ферромагнетиков зависит от напряженности магнитного поля, температуры и ряда других факторов. Влияние температуры нагрева на изменение магнитной проницаемости в области достаточно сильных магнитных полей представлено на рис. 8.4. Скачкообразное уменьшение магнитной проницаемости при температуре 1053 К связано с потерей магнитных свойств стали. Температура, при которой магнитная проницаемость падает до единицы, называется точкой Кюри. Для различных материалов температура магнитных превращений различна. Например, для углеродистых сталей точка Кюри лежит в интервале температур 1033—1056 К, кобальта — 1413 К и никеля — 633 К.

При нагреве помимо изменения магнитной проницаемости происходит увеличение электрического сопротивления металлов. Известно, что удельное сопротивление сталей возрастает монотонно во всем, интервале температур до точки Кюри, а затем его увеличение замедляется. При температурах нагрева свыше 1237 К удельное сопротивление различных сталей практически одинаково и равно 1,2 — 1,3 Ом-мм²/м.

Т а б л и ц а 8.2. Значение эмпирического коэффициента k в зависимости от температуры и марки нагреваемого материала

Материал	Температура, °С	k	Материал	Температура, °С	k
Сталь	20	20	Алюминий	20	85
	300	550		500	155
	1300	575	Сплав Сормайт	20	50
Медь	20	67		1300	540
	100	77			
	1000	155			

ТО-

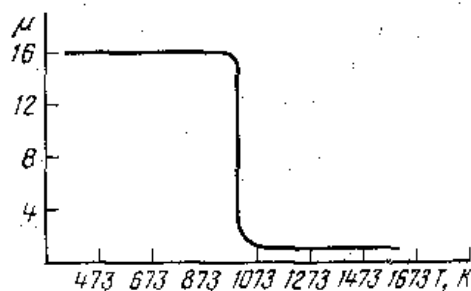


Рис. 8.4. Зависимость относительной магнитной проницаемости μ от температуры T нагрева стали 45

В процессе индукционного нагрева в связи с изменением магнитной проницаемости и удельного сопротивления при достижении точки Кюри происходит изменение глубины проникновения тока пропорционально $\sqrt{\rho/\mu}$. Различают глубину проникновения тока Δ_x в холодный и Δ_r горячий металл. Глубина проникновения тока Δ_r в нагретую выше точки Кюри сталь увеличивается в 8 — 10 раз. Глубина проникновения тока в горячий металл $\Delta_r \approx 0,5\sqrt{a}$

Значения глубин проникновения тока в холодную сталь (Δ_x) и нагретую выше точки Кюри (Δ_r), а также для других металлов приведены в табл. 8.3.

Эффект близости. Природа эффекта близости и поверхностного эффекта одна и та же. Только в данном случае концентрация тока в определенных местах поверхности проводника рассматривается как результат суммарного взаимодействия собственного поля и электромагнитных полей всех проводников с током в системе. Картина распределения тока и магнитного поля в проводниках прямоугольного

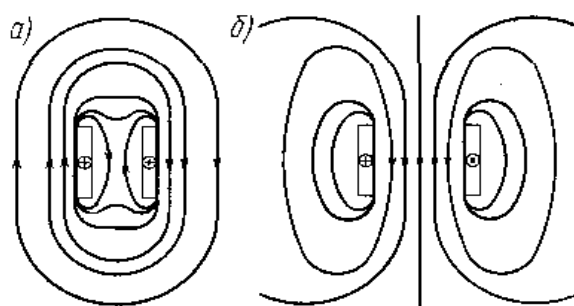


Рис. 8.5. Распределение тока в проводниках при эффекте близости:
а — одинаково направленные токи; б — встречно направленные токи

сечения для случая одинаково и встречно направленных токов показана на рис. 8.5. Из рис. 8.5 видно, что наибольшая плотность тока при одинаковом его направлении наблюдается на наружных поверхностях проводников, а при встречном направлении тока — на внутренних поверхностях. Исходя из названия эффект близости проявляется только в том случае, если проводники с током сближаются на малые расстояния. Перераспределение плотности тока будет выражено тем сильнее, чем меньше расстояния между проводниками и чем выше частота.

Эффект близости позволяет разработать такой индуктор, который может обеспечить требуемую локальность нагрева заданной поверхности изделия.

Кольцевой эффект. Другой разновидностью поверхностного эффекта является кольцевой эффект, который заключается в том, что у свернутого в кольцо или спираль проводника наибольшая плотность тока наблюдается на его внутренней поверхности. Кольцевой эффект проявляется тем сильнее, чем больше высота проводника по отношению к диаметру кольца. Наблюдается ярко выраженная симметрия магнитного поля индуктора. Внутри индуктора (рис. 8.6) магнитное поле значительно больше, чем снаружи. Кольцевой эффект является полезным при нагреве у деталей наружной цилиндрической поверхности. Вместе с тем он затрудняет или делает вообще невозможным нагрев до заданной температуры внутренних цилиндрических поверхностей. Это связано с резким снижением напряженности электромагнитного поля у нагреваемой поверхности.

Энергоемкость процесса наплавки. Энергоемкость характеризуется затратами энергии на единицу массы наплавленного металла. Эти затраты складываются из количества энергии,

Таблица 8.3. Глубина проникновения тока в холодный и нагретый/материал

Материал	Тем-пература, К	Δ	Глубина проникновения, см, при частоте, кГц					
			0,05	0,5	2,5	10	100	1000
Сталь 45	293	40	0,5	0,15	0,067	0,034	0,011	0,0034
Сталь 45	1073	1	7,0	2,2	1,0	5,0	0,16	0,05
Медь	293	1	1,0	0,3	0,13	0,07	0,022	0,07
Алюминий	293	1	1,2	0,38	0,17	0,08	0,025	—
Никель	1273	1	4,9	0,54	0,7	0,346	0,14	—

которое необходимо на осуществление процессов наплавки W_n , из тепловых потерь и потерь энергии на преобразование и передачу энергии W_o : $W = W_n + W_t + W_o$.

Затраты энергии на наплавку W_n , не зависящие ни от вида электроносителей, ни от продолжительности процесса, составляют суммарные «утраты энергии на нагрев основного металла W_o , наплавляемого сплава W_c и флюсов W_f до температуры плавления, на расплавление присадочного сплава $W_{пс}$ и флюса $W_{пф}$ на сопутствующие реакции и фазовые превращения $W_{рф}$;
 $W_n = W_o + W_c + W_f + W_{пф} + W_{пс} + W_{рф}$

Средняя энергоемкость (кВт·ч/кг) некоторых видов производственных процессов представлена ниже:

Газопламенная, ацетиленокислородная

наплавка сплавов типа

сормайт 12—15

Ручная электродуговая наплавка

при токе:

постоянном 1,0

переменном однофазном 4,0

переменном трехфазном 2,8

Индукционный нагрев стали до

температуры:

800°C 0,4

1100°C 0,5

Индукционный нагрев под наплавку

твердыми сплавами до темпера-

туры 1300°C 0,6—0,7

Высокочастотные установки. Условия для индукционного нагрева состоят обычно из одинаковых элементов, которые связаны между собой общей электрической схемой. В нее входят:

генератор высокой частоты (машинный, ламповый, ионный, тиристорный);

индуктор тока высокой частоты (ТВЧ) одновитковый или многovitковый;

конденсаторная батарея, компенсирующая низкий коэффициент мощности индуктора;
закалочный трансформатор;
контактор для подключения и отключения тока нагрузки;
линии передач тока высокой частоты от источника питания до индуктора;
система водяного охлаждения: высокочастотные измерительные приборы (амперметр, вольтметр, ваттметр, фазометр); измерительные трансформаторы напряжения и тока.

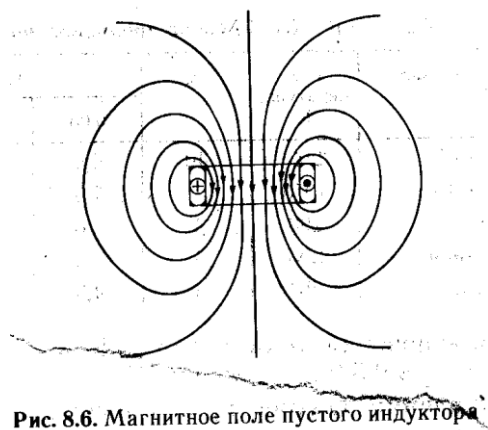


Рис. 8.6. Магнитное поле пустого индуктора

В зависимости от функционального назначения установки дополнительно укомплектовывают плавильной печью, станком для закалки, кузнечным нагревателем, аппаратурой для поддержания и контроля режима нагрева. В ряде случаев для нагрева используют промышленную частоту, и тогда генератор отсутствует. При питании однофазной нагрузкой вместо генератора устанавливают устройство, преобразующее трехфазную систему в однофазную, которое обеспечивает симметричную нагрузку сети. Нагреваемая деталь помещается внутри индукатора или около него. Переменное магнитное поле индуктора вызывает появление индуктированного тока в детали, в результате чего происходит ее нагрев.

Все схемы установок подчинены условиям согласования (настройки) параметров нагрузки с параметрами источника тока высокой частоты (генераторы) с тем, чтобы обеспечить передачу индуктором необходимой мощности в нагреваемую деталь в пределах допустимых превышений номинальных данных генератора в процессе всего цикла нагрева.

У нас в стране наиболее широкое распространение получили машинные преобразователи, статические преобразователи частоты и ламповые генераторы.

Высокочастотный машинный преобразователь. Преобразователь состоит из генератора средней частоты и трехфазного приводного двигателя. Машинные преобразователи являются главным источником питания электротермических установок. Общая мощность установок с машинными генераторами исчисляется несколькими миллионами кВт. Основные достоинства машинных преобразователей:

- простота конструкции, высокая надежность, легкость обслуживания;
- возможность включения нескольких преобразователей на параллельную работу;
- сравнительно низкая стоимость.

К недостаткам машинных преобразователей относится снижение их к. п. д. при неполной загрузке. Кроме того, такие преобразователи создают повышенный шум, имеют достаточно сложную систему водоохлаждения и смазки.

Статические преобразователи частоты. Преобразователи используют в качестве источников питания электротермических установок токами повышенной частоты в диапазоне 200 — 1000 Гц. Преобразование частоты в таких устройствах осуществляется в результате коммутации постоянного тока управляемыми вентилями. Схемы преобразования частоты могут быть осуществлены как на полностью управляемых вентилях, так и на вентилях, имеющих полууправляемую характеристику (тиратроны, экситроны, тиристоры и т. п.). Полная схема преобразователя частоты включает источник постоянного тока (выпрямитель), звено преобразования (инвертор), цепи контроля и управления.

Положительными характеристиками статистических преобразователей (табл. 8.4) частоты являются, в сравнении с электромашинными, высокий электрический к. п. д., обусловленный незначительным падением напряжения на вентилях, отсутствие больших вращающихся масс и малые статистические весовые нагрузки.

Ламповые генераторы. Генераторы наиболее часто используют в качестве источника нагрева при индукционной наплавке. Такие генераторы преобразуют ток частотой 50 Гц в высокочастотный (до сотен мегагерц). Преобразование осуществляется дважды: вначале ток промышленной частоты выпрямляется, а затем постоянный ток преобразуется в переменный высокой частоты. В простейших случаях генераторы состоят из трех основных частей — выпрямителя с анодным трансформатором, генераторной лампы и колебательного контура.

Ламповые генераторы мощностью более 10 кВт (табл. 8.5) выполнены по двухконтурной схеме, что позволяет лучше стабилизировать частоту и осуществлять настройку оптимального режима при изменяющихся параметрах нагрузки в процессе нагрева. Однако это приводит к увеличению габаритных размеров генераторов и дополнительных потерь энергии в контурах.

Таблица 8.4. Технические характеристики статических преобразователей частоты

Показатель	Тип преобразователя			
	ТПЧ-1	ТПЧ-2	ТПЧ-800-1	СГЧ-2×800
Номинальная мощность, кВт	630	630	800	1600
Частота, Гц	500/1000	150—300	50/1000	800—1300
Выходное напряжение, В	800—1000	800—1000	600—1000	500—1800
Питающее напряжение, В	3×380	3×380	3×380	3×6000
К. п. д., не менее	92	92	94	92
Масса, кг	3650	3650	4400	35370
Габаритные размеры, мм:				
длина	5100	5100	5211	—
ширина	1000	1000	900	—
высота	2480	2480	2680	—

Все двери блоков генераторов, в которых напряжение свыше 1000 В, имеют электромеханическую блокировку. При правильной очередности открывания дверей прежде всего снимается питающее напряжение. Узлы установки экранированы алюминиевыми листами. Этим достигается снижение радиопомех и защита обслуживающего персонала от излучения.

Индукторы для нагрева. Передача энергии от источника питания токов высокой частоты в нагреваемое изделие при наплавке осуществляется при помощи многовитковой или одновитковой катушки, называемой индуктором. Форма и размеры индуктора зависят от способа нагрева, разме-

ров и конструкции нагреваемой поверхности, подводимой мощности, частоты тока, объемов производства, степени механизации и т. д. Индуктор является основным элементом любой высокочастотной нагревательной установки. В большинстве случаев достоинства и недостатки технологических устройств, в которых используется индукционный нагрев, могут быть поставлены в прямую связь с особенностями конструкции индуктора. Индукционную наплавку наиболее эффективно используют в условиях крупносерийного и массового производства. Современное поточное массовое производство, как правило, высокоавтоматизированное. Поэтому при разработке конструкции необходимо анализировать также схемы автоматизации загрузки детали в индуктор и возможности передачи ее на последующие операции механической обработки.

Таблица 8.5. Основные технические данные ламповых высокочастотных установок

Показатель	Тип установки				
	ВЧИ-10/0,44	ВЧИ-25/0,44	ВЧИ-63/0,44	ВЧИ2-100/0,066	ВЧИ3-160/0,066
Номинальная мощность высокой частоты, кВт	10	25	63	100	160
Рабочая частота, кГц	440	440	440	66	66
Напряжение питающей сети, В	380	380	380	380	380
Мощность, потребляемая от сети, кВт	14	37	90	140	220
Мощность анодного трансформатора, кВт·А	25	40	100	160	250
Число генераторных ламп	1	1	1	1	2
Тип генераторных ламп	ГУ-59А	ГУ-62А	ГУ-62А	ГУ-23А	ГУ-23А
Число ламп (вентилей) выпрямителя	84	7	7	7	7
Тип ламп (вентилей) выпрямителя	ВК-2-10-10А	ТР1-6/15	ТР1-6/15	ТР1-6/15	ТР1-15/20
Масса установки, кг	700	1800	2150	3000	3300
Габаритные размеры, мм:					
в плане	1200×1000	3250×830	3250×830	2910×1420	4300×1400
высота	1900	2200	2200	2240	2300

Чтобы увеличить электрический к. п. д., а также $\cos\phi$, зазор между индуктирующим приводом и нагреваемой поверхностью должен быть минимальным. Однако чем меньше этот зазор, тем с большей точностью необходимо изготавливать детали индуктора.

Уменьшая зазор, мы всегда повышаем к. п. д., но возможно значительное удорожание изготовления и эксплуатации устройства. При малых зазорах, повышается процент брака из-за случайных прикосновений детали к индуктору и возникающего при этом пробоя между индуктором и деталью. Зазор, который можно допустить без существенного уменьшения к. п. д., пропорционален ширине индуктирующего провода. Практически для деталей среднего машиностроения (автомобили, тракторы и пр.) зазоры менее 2 — 3 мм следует выбирать только в отдельных обоснованных случаях. При этом следует учитывать точность изготовления наплавляемой поверхности и поверхностей, на которые базируются заготовки, а также допуски на их взаимное расположение. Обычно зазор должен быть в 4 — 5 раз больше суммарной ошибки, которая может появиться из-за случайного совпадения отклонений размеров и расположения нагреваемой и базовых поверхностей.

В последние годы разработаны индукторы с электроизоляционным покрытием рабочих поверхностей окисью алюминия. Благодаря этому устраняются случайные замыкания детали и индуктора, уменьшается зазор между ними и повышается к. п. д. и, как следствие, сокращается время наплавки на 10 — 12 %.

Все токоведущие элементы должны изготавливаться из меди М1 — материала очень хорошей электропроводности.

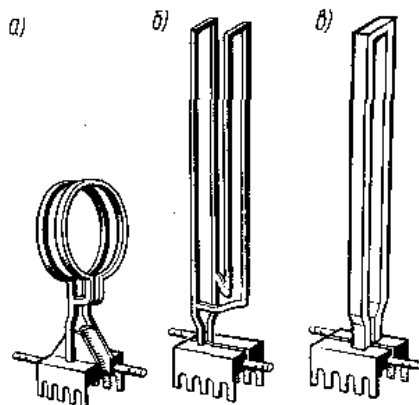


Рис. 8.7. Индукторы для нагрева наружных наплавляемых поверхностей:
 а — с двумя витками, соединенными параллельно; б — прямоугольный; в — петлевой

Известно, что ток в индукторе протекает только в поверхностном слое токоведущих частей, толщина которого равна глубине проникновения тока данной частоты в медь. Поэтому с точки зрения экономии цветных металлов только эти элементы можно изготавливать из чистой электролитической меди. Остальные элементы могут быть изготовлены из любого немагнитного материала. Однако пока не разработаны дешевые способы

прочного и плотного соединения меди с алюминием или текстолитом. Поэтому конструкции индукторов, изготовленных из различных материалов, используются еще редко.

Расчет параметров индуктора для наплавки представляет значительные трудности. Большинство наплавочных индукторов, особенно работающих на радиочастотах, изготавливают на основании опыта с последующей их доводкой после экспериментальной проверки. Разнообразие геометрических форм наплавляемых поверхностей деталей требует соответствующего числа различных по конфигурации индукторов.

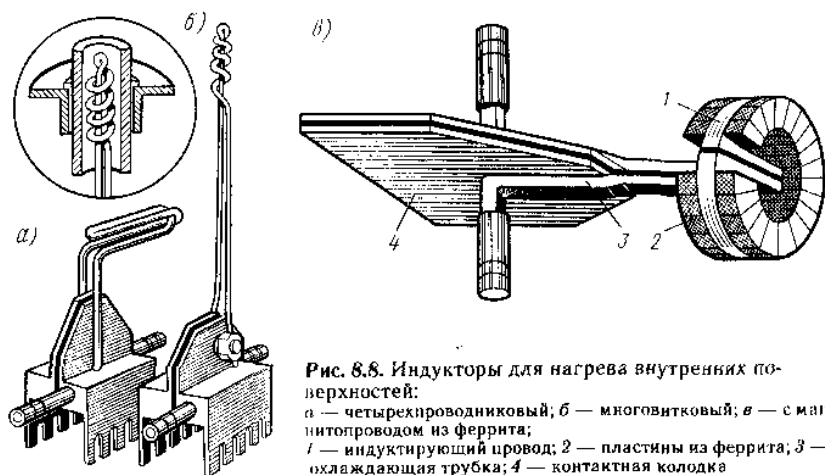
По форме индукторы разделяются на кольцевые и петлевые. По конструкции — на разъемные и неразъемные. По числу витков — на одновитковые и многовитковые. По направленности нагрева — для нагрева наружных (цилиндрических, плоских и пр.) (рис. 8.7) и внутренних (рис. 8.8) поверхностей.

Нашли распространение и индукторы с магнитопроводом, которые применяются для вытеснения тока в сторону открытого паза. Такие конструкции используют главным образом при закалке внутренних (рис. 8.8, *а*) или плоских поверхностей, а также в случаях, где требуется неодинаковая степень нагрева. Без магнитопровода ток в силу кольцевого эффекта концентрируется на внутренней, удаленной от нагреваемой детали, поверхности индуктирующего провода, напряженность поля на поверхности детали падает и к. п. д. индуктора резко уменьшается.

Магнитопровод изготавливают из пластин трансформаторной стали марки Э42 или Э44 толщиной 0,2 — 0,35 мм. На радиочастотах и в некоторых случаях при частоте 8000 Гц для концентрации нагрева используют для магнитопровода ферриты. Феррит — это полупроводниковый магнитный материал, получаемый спеканием спрессованной тонкой смеси

окислов некоторых металлов. Для использования в индукторах можно применять, например, ферриты, изготовленные из смеси состава: NiO — 12%, Zn — 18%, Fe₂O₃ — 66% и CuO — 4% (по массе). Температура спекания таких ферритов — 1300—1400°C.

Использование ферритов при



изготовлении индукторов для наплавки дает заметный эффект. Например, при индукционной наплавке очень часто возникает необходимость сконцентрировать магнитное поле на том или ином участке детали, где из-за особенности ее конструкции ил и иных причин выделяется меньше тепла. Такая неравномерность нагрева отражается на качестве наплавки и вынуждает идти на перегрев отдельных участков детали, а иногда и вообще отказаться от упрочнения таких поверхностей. В этом случае целесообразно использовать ферриты, которые дают дополнительные возможности по управлению магнитным полем высокой частоты. Ферриты особенно необходимы для индукторов для нагрева деталей сложной конфигурации, а также индукторов для нагрева внутренних поверхностей. Коэффициент полезного действия индукторов с магнитопроводом достаточно велик и достигает в среднем 80 %.

Индуктирующий провод и другие токонесящие элементы индуктора нагреваются при прохождении по

ним тока высокой частоты. Кроме того, наплавляемая деталь излучает тепло, которое частично поглощается индуктирующим проводом. Только в отдельных случаях выделяющееся тепло может быть рассеяно в окружающую атмосферу. В большинстве случаев для предохранения индукторов от разрушения (расплавление участков) их элементы необходимо принудительно охлаждать.

Способы индукционной наплавки. Существующие варианты наплавки с использованием индукционного нагрева токами высокой частоты можно классифицировать по состоянию основного металла и виду присадочного (наплавляемого) материала. Различают следующие способы наплавки: порошкообразной шихтой, монолитным или брикетированным присадочным материалом, в огнеупорной среде, центробежную и жидким сплавом.

Наплавки порошкообразной шихтой. При наплавке порошкообразной шихтой в качестве присадочного материала используют порошкообразную шихту, которая состоит из гранулированного сплава и флюсов на основе буры. Приготовленную шихту наносят равномерным слоем на поверхность наплавляемого изделия. Затем изделие с нанесенным слоем шихты вводят в индуктор ТВЧ, форма и размеры которого определяются конфигурацией упрочняемой поверхности. Питание индуктора осуществляют от ламповых высокочастотных установок с частотой 70 или 440 кГц.

После включения питания внутри индуктора возникает переменное электромагнитное поле. В электропроводящих телах, находящихся в электромагнитном поле, индуктируются токи. Происходит нагрев элементарных объемов материала и изделия в целом. Однако в данном случае наплавки шихта, расположенная между индуктором и нагреваемой (наплавляющей) поверхностью, в связи с большим сопротивлением металлического порошка незначительно реагирует на воздействие переменного электромагнитного поля. Наплавочная шихта является как бы "электропрозрачной" для возникающего в индукторе поля. Поэтому основное количество тепла

будет выделяться в тонких поверхностных слоях основного металла, а присадочный материал (шихта) будет нагреваться главным образом в результате теплопередачи от наплавляемой поверхности. В этой связи температура плавления порошкообразного сплава* входящего в состав шихты, должна быть ниже температуры плавления основного (наплавляемого) металла. При этом скорость нагрева упрочняемой поверхности должна значительно превышать скорость отвода тепла в тело детали и потерь на излучение,

В процессе нагрева шихты до температуры 600—750°C происходит расплавление флюса и образование жидкой фазы, которая смачивает поверхность детали и частички твердого сплава. Улучшается теплопередача от основного металла в присадочный, а температурный градиент резко уменьшается. При дальнейшем нагреве увеличивается химическая активность флюса и он вступает во взаимодействие с окислами, переводя их в жидкий шлак. Одновременно происходит процесс плавления гранул присадочного материала, которые хорошо смачивают раскисленную поверхность основного металла. В результате на наплавляемой поверхности детали образуется слой жидкого присадочного сплава, наружная поверхность которого защищена от взаимодействия с кислородом воздуха слоем жидкого шлака (рис. 8.9). Учитывая скоротечность процесса наплавки, выбирают такой флюс, чтобы раскисление наплавляемого металла продолжалось в течение нескольких секунд.

После отключения питания индуктора ТВЧ происходит процесс кристаллизации наплавленного слоя сплава. Дальнейшая обработка заключается в удалении шлака и придании режущему (упрочненному) лезвию или всей детали окончательной формы известными методами—гибкой, заточкой и пр.

Рассмотренный вариант индукционной наплавки выгодно отличается от других известных тем, что возможна качественная наплавка не только механически обработанных поверхностей, но и покрытых слоем ржавчины или окалины. При наличии указанных видов загрязнений необходимо только незначительное увеличение количества флюсов в шихте,

При наплавке порошкообразной шихтой используют флюсы, состоящие в основном из трех компонентов: буры, борного ангидрида и силикокальция. Третий компонент вводят для повышения активности раскисления, так как в состав силикокальция входит силицид кальция (CaSi_2) и примеси алюминия, магния, железа и пр. Как известно, силицид кальция широко используется в металлургической промышленности как высокоактивный восстановитель окислов

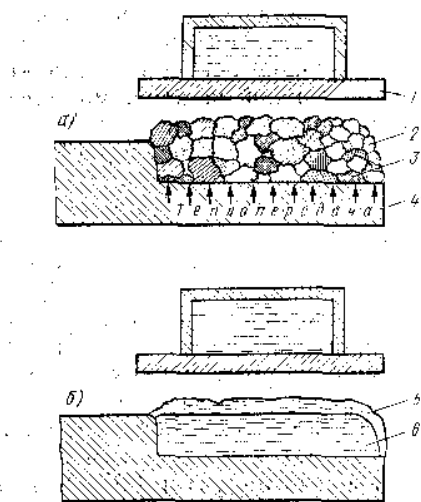


Рис. 8.9. Схема способа индукционной наплавки порошкообразной шихтой:
а — начало процесса; б — окончание процесса;
1 — индуктор ТВЧ; 2 — частицы наплавляемого сплава; 3 — частицы флюса; 4 — деталь; 5 — слой жидкого флюса; 6 — жидкий присадочный сплав

металлов. Добавка силикокальция в флюс позволяет резко уменьшить вязкость шлака в интервале температур, начиная от момента завершения процесса наплавки до полной кристаллизации жидкого сплава. Кроме того, силикокальций способствует хорошей дегазации расплава, предотвращает появление на поверхности металла окислов типа вьестита и обеспечивает рафинирование жидкого присадочного сплава в результате удаления неметаллических включений, содержащих по 30 % кальция.

В практике индукционной наплавки используют флюсы двух типов: плавленные и в виде механической смеси различных компонентов. Плавленные флюсы получают в результате совместного предварительного плавления при температуре около 850 °С кристаллической буры, борной кислоты и силикокальция. Такие флюсы обозначают индексом П (плавленные) и цифрой, которая показывает массовое отношение количества борного ангидрида к буре. Например, у флюса марки П-1,5 отношение содержания борного ангидрида к буре равно 1,5. Флюсы, представляющие собой механическую смесь буры, борного ангидрида и силикокальция, вводятся непосредственно в наплавочную шихту в виде исходных компонентов (табл. 8.6).

Однако такие флюсы имеют ряд существенных недостатков:

компоненты флюса не подлежат длительному хранению;

происходит значительное газовыделение в процессе наплавки;

имеется токсичность борного ангидрида;

имеется гигроскопичность отдельных компонентов.

Т а б л и ц а 8.6. Состав шихты для индукционной наплавки

Толщина слоя шихты, мм	Наплавочный материал — сормайт № 1, %	Компоненты флюса (механическая смесь), %		
		борный ангидрид	буря	силикокальций
1,5	82	10	5	3
3,0	85	7,5	5	2,5
4,5	88	5	5	2

В отличие от механических смесей плавленные флюсы практически не растворимы в воде. Это позволяет использовать наплавочные пасты с пластификаторами, содержащими воду. Токсичные в отдельности компоненты после сплавления образуют инертное при комнатной температуре соединение. При использовании флюсов группы П заметно улучшается формирование Поверхности наплавленного сплава.

Для сокращения расхода дорогостоящих борсодержащих компонентов некоторая часть их может быть заменена определенным более дешевым наполнителем, например, гранулами стекла, роль которого сводится только к механической защите поверхности от окисления. Установлено, что без ущерба для качества наплавки во флюсе можно заменить до 30 % борсодержащих компонентов. В качестве инертных добавок в состав флюса вводят дробленое стекло или сварочный флюс АН-348А, который усиливает различия в коэффициентах линейного расширения шлака и сплава. Это способствует более полному отдалению шлаковой корки с наплавляемой поверхности. Введение добавок-заменителей в состав флюса снижает его стоимость.

В качестве наплавочного материала используют металлический порошок. Известно, что металлические порошки практически не реагируют на действие переменного электромагнитного

поля индуктора ТВЧ, а их нагрев осуществляется главным образом в результате теплопередачи от основного (наплавляемого) металла. В этой связи сплавы, которые используются для индукционной наплавки, должны отвечать некоторым дополнительным требованиям:

температура плавления сплава должна быть ниже температуры плавления основного металла не менее чем на 100— 150 °С;

наплавочный материал должен быть в виде порошка определенного гранулометрического состава;

сплав должен иметь минимальную магнитную проницаемость.

Износостойкость наплавленного сплава зависит от числа твердых составляющих в структуре сплава. В области/восстановления и упрочнения деталей применяют два различных способа управления содержанием твердых составляющих в наплавке:

изменением химического состава сплава;

введением в шихту труднорастворимых примесей, образующих в результате взаимодействия с легкоплавкой связкой специфические композитные материалы — псевдосплавы.

В настоящее время наиболее широко распространен первый способ регулирования содержания твердых составляющих в сплаве. К преимуществам псевдосплавов (композитных материалов) следует отнести возможность в очень широких пределах управлять свойствами наплавляемого материала, а результате выбора соответствующих компонентов.

Композиции псевдосплавов, используемые для индукционной наплавки, имеют такие общепринятые условные обозначения:

Сормайт + релит ПС-3

Сормайт + феррохром ПС-4

Белый чугун + феррохром ПС-6

Наплавка псевдосплавами с каждым годом распространяется как у нас в стране, так и за рубежом. Состав наиболее распространенных порошкообразных наплавочных материалов приведен в табл. 8.7.

Наплавка порошкообразной шихтой используется для ограниченной номенклатуры автомобильных деталей.

Таблица 8.7. Износостойкие материалы для индукционной наплавки

Марка сплава	Химический состав сплава, %									Твердость наплавленного сплава HRC
	C	Cr	Si	Ni	Mn	B	Cu	W	Fe	
ПГ-С1	2,5—3,3	27—31	2,8—4,2	3,0—5,0	0,4—1,5	—	—	—	Остальное	51
(Сормайт № 1)										
ПГ-УС25	4,4—5,4	35—41	1,6—2,6	1,0—1,8	2,5	—	—	—	"	55
ПГ-С27	3,3—4,5	25—28	1,0—2,0	1,5—2,0	0,8—1,5	—	—	0,2—0,4	"	53
ПГ-ФБХ-6-2	3,5—5,5	32—37	1,0—2,5	—	1,5—4,0	1,3—2,0	—	—	"	52
ПС-14-80	5,2—7,1	49	2,6	0,3—1,0	0,3	0,04—0,18	0,22—0,63	—	"	61
ПС-14-60	4,0—5,7	35,7	2,0—3,0	0,7—1,8	0,7	0,1—0,3	0,52—0,13	—	"	58
ПС-15-30	2,3—3,8	28	2,5—4,0	1,3—2,0	1,3	0,2—0,53	0,95—1,88	—	"	40
ПС-16-50	3,7—3,5	33	1,7—3,0	0,7—4,25	0,75	0,3—0,5	0,2—0,5	0,15—0,75	"	—
ПС-4	Сормайт № 1 + феррохром									
ПС-5	Сормайт № 1 + феррохром (58%) + ферротитан (2%)									

Например, разработана технология и автоматическая установка модели 01-03-172 "Ремдеталь" для индукционной наплавки фасок клапанов. Предназначена она для восстановления (упрочнения) фасок клапанов всех типоразмеров автотракторных двигателей порошковыми самофлюсующимися материалами типа П Г-12Н-01 (ИКС 35 — 40) на основе никеля. Нагрев осуществляется токами высокой частоты (70 кГц). Удержание расплавленного присадочного сплава массой до 30 г на фаске клапана осуществляется в результате электромагнитного поля, создаваемого специальным индуктором.

По конструкции автомат состоит из загрузочного устройства, дозатора шихты, нагревательного индуктора и кристаллизатора. Данную установку наиболее целесообразно использовать в цехах централизованного восстановления изношенных деталей (ЦВИД). Установка позволяет восстанавливать тарелки клапанов диаметром до 70 мм при толщине наплавляемого слоя до 3 мм. Производительность автомата при 2сменной работе 100 тыс. штук клапанов в год.

Наплавка монолитным или брикетированным материалом. При наплавке монолитными или брикетированным присадочным материалом на упрочняемую поверхность наносят монолитный или брикетированный присадочный материал, форма и размеры которого приблизительно соответствуют необходимому наплавленному слою. Затем осуществляется расплавление ТВЧ присадочного материала на основном металле.

Данный способ впервые был использован западными автомобильными фирмами. Например, английская фирма "Austi motor Co. Ltd" разработала технологию и оборудование для восстановления и упрочнения наплавкой автомобильных клапанов. В качестве присадочного материала применяют литые кольца из стеллита.

Шесть технологических позиций, приведенных на рис. 8,10, поясняют сущность принципиальной схемы способа. В тарелке клапана предварительно протачивают канавку, в которую укладывают кольцо стеллита. Затем заготовку клапана закрепляют за стержень в вертикальном положении при помощи механизма фиксации установки (позиция /).

В позициях // — /// осуществляется нанесение флюса на наплавляемую поверхность (канавку под кольцо стеллита). Для этого при помощи защелок присадочное кольцо стеллита приподнимается на определенную высоту над тарелкой клапана и удерживается в этом положении. Далее сопряженные поверхности кольца и канавки опрыскиваются из сопла струей очищенного от серы масла. В позиции /// на промасленные участки из другого сопла наносится флюс. Пылеобразные частички флюса хорошо прилипают к поверхностям, покрытым маслом. После этого защелки занимают крайнее нижнее положение, и присадочное кольцо возвращается в исходное положение.

В позициях IV — V осуществляется двухступенчатый и а грев основного и присадочного материалов. Сначала изделие нагревается предварительно при помощи неподвижного индуктора, питаемого от установки ТВЧ мощностью 2,5 кВт и частотой 450 кГц. Затем (позиция V) заготовки клапана нагреваются окончательно подвижным индуктором, который запитан от более мощного (10 кВт) высокочастотного генератора. В результате нагрева происходит расплавление флюса и присадочного материала (кольца). Жидкий флюс очищает наплавляемую поверхность от окислов, а поступающий сюда затем расплав стеллита сваривается с основным металлом заготовки клапана.

В позиции VI при помощи специальной камеры и вращающегося кристаллизатора осуществляется направленная кристаллизация наплавленного слоя стеллита и охлаждение биметаллической заготовки до комнатной температуры. Далее заготовки направляют на последующую механическую обработку.

Описанный технологический процесс наплавки рабочих поверхностей клапанов монокристаллическим материалом реализован в автоматических станках производительностью до 85 заготовок/ч.

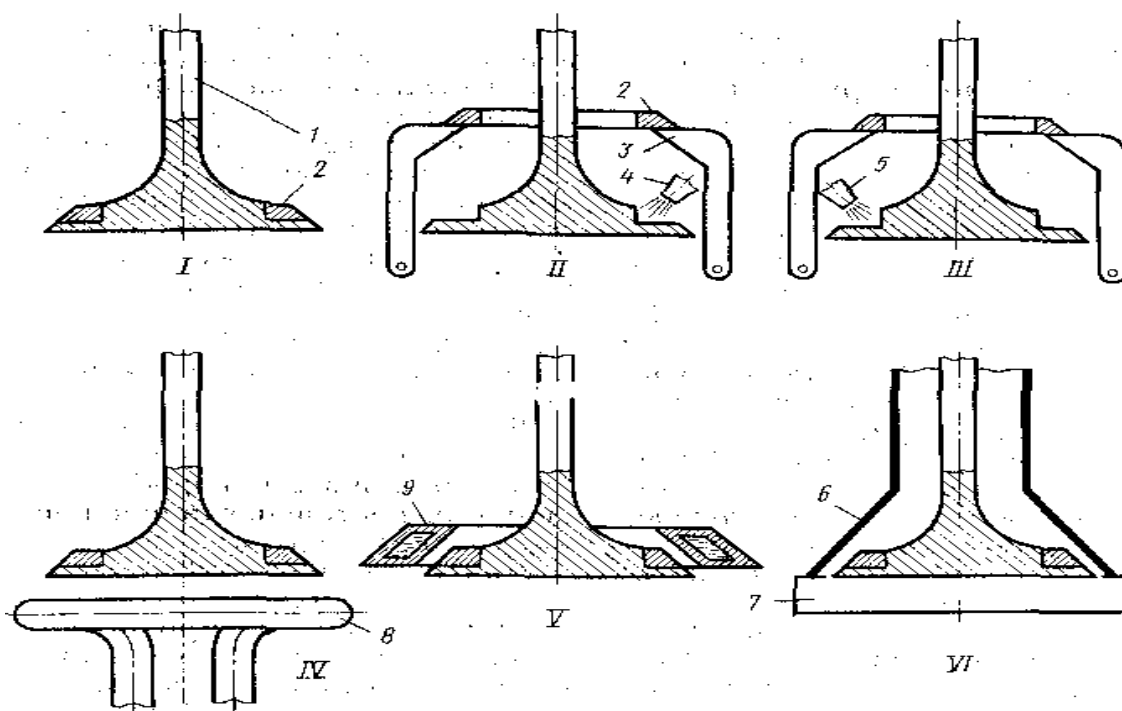


Рис. 8,10. Схема наплавки клапанов монокристаллическим присадочным материалом:

1-деталь; 2 — кольцо присадочного справа; 3 — защелки; 4 — сопло для подачи масла; 5 — сопла для подачи флюса; 6 — камера охлаждения; 7 — вращающийся кристаллизатор; 8 — индуктор для предварительного нагрева; 9 — основной подвижной индуктор

Аналогичное оборудование разработано в институте электросварки им. Е. О. Патона АН Украины и внедрено на автомобильных и ремонтных заводах.

Наплавка в огнеупорной среде. Наплавка позволяет восстанавливать не только плоские, но и цилиндрические, конические и прочие рабочие поверхности деталей. Это обеспечивается в результате принудительного формирования расплава на упрочняемой (восстанавливаемой) поверхности специальной огнеупорной оболочкой.

Рассмотрим сущность да иного способа на примере наплавки цилиндрической поверхности цапфы вала (рис. 8.11). На наплавляемую поверхность детали наносят слой присадочного металла требуемой формы и размеров. Присадочный металл наносят любыми известными методами — установкой монолитных или брикетированных втулок, заливкой жидкого металла, расплавлением мерных заготовок и т.д. Для каждого конкретного случая в зависимости от особенностей наплавляемой поверхности выбирают свою технологическую схему подачи присадочного сплава. Огнеупорную оболочку наносят на наружную поверхность присадочного металла и частично на наплавляемую деталь. В качестве материала для огнеупорной оболочки используют смесь, состоящую из мелкозернистого (размер зерен обычно менее 0,2 мм) наполнителя (кварцевый песок, магнезит и др.) и связующего компонента — терморезактивной смолы. Песчано-смоляные смеси быстро твердеют при тепловой обработке, после которой оболочка приобретает прочность и хорошую газопроницаемость. Наиболее часто в качестве связующего материала используют порошкообразную смесь фенолоформальдегидной смолы с уротропином, который вводится для ускорения процессов затвердения.

Подготовленную таким образом деталь помещают в индуктор токов высокой частоты. Для индуктируемого электромагнитного поля огнеупорная оболочка является "электропрозрачной". Благодаря этому происходит нагрев и плавление присадочного и частично или полностью основного металла в объеме, замкнутом оболочкой. Варьируя временем нахождения наплавляемой детали во включенном индукторе, можно управлять глубиной проплавления основного металла. В результате наличия эффекта электромагнитного перемешивания металла происходит интенсивное усреднение состава присадочного и основного материалов внутри огнеупорной оболочки. При

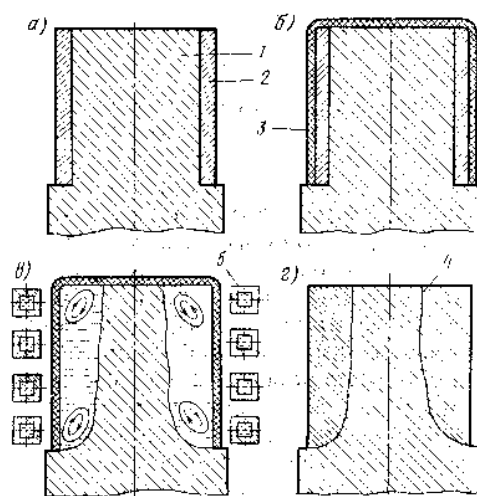


Рис. 8.11. Схема процесса индукционной наплавки в огнеупорной среде: а — деталь после нанесения присадочного материала; б — деталь после нанесения огнеупорной оболочки; в — расплавление основного и присадочного материала через оболочку; г — деталь после наплавки; 1 — основной металл; 2 — присадочный сплав (наплавляемый материал); 3 — огнеупорная оболочка; 4 — граница между основным и наплавленным металлами; 5 — индуктор ТВЧ

пр.

из

частичном расплавлении основного металла граница сплавления образуется в месте контакта жидкой и твердой фаз. При полном переводе основного металла в жидкую фазу граница сплавления отсутствует. Благодаря тому, что нагрев, плавление и кристаллизация металла происходят внутри огнеупорной оболочки (без доступа атмосферного кислорода), качество наплавленных деталей высокое. После остывания с наплавленной детали легко удаляется огнеупорная оболочка. Изделие направляют на последующую механическую обработку.

Данный способ может быть использован для восстановления зубчатых венцов и валов коробок передач, ведущих шестерен, главной передачи автомобиля и других деталей.

Центробежная индукционная наплавка. Наплавка используется для восстановления и упрочнения внутренних цилиндрических поверхностей. К особенностям данного способа следует отнести принудительное формирование расплава присадочного металла центробежными силами.

В зависимости от агрегатного состояния присадочного материала различают две разновидности центробежной наплавки. В одном случае присадочный металл подается на наплавляемую поверхность в твердом состоянии в виде кусочков, стружки, порошка и пр. В другом — подается на предварительно нагретую поверхность в виде расплава. Принципиальные технологические схемы обоих вариантов представлены на рис. 8.12, а и б.

В первом случае стальную заготовку втулки закрепляют в патроне шпинделя центробежной установки с горизонтальной осью вращения. Порция присадочного металла определенной массы (определяется размерами наплавляемого слоя) вместе флюсом подаются во внутреннюю полость втулки, размещенной в цилиндрическом индукторе ТВЧ. Для нагрева втулок используют одно- и много-витковые индукторы. При использовании одновиткового индуктора центробежные установки должны помимо вращательного обеспечивать и возвратно-поступательное движение шпинделя. В этом случае поверхность заготовки будет равномерно нагреваться заданной температуры. Заготовки втулок перед наплавкой закрывают с обоих торцов специальными крышками (заглушками). По конструкции они бывают глухие или с отверстием, служащим для выхода газов и визуального наблюдения за процессом. Во избежание выплеска жидкого металла в процессе наплавки крышки во время сборки уплотняют асбестовыми прокладками.

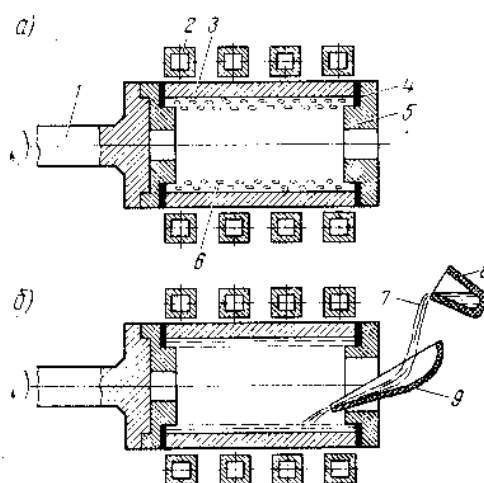


Рис. 8.12. Принципиальная технологическая схема центробежной наплавки:
а — присадочный металл в виде шихты; б — присадочный металл в виде расплава;
1 — шпиндель центробежной машины; 2 — индуктор ТВЧ; 3 — наплавляемая деталь; 4 — прокладки; 5 — крышка с отверстием; 6 — шихта; 7 — присадочный сплав; 8 — разливочный ковш; 9 — лоток из огнеупорного материала

с
ВСЯ
ДО

Частоту вращения заготовки выбирают в зависимости от степени склонности присадочного сплава к ликвации. При использовании сильно ликвирующих сплавов необходимо использовать

минимальные скорости вращения. Кроме того, для таких сплавов необходимо регламентировать количество заливаемого металла, температуру, продолжительность нагрева и скорость охлаждения. Для нагрева используют, как правило, относительно низкие частоты 2500 Гц или 8000 Гц. Это связано с большей глубиной проникновения тока в материал заготовки в электромагнитном поле.

Поэтому в качестве источников питания индукторов ТВЧ используют машинные генераторы.

В качестве примера рассмотрим процесс наплавки свинцовистой бронзы-БрС-30 на втулки и вкладыши подшипников скольжения, который используется на ряде предприятий. Присадочный металл в виде стружки бронзы смешивают с флюсом (бурой) в соотношении 100 : 1 и подают внутрь втулки. Центробежная установка приводится во вращение со скоростью заготовки 3,33 — 4,16 м/с. В качестве источника питания индуктора используют машинный генератор с частотой тока 8000 Гц. Температура нагрева 1120—1150 °С, продолжительность наплавки — 28 — 30 с при толщине слоя бронзы 3,5 — 4,0 мм. После кристаллизации расплава осуществляют принудительное охлаждение при помощи спрейера со скоростью 150 °С/с.

Нашел применение и второй вариант центробежной наплавки с использованием предварительно расплавленного присадочного металла. Способ используется при наплавке гильз автомобильных двигателей, восстановлении рабочей поверхности тормозных барабанов.

Наплавка заливкой жидкого присадочного сплава на предварительно нагретую поверхность. Наплавка заключается в том, что восстанавливаемую (упрочняемую) поверхность детали очищают от окислов и покрывают флюсом. Затем деталь нагревают до температуры 1050—1200 °С, после чего на восстанавливаемую поверхность подают жидкий присадочный сплав. В результате контакта жидкого присадочного сплава с предварительно нагретой и очищенной от окислов поверхностью детали происходит надежное сплавление.

Рассмотрим данный способ наплавки на примере упрочнения (аналогично осуществляется и восстановление) толкателей клапанов автомобильных двигателей (рис. 8.13). В тарелке толкателя перед наплавкой протачивают углубление, которое по форме и размерам соответствует наносимому упрочняемому слою. Первоначально при помощи дозатора в выточку тарелки толкателя подается порция (0,2 — 0,3 г) флюса, затем заготовка перемещается в зону действия щелевого индуктора ТВЧ предварительного нагрева, где нагревается до температуры 1150—1200 °С. Присадочный материал, в качестве которого используется низколегированный износостойкий чугун, в виде мерных заготовок (палочек) через загрузочную воронку подается в керамический тигель, который расположен в многовитковом цилиндрическом

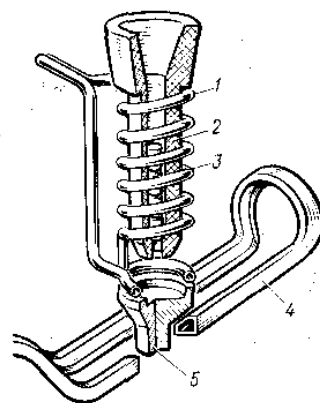


Рис. 8.13. Схема наплавки жидким сплавом толкателей автомобильных двигателей: 1 — индуктор ТВЧ для плавления присадочного материала; 2 — керамический тигель; 3 — присадочный материал; 4 — индуктор ТВЧ для нагрева тарелки толкателя; 5 — толкатель.

индукторе ТВЧ с переменным шагом витков. Большое число витков к нижней части тигля обеспечивает более высокую температуру расплаву в области выпускного отверстия. После расплавления порция присадочного сплава вытекает через выпускное отверстие в дне тигля и попадает в выточку поверхности толкателя. Нижний виток цилиндрического индуктора обеспечивает необходимый дополнительный нагрев заготовке и залитому жидкому присадочному сплаву.

Индуктор для предварительного нагрева заготовок толкателей питается от машинного генератора с частотой тока 2500 Гц, плавящий же индуктор зенитам от лампового генератора с рабочей частотой тока 66 — 70 кГц. Часовой расход мощности на подогрев заготовок толкателей составляет 45 — 50 кВт и около 32 — 35 кВт идет на расплавление мерных палочек присадочного сплава. Заключительной операцией является принудительное охлаждение стержня толкателя, которое осуществляется из спрейера водой.

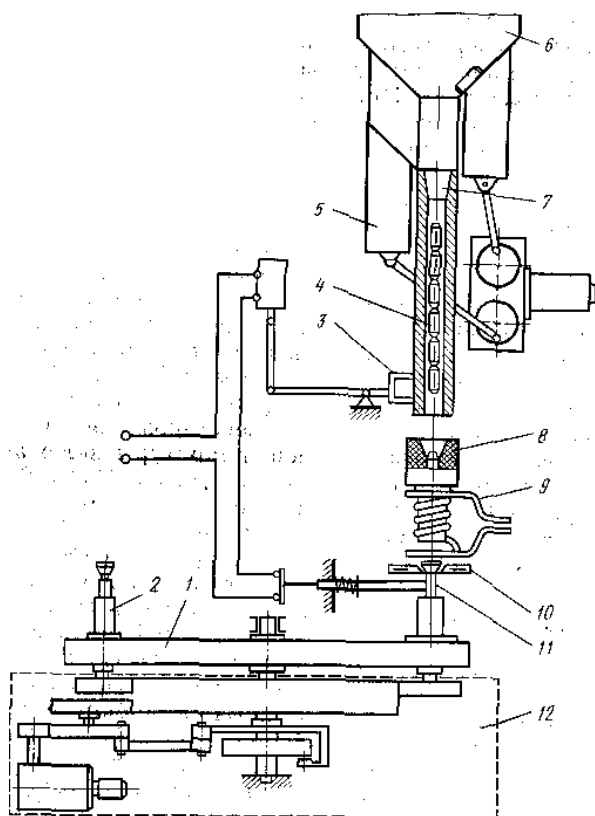


Рис. 8.14. Схема установки для наплавки толкателей клапанов .

Это обеспечивает направленную кристаллизацию и отбел наплавленного слоя чугуна.

На автозаводе в Нижнем Новгороде разработана и внедрена автоматическая установка для наплавки толкателей клапанов карбюраторных двигателей (рис. 8.14). Установка состоит из поворотного стола 1, на котором размещены 24 вращающихся шпинделя 2 с узлом фиксации толкателей. На губках нагрузочного контура установки токов высокой частоты жестко закреплен индуктор для предварительного подогрева 10, тарелки толкателя и плавящий индуктор ТВЧ 9 с керамическим тиглем 8. В верхней части установки расположен бункер 6 для мерных палочек с направляющей трубкой 7. Привод вращения поворотного стола и шпинделей показан в позиции

12, Ворошитель 5 и механизм 3 обеспечивают штучную подачу мерных палочек 4 присадочного материала в керамический тигель. В качестве присадочного материала используют износостойкий легированный чугун в виде цилиндрических заготовок.

Наплавляемые толкатели 11, установленные в зажимные стаканы шпинделей установки, вращаясь вокруг вертикальной оси, с периодичностью 8 с перемещаются на шаг между шпинделями. В процессе пульсирующего движения стола толкатели поступают на позицию флюсования, где в выточку толкателя засыпается порция флюса. При дальнейшем движении стола толкатели поступают в зону действия индуктора для предварительного нагрева. После нагрева до температуры 1150—1200°C толкатели передаются на позицию плавящего индуктора.

Чугунные палочки присадочного металла при помощи ворошителя накапливаются в направляющей трубке и при помощи механизма штучной подачи поступают в керамический плавильный тигель. Попад в тигель, мерная палочка присадочного металла нагревается до плавления, и через 1 — 2 с расплав вытекает через выпускное отверстие в дне и попадает на разогретую тарелку толкателя. При следующем повороте стола толкатели поступают на позицию принудительного охлаждения водой, где они охлаждаются до температуры 700 — 750 °C и затем выгружаются из установки в контейнеры.

Наплавка заливкой расплава предварительно нагретой основы благодаря высокой производительности (установка для наплавки толкателей клапанов позволяет упрочнять до 400 — 450 штук деталей в час), качеству, малой энергоемкости, использованию недефицитного жидкого присадочного материала относится к весьма перспективным методам упрочнения и восстановления деталей широкой номенклатуры.

8.3. ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА И НАПЛАВКА

Лазерная сварка и наплавка основаны на использовании энергии светового потока высокой степени направленности. Это вид сварки плавлением, при котором нагрев материала осуществляется когерентным световым лучом, создаваемым оптическим квантовым генератором — лазером. Основной частью такой установки является генератор, преобразующий энергию, запасенную в блоке конденсаторов, в энергию когерентного светового луча. Лазер позволяет сконцентрировать на поверхности детали энергию при плотности мощности от предельно малых величин до 10^{17} Вт/см²-. Энергия может передаваться материалу бесконтактно, на значительные расстояния от генератора и строго дозировано.

При восстановлении деталей лазерный луч используют для приварки дополнительной ремонтной детали или для наплавки поверхностей в результате расплавления основного и присадочного материала. Присадочный материал может использоваться в виде порошка, проволоки или фольги. Наиболее часто для наплавки используют порошкообразный сплав, который предварительно наносят на восстанавливаемую поверхность в виде обмазки на основе клеевых составов.

Это позволяет обеспечить равномерность прогрева по наплавляемой поверхности с минимальными потерями порошка и, кроме того, повышает до 60 — 70 % степень поглощения лазерного излучения.

Для восстановления и упрочнения деталей можно использовать серийно выпускаемые промышленностью лазеры (табл. 8.8). ВНПО "Ремдеталь" разработало комплект оборудования для восстановления гидро- и топливной аппаратуры, включающий в себя газовый ЛГЛ-702 с номинальной мощностью 800 Вт, установку наплавки СКС-011-1-02 с оснасткой для лазерной обработки, приспособление для управления лучом,

систему газообеспечения. Наплавка осуществляется самофлюсующимися порошками типа СНГН и ПГ-СР цилиндрических и плоских поверхностей, изношенных на глубину до 1 мм, с припуском на дальнейшую обработку шлифованием. Установка обеспечивает производительность наплавки до 10 см²/мин при толщине слоя за один проход 0,5 мм. Потери наплавляемого материала не превышают 1 %, площадь, занимаемая лазерной наплавочной установкой и вспомогательным оборудованием, — около 50 м².

Установка 01.03-165 "Ремдеталь" разработана для использования с лазерами мощностью 0,7 — 2,5 кВт. Благодаря изменениям в конструкции оптической системы формирования луча, приходящего от лазера, возможна обработка (наплавка) по траектории различных форм, в том числе и по винтовой линии, зигзагом и т. п. Кроме того, для снижения излучения в нерабочей части цикла между лазером и установкой располагается заслонка-отсекатель излучения, управляемая с пульта установки или в автоматическом режиме.

На ремонтных предприятиях лазерной наплавкой восстанавливают впускные и выпускные клапаны, распределительные валы, золотники гидрораспределителей, роторы турбокомпрессоров и другие детали. К основным достоинствам восстановления лазерной наплавкой следует отнести малое тепловложение в деталь и как следствие отсутствие деформаций и зоны термического влияния. Лазерная наплавка еще не нашла широкого применения, однако является весьма перспективной для авторемонтного производства.

Таблица 8.8. Некоторые технические характеристики лазеров

Марка	Рабочее вещество	Габаритные размеры (длина × ширина × высота), м	Мощность, кВт
"Кардамон"	СО	6,3 × 0,45 × 1,0	0,8
"Катунь"	СО	6,4 × 0,7 × 1,2	0,9
ЛТ-1-2	СО	4 × 2 × 3	5,0
ЛТН-102	АИГ	2,0 × 0,2 × 0,2	0,1
"Юпитер-1,0"	СО	2,5 × 0,3 × 0,3	1,0
"Комета"	СО	2,7 × 0,92 × 1,9	1,2
"Латус-31"	СО	1,68 × 1,66 × 1,0	1,5
"Иглан"	СО	4,6 × 1,3 × 1,9	3,0
"Квант-16"	Стекло с неодимом	1,2 × 1,0 × 0,45	30

лазер

для

Примечания. 1. Лазер "Квант-16" работает в импульсном режиме, остальные — в непрерывном. 2. Длина волны лазеров, приведенных в таблице, составляет 10,6 мкм.

Глава 9 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ

9.1. СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА НАПЫЛЕНИЯ

Под восстановлением деталей газотермическим напылением понимают процесс нанесения покрытий распылением нагретого до жидкого или вязкотекучего состояния диспергированного (порошкообразного) материала газовой струей. Перед напылением восстанавливаемая поверхность подготавливается. Частицы распыленного металла достигают поверхности в пластическом состоянии, имея большую скорость полета. При контакте с поверхностью детали они деформируются и, внедряясь в ее неровности, образуют покрытие. Сцепление покрытия с поверхностью детали носит в основном механический характер и только в отдельных локальных точках можно наблюдать мостики сварки.

Восстановление деталей газотермическими покрытиями имеет ряд неоспоримых преимуществ:

- незначительный нагрев (до 200 °С) детали;

- высокая производительность процессов;

- возможность регулирования в широком диапазоне (0,1 — 10 мм) толщины наносимого покрытия;

- простота технологического процесса и оборудования;

- широкий диапазон материалов, используемых для получения покрытий с заданными свойствами.

Рассмотренный способ позволяет не только придавать восстанавливаемым деталям требуемую форму и размеры, но и изменять в широких пределах поверхностные свойства металлопокрытий. В результате многие детали из дорогостоящих и дефицитных металлов и сплавов можно при ремонте заменить деталями из более дешевых материалов. Напыление на рабочие поверхности специальных сплавов с необходимыми физико-механическими свойствами обеспечивает более низкую себестоимость восстановления деталей, а показатели их надежности и долговечности не уступают соответствующим показателям деталей, изготовленных целиком из дорогостоящего металла. Этим объясняется широкое применение газотермических методов напыления не только при ремонте, но и при изготовлении новых деталей.

На рис. 9.1 представлена блок-схема технологического процесса восстановления деталей газотермическим напылением. Основные технологические операции, показанные на блок-схеме:

- очистка. После разборки детали поступают в моечное отделение, где их очищают от различных загрязнений. В качестве моющих средств применяют синтетические моющие средства (СМС) типа лабомид и МС. Растворы СМС не вызывают коррозии черных металлов, не разрушают детали из алюминиевых сплавов;

- механическая обработка деталей. Для устранения дефектов, образовавшихся в процессе эксплуатации, или придания правильной геометрической формы изношенным поверхностям

детали подвергают механической обработке, в том числе специальной (нарезка "рваной" резьбы, фрезерование канавок, насечка поверхностей, накатка профиля роликами и пр.);

обезжиривание. Перед абразивной обработкой поверхности, подлежащие нанесению газотермических покрытий, обезжиривают органическими растворителями. Чугунные детали кроме обезжиривания подвергают обжигу при температуре 260 — 530 °С для выгорания масла, содержащегося в порах;

дробеструйная обработка. Такая обработка предназначена для активизации и придания шероховатости восстанавливаемым поверхностям детали. Дробеструйную обработку выполняют при давлении сжатого воздуха 0,5 — 0,7 МПа. В качестве абразивного материала применяют чугунную дробь ДЧК.-01. После дробеструйной обработки детали обдувают сухим сжатым воздухом для удаления частиц абразива с поверхности;

сушка порошка. Перед использованием композиционные порошковые материалы необходимо просушить в электрическом шкафу. Порошки сушат на противнях из нержавеющей стали при периодическом перемешивании;

напыление. В процессе напыления металлогазовая струя должна быть устойчивой, без пульсаций. Расход

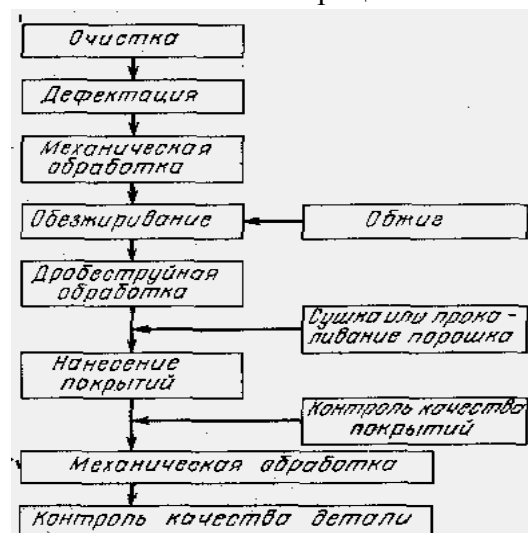


Рис. 9.1. Схема технологического процесса восстановления деталей газотермическим напылением

порошка и транспортирующего газа регулируют в необходимых пределах. Требуемую толщину покрытия получают многократным повторением операции напыления. После напыления изделие снимают с приспособления, не допуская повреждения покрытия. Экраны и другие защитные приспособления снимают с деталей после охлаждения ее до комнатной температуры;

механическая обработка. Окончательная механическая обработка деталей с нанесенным покрытием осуществляется лезвийным и абразивным инструментом;

контроль качества покрытий. Изделия с покрытием подвергают контролю по внешнему виду, толщине, геометрическим размерам. Контроль по внешнему виду осуществляется для выявления внешних дефектов; сколов, вздутий, отслоений. Осмотр осуществляется при помощи лупы. Толщину покрытия на деталях определяют штангенциркулем, микрометром и магнитным толщиномером МТ-20.

9.2. СПОСОБЫ ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

9.2.1. Электродуговое напыление

В зависимости от источника энергии для нагрева и транспортировки частиц материала покрытия различают следующие способы напыления: электродуговое, газопламенное, вы-

сокочастотное, плазменное, детонационное и упрочнение конденсацией металла с ионной бомбардировкой.

Процесс характеризуется тем, что получение расплава осуществляется в результате тепла электрической дуги, горящей между двумя электродными проволоками, а распыление

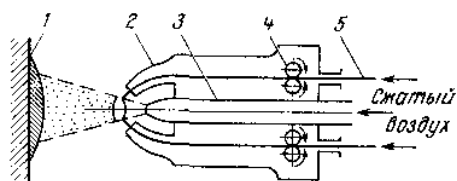


Рис. 9.2. Схема процесса электродугового напыления:
1 — напыляемая поверхность; 2 — направляющие наконечники; 3 — воздушное сопло; 4 — подающие ролики; 5 — проволока

осуществляется струей сжатого воздуха (рис. 9.2). Металл распыляется до частиц размером 10 — 50 мкм, толщина получаемого слоя может достигать 12 мм и выше. Однако его прочность и устойчивость к динамическим нагрузкам низкая.

К другим недостаткам следует отнести перегрев и окисление напыляемого материала и выгорание легирующих элементов присадочного металла. Например, содержание углерода в сплаве покрытия снижается на 40 — 60%, а кремния и марганца — на 10—15 %. К достоинствам электродугового напыления относится высокая производительность процесса (до 65 кг/ч), высокая износостойкость покрытия, а также простота и технологичность процесса.

Восстановление деталей электродуговым напылением включает подготовку поверхности к нанесению покрытия, непосредственно напыление и последующую механическую обработку. Напыление как бы состоит из трех процессов: перевода электродной проволоки в жидкую фазу, распыление расплава струей воздуха и формирование покрытия. Процесс плавления металла электродной проволоки характеризуется высокой температурой горения электрической дуги, цикличностью и скоротечностью явлений, протекающих в зоне плавления. При плавлении проволоки в процессе электродугового напыления происходят следующие циклы явлений:

- горение пути между электродами и плавление их;
- первый разрыв электрической цепи электродов;
- короткое замыкание и дальнейшее плавление электродов;
- искровой разряд, зажигающий новую дугу.

Расплавление материала электродов происходит и в момент горения и короткого замыкания дуги. В моменты разрывов электрической цепи электродов плавление металла не происходит. Длительность каждого из указанных циклов составляет тысячные доли секунды. Длительность периода горения дуги при работе электродугового металлизатора на переменном токе составляет 43 — 49,5 % от длительности цикла всех явлений. Поэтому температура жидкого сплава при различных рассмотренных циклах различна. Наиболее высокая температура будет при горении дуги. Это благоприятно сказывается на образовании большого числа мелкодисперсных частиц металла. В то же время при коротком замыкании температура расплава будет более низкая, и распыл получается с частицами более крупными.

На структуру и свойства слоя значительное влияние оказывает скорость движения частиц, их масса и размеры, температура во время полета. Большинство этих факторов зависит от режимов электродуговой металлизации.

Скорость металловоздушной струи так же, как и температура частиц, изменяется от зоны плавления до восстанавливаемой (упрочняемой) поверхности. Например, скорость частиц от небольшой начальной скорости, равной 18,8 м/с, увеличивается до максимальных значений, а затем по мере удаления от источника тепла уменьшается. Ориентировочно можно считать максимальную скорость частиц распыленной стали не менее 190 м/с. Конечная скорость полета частиц на расстоянии 250 мм от сопла металлизатора составляет около 85 м/с, а время нахождения частиц в воздухе не более 0,003 с. Высокая скорость и малое время полета распыленных частиц металла позволяют им достигать поверхности детали, будучи в пластическом состоянии. Так, температура части металла по оси струи на расстоянии от сопла аппарата, равном 50 мм, составляет 1030 °С, а на удалении 200 мм — 900 °С.

Высокая конечная скорость полета частиц металла, обладающих большим запасом кинетической энергии, способствует плотному контакту частиц с микрорельефом поверхности детали и между собой. Увеличению контактной поверхности способствует пластическое состояние частиц. Некоторое влияние на снижение контактной прочности оказывает окисление восстанавливаемой (упрочняемой) поверхности, а также металлических частиц в процессе полета и нанесения их на деталь. Известно, что Окислы являются более хрупкими, чем металл, и в этой связи снижают прочность нанесенного слоя. При использовании, например, в качестве транспортирующего газа азота прочность металлизационных покрытий заметно увеличивается, благодаря уменьшению содержания в них окислов.

Промышленностью серийно выпускается комплект оборудования для электродуговой металлизации КДМ-2, в который входят два электрометаллизационных аппарата ЭМ-14М, специализированный тиристорный источник питания ТИМЕЗ-500 с пультом управления и блоком кассет.

Характеристики комплекта а также наиболее широко используемых стационарных электро дуговых, металлизаторов ЭМ-12.И ЭМ-1,5 приведены в табл. 9.1.

Электродуговое напыление используют для антикоррозионной защиты алюминием и цинком различных вмести мостей, труб и металлоконструкций. Для восстановления деталей данный способ напыления нашел более широкое распространение за рубежом. Например, в Германии все разновидности коленчатых валов карбюраторных и дизельных двигателей восстанавливают электродуговой металлизацией. Такие коленчатые валы по износостойкости не уступают новым.

Таблица 9.1. Техническая характеристика оборудования для электродугового напыления

Параметры оборудования	Марка оборудования		
	КДМ-2	ЭМ-12	ЭМ-15
Производительность при напылении металла, кг/ч:			
алюминия	12,5	45	65
цинка	32,0	14	25
стали	10	45	—
Диаметр распыляемой проволоки, мм	1,5 — 2	1,5 — 2,5	2 — 3
Скорость подачи проволоки, м/мин	2 — 12	3,8 — 14,2	1 — 14
Наибольший расход сжатого воздуха, м	90	150	160
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа	0,5 — 0,6	0,5 — 0,6	0,5 — 0,6
Рабочий ток, А	400	500	800
Напряжение, В			
дуги (рабочее)	17 — 44	17 — 35	17 — 35
рабочее питающей сети	380	380	380
Потребляемая мощность, кВт	25	16	25
Масса, кг	470	23,4	46,5

На отечественных ремонтных предприятиях внедрен технологический процесс восстановления приварочной плоскости головок цилиндров, в основу которого положен способ электродуговой металлизации. На 4-м Горловском **ПО "Авторемонт"** организован специализированный участок восстановления напылением привалочной плоскости головок цилиндров двигателей ЗМЗ-53. Для металлизации используют проволоку **Св-Ак-5** диаметром 2 мм. Режим металлизации: ток дуги — 300 А, напряжение — 28 — 32 В, давление сжатого воздуха — 0,4 — 0,6 МПа, дистанция металлизации — 80 — 100 мм; источник питания — ВДГИ-301, электрометаллизатор — ЭМ-12. Используемая технология достаточно надежна, положительный результат получен при изменении давления сжатого воздуха в широких пределах, что особенно важно для реальных производственных условий. Толщина наносимого слоя — до 5 мм, продолжительность операции — 8 — 10 мин.

Установка для электродуговой металлизации головок цилиндров представляет собой закрытую камеру с установленным в ней аппаратом модели ЭМ-12. Головка блока цилиндров двигателя ЗМЗ-53 монтируется и перемещается в специальной кассете. Производительность установки — до 25 головок в смену. Потребляемая мощность — не более 10,8 кВт. Сжатый воздух подвергается двойной очистке, проходя через два масловлагоотделителя.

При обследовании головок цилиндров, восстановленных способом электродугового напыления и повторно поступающих в ремонт, выявлено следующее: отсутствует отслоение покрытий от деталей и прогар покрытий, а также подтекание охлаждающей жидкости под покрытие. Коррозионная стойкость покрытий не ниже, чем у основного металла.

Себестоимость восстановления головок цилиндров двигателя ЗМЗ-53, восстановленных описанным способом, составляет 28,5 % от стоимости новых головок.

9.2.2. Газоплазменное напыление

Процесс напыления. В данном случае в качестве источника энергии для нагрева частиц присадочного материала используют газокислородное пламя. Для транспортирования нагретого напыляемого порошка на упрочняемую поверхность используют сжатый воздух или газокислородную струю. В качестве газа наиболее часто в практике ремонтного производства применяют ацетилен или пропан-бутан.

Рассмотрим два основных способа газопламенного напыления. На рис. 9.3, *а* представлена первая схема газопламенного напыления, в которой подача порошкообразного присадочного материала в зону пламени осуществляется в результате инжекции струей кислорода. В процессе напыления порошок из вместимости, закрепленной на горелке, после открытия клапана поступает в канал горелки и захватывается потоком транспортирующего газа. При выходе из сопла горелки порошкообразный материал попадает в зону пламени, где происходит его оплавление. В дальнейшем потоком горящих газов порошок, находящийся в тестообразном состоянии, подается на восстанавливаемую поверхность.

Во втором способе порошкообразный присадочный материал подается из емкости непосредственно в факел пламени под действием силы тяжести. Схема напыления с подачей порошка в факел пламени под действием сил гравитации показана на рис. 9.3, б!

Достоинства первой схемы газопламенного напыления заключаются в том, что транспортировка порошка к поверхности детали происходит под действием струи газа, а это уменьшает степень окисления расплавленных частиц. В результате повышается качество напыленного слоя и прочность сцепления его с основным металлом. Преимущества второго способа внешней подачи порошка заключаются в простоте оборудования, возможности точной регулировки мощности пламени и места ввода порошка в факел, отпадает необходимость в транспортирующем газе и пр.

Основными свойствами, определяющими эксплуатационную надежность восстановленных напылением деталей, является прочность сцепления нанесенного слоя материала с основным металлом. Степень сцепления покрытия с основным металлом определяется, в первую очередь, состоянием восстанавливаемой поверхности детали, скоростью полета частиц, их температурой, видом материала.

Наиболее развитая поверхность детали, т. е. обладающая наибольшей шероховатостью, обеспечивает при прочих равных условиях большее значение сцепления покрытия с основным металлом. Для повышения прочности сцепления газопламенных покрытий восстанавливаемой поверхности придают необходимую шероховатость струйной обработкой корундом, колотой

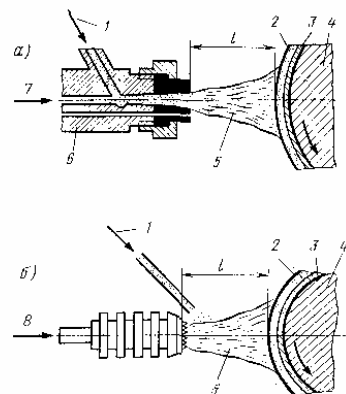


Рис. 9.3. Принципиальная схема подачи порошка при газопламенном напылении: а — инжектирующей струе кислорода; б — силам гравитации; в — подача порошка; 2 — напыленный слой; 3 — подослой; 4 — деталь; 5 — факел пламени; 6 — горячая смесь; 7 — транспортирующий газ; 8 — подача рабочего газа; *l* — дистанция напыления

дробью, нарезанием резьбы, накаткой роликом, электромеханической обработкой и другими способами. Чем больше шероховатость, тем и выше прочность сцепления покрытия с основным металлом. Однако одновременно с этим снижается усталостная прочность деталей.

На прочность сцепления покрытия с основным материалом значительное влияние оказывает первый слой напыленных частиц, являющийся своеобразным грунтом для последующих слоев. Сцепление частиц первого слоя с металлом восстанавливаемой поверхности происходит в наиболее неблагоприятных условиях. Это связано с резким охлаждением частиц при контакте с холодной поверхностью детали, в результате чего их пластичность снижается. По этой причине смачивание твердой поверхности происходит в неблагоприятных условиях в сравнении со смачиванием последующих слоев. Требуемые условия для возникновения молекулярных сил для большинства частиц отсутствуют из-за наличия окисной пленки на поверхности детали и напыленных частицах. Кроме того, из-за значительной разности температур наносимых частиц и поверхности детали в покрытии по границам частиц возникают внутренние напряжения. Однако каждый последующий слой частиц имеет более высокую температуру, чем температура поверхности детали. Поэтому пластичность частиц присадочного материала во всех последующих слоях более высокая, чем частиц граничного слоя. В результате этого условия смачивания частиц в каждом последующем слое более благоприятны, чем у первого слоя. При высокой температуре покрытия происходит спекание частиц и усадка слоя в целом. В связи с этим прочность сцепления частиц между собой выше прочности сцепления покрытия с восстанавливаемой поверхностью.

Прочность сцепления частиц присадочного материала с основным металлом можно увеличить, предварительно нанеся подслой из специальных материалов. Для подслоя используют молибден, нержавеющую сталь, экзотермические композиции из смеси никеля и алюминия. Наиболее широкое распространение получили порошки, которые при нагреве вступают в экзотермическую реакцию. В результате частицы металла свариваются с материалом восстанавливаемой поверхности. Размеры зоны сплавления незначительны и лежат в пределах 0,1 мм. Напыленный слой имеет сильно развитую поверхность. Благодаря высокой температуре (более 1500 °С) частиц металла подслоя в момент контакта с поверхностью основного материала обеспечивается высокая прочность сцепления и плотность покрытия.

На подготовленную к напылению поверхность (после нанесения подслоя) наносят основной (рабочий) слой покрытия. Попадая на подогретую до температуры 100 °С деталь, оплавленные до тестообразного состояния частицы порошка заполняют всевозможные неровности. После завершения процессов кристаллизации и охлаждения частицы нанесенного металла сжимаются и прочно проникают в основной металл (рис. 9.4). Неровности микрорельефа восстанавливаемой детали увеличивают поверхность

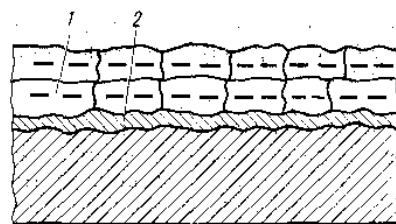


Рис. 9.4. Схема соединения частиц присадочного металла между собой и подслоем:
1 — основной слой; 2 — подслой

контакта. В результате действие межзатомных сил проявляется на больших участках и увеличивается в результате быстрого спекания частиц.

Специализированный участок (рис. 9.5) восстановления деталей газопламенным напылением

(наплавкой) состоит из следующего оборудования:

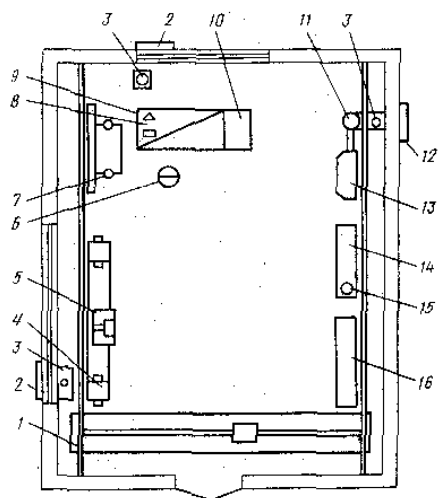


Рис. 9.5. Планирование специализированного участка восстановления (упрочнения) деталей газопламенным напылением:
1 — кран-балка; 2 — вентиляторы; 3 — воздуховоды; 4 — вращатель; 5 — аппарат для напыления; 6 — место сварщика; 7 — газораспределительный щит; 8 — горелка ГН-2; 9 — стол сварщика; 10 и 16 — стеллажи; 11 — масло-влажнотделитель; 12 — компрессор; 13 — камера струйной обработки; 14 — стол для просеивания порошка; 15 — печь

компрессора с рабочим давлением 0,4 — 0,6 МПа; камеры струйной обработки деталей корундом или колотой металлической дробью модели 026-7 "Ремдеталь"; масловлагоотделителя; вращателя деталей типа 011-1-09 "Ремдеталь"; горелки для газопламенного напыления и наплавки инжекторного типа ГН-2; стола сварщика; печи для сушки порошка; стола и сита для просеивания порошка; вентилятора; воздуховода; газораспределительного щита; стеллажей.

Горелка ГН-2 предназначена для ацетиленокислородной наплавки и напыления гранулированных самофлюсующихся и экзотермических порошков, наносимых для восстановления и

упрочнения поверхностей деталей.

Общий вид горелки ГН-2 показан

на рис. 9.6. На стволе 5 горелки размещены стандартные вентили 6 для регулировки подачи горючей смеси газов. В верхней части горелки расположена емкость 3 для порошкообразного присадочного материала, подача которого в горелки 2 осуществляется рычагом 4. Горелка имеет сменный мундштук 1, изготовленный из меди. Замена мундштука позволяет регулировать мощность пламени. Данная горелка работает по принципу инжектирования порошка кислородной струей и

металла
горючей

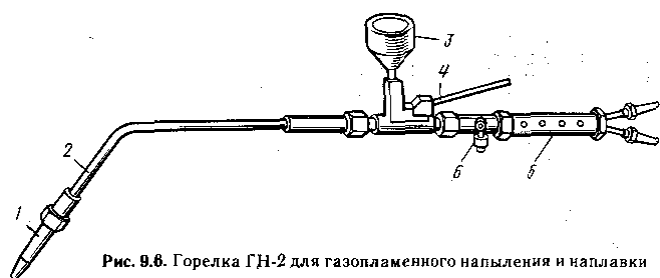


Рис. 9.6. Горелка ГН-2 для газопламенного напыления и наплавки

горючего газа кислородно-порошковой смесью, т. е. порошок поступает в зону нагрева вместе с смесью.

Горелка ГН-2 имеет следующие основные технические характеристики: диапазон толщин напыляемого слоя — 0,3 — 2 мм; расход порошка при непрерывной подаче в пламя — 2,0 кг/ч; коэффициент использования порошка — 75 %; расход кислорода — 350 — 600 л/ч; расход ацетилена — 350 — 600 л/ч; давление кислорода — не более 0,2 — 0,35 МПа (для мундштука № 4); давление ацетилена — не менее 0,1 МПа.

Для струйной обработки поверхности восстанавливаемых деталей колотой дробью или корундом участок оснащен установкой ОК-26-7 "Ремдеталь". Данная установка стационарного типа состоит из металлического каркаса, поддона для дробы или корунда, камеры для очистки деталей, пистолета, передней стенки, на которой установлено смотровое окно, манометр и

редуктор, а также плафон для освещения камеры. Расход воздуха при непрерывной работе струей установки не превышает 4,5 м³/ч. Допустимое максимальное давление воздуха — до 0,8 МПа. В установке используется дробь или корунд с размером частиц 0,5 — 3 мм.

Используемые материалы. В качестве подслоя применяют алюминиево-никелевую смесь, состоящую из 80 — 82 % N1 и 18 — 20 % A1. Композиционный порошок представляет собой сферические частицы алюминия, плакированные никелем. Под действием газового пламени частицы порошка нагреваются до температуры 700 — 800°C, и между N1 и A1 происходит экзотермическая реакция. В результате реакции температура резко повышается и при достижении частицами восстанавливаемой поверхности достигает 1460 — 1500°C. В данном случае возникают механические, физические и химические (микросварка) связи порошка с подложкой.

В качестве материалов для получения рабочего слоя покрытий используют в основном самофлюсующиеся порошки на никелевой основе. В табл. 9.2 приведены характеристики некоторых отечественных порошков для газопламенного напыления и наплавки, получившие наиболее широкое распространение в ремонтном производстве для восстановления и упрочнения автотракторных деталей.

Композиционные порошки ПТ-НА-01 и ПГ-19Н-01 представляют собой плакированные алюминием сферические частицы на основе никеля и его сплавов. Эти порошки используют для напыления без последующего оплавления и применяют, как правило, для подслоя. Однако они могут использоваться и для основного слоя, например для шеек коленчатых валов автомобильных двигателей.

Т а б л и ц а 9.2. Характеристика и область применения порошкообразных материалов для газопламенного напыления и наплавки

Марка порошка	Составляющие компонента порошка							Твердость HRC	Максимальная толщина покрытия, мм	Область применения
	хром	бор	кремний	железо	никель	вольфрам	алюминий			
ПГ-10Н-01	14 — 20	2,8 — 4,2	4,0 — 4,5	3,0 — 7	Остальное	—	—	55 — 62	2	Упрочнение и восстановление инструмента, шеек распределителей, эксцентриков, храповиков, мешалок, толкателей и различных опор
ПГ-10Н-04	—	1,2 — 1,8	2,3 — 2,8	2	То же	—	—	230(HV)	8 — 10	Упрочнение и восстановление штампового инструмента, зубчатых колес, валов, кулачковых муфт, посадочных мест под подшипники качения, седел клапанов
ПГ-10К-01	21 — 25	1,2 — 1,8	0,8 — 1,3	2	28 — 32	3,5 — 4,5	—	45 — 50	3	Упрочнение и восстановление деталей кузнечно-прессового оборудования, клапанов двигателей, прессового инструмента
ПН-12Н-01	8 — 14	1,7 — 2,8	1,2 — 3,2	2 — 5	Остальное	—	—	35 — 44	—	Упрочнение и восстановление поршней, валов и муфт насосов, направляющих лопаток и пр.
ПГ-19Н-01	8 — 14	1,7 — 2,8	1,3 — 3,2	2 — 5	То же	—	0,8 — 1,3	28 — 40	—	Восстановление поршней гидравлических домкратов, шпинделей станков, опорных поверхностей и пр.

Порошкообразные материалы хранят в герметичной таре, исключающей их загрязнение и окисление. Перед применением порошки просушивают в электрошкафах при температуре 150 — 170 °С в течение 3 — 4ч при толщине засыпки 10— 15 мм и периодическом перемешивании

материала. Для сушки используют противни из нержавеющей стали. При попадании инородных тел порошок просеивают через сита с размером ячеек 0,1 и 0,04 мм.

Порошкообразные материалы, используемые для газоплазменного напыления и наплавки, на предприятиях подлежат входному контролю на предмет их соответствия сопроводительному документу. Отдельные партии порошка имеют паспорт, в котором указывается наименование материала, его марка, размер частиц, химический состав и пр.

Подготовка поверхности деталей к напылению. Качество подготовки восстанавливаемой поверхности деталей к напылению играет определенную роль в сцеплении покрытия с подложкой. Подготовка поверхности заключается в удалении масла, влаги и обезжиривании поверхности, а также механической обработки.

Очистка деталей перед напылением осуществляется в моющем растворе Лабомид-102 или Лабомид-203 при его концентрации 29 г/л в течение 20 — 25 мин при температуре раствора 80 — 85 °С. После ополаскивания в чистой воде детали сушат до полного удаления остатков влаги.

Для удаления остатков масла

можно использовать трихлор- или перхлорэтилен и чистую салфетку. Нельзя использовать очищающий материал дважды. Можно использовать и метод выжигания горелкой жирных пятен. Выжигание необходимо выполнять при избытке кислорода в пламени. Не следует для очистки использовать сжатый воздух, так как капельки масла из воздуха могут загрязнить уже очищенные поверхности.

В процессе эксплуатации в результате износа восстанавливаемые поверхности деталей принимают различную форму — овальность, бочкообразность, огранку и пр. (рис. 9.7). Для устранения следов износа восстанавливаемую поверхность подвергают механической обработке без применения смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ).

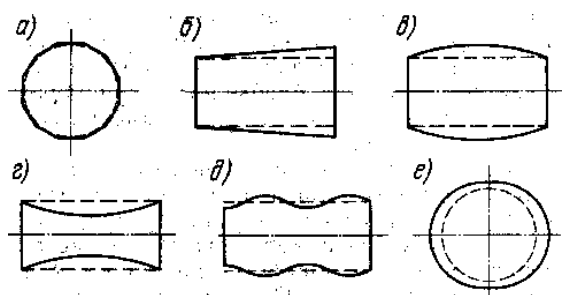


Рис. 9.7. Отклонение формы поверхностей деталей в результате износа:

а — огранка; б — конусность; в — бочкообразность; г — корсетобразность; д — волнистость; е — эллипсность

Для незакаленных деталей кроме проточки нарезают рваную резьбу для повышения прочности сцепления покрытия с основным металлом. При нарезании резьбы вершина резца смещается относительно линии центров станка на 3 — 5 мм; шаг нарезаемой резьбы — в пределах 0,4—0,7 мм при глубине резания 0,3 — 0,4 мм (рис. 9.8).

У закаленных деталей требуемая шероховатость поверхности перед напылением достигается струйной обработкой порошком электрокорунда с размером зерна 0,5—8 мм. Обработка восстанавливаемой поверхности выполняется в струйной камере при следующих режимах: давление воздуха — 0,5 — 0,6 МПа, угол наклона струи абразива к поверхности — 60 — 70 °, расстояние от обреза сопла пистолета до поверхности — 70 — 90 мм. После 5 — 7-кратного использования порошка корунда осуществляется его сушка в течение 3 ч при температуре 200 °С. Периодически производится просев электрокорунда. Аналогичным образом осуществляется подготовка поверхности и при других способах газотермического напыления.

Подготовленные к напылению поверхности необходимо защищать от возможного загрязнения, а места детали, не подлежащие покрытию, — предохранять кожухами или обмазкой. Промежуток времени между подготовкой поверхности к напылению и непосредственно процессом напыления не должен превышать 2 — 3 ч. Нельзя трогать руками подготовленную поверхность.

Горелку ГН-2 для напыления подсоединяют соответствующими штуцерами к шлангам подачи кислорода и ацетилена. Уст;! приливают и загружают порошком бачок и опробуют механизм подачи порошка. После зажигания газовой смеси (ацетилен — кислород) регулируют пламя подачей ацетилена таким образом, чтобы его ядро имело длину 6 — 8 мм. При восстановлении наружной цилиндрической поверхности (тел вращения) деталь устанавливают в центре вращателя. При напылении других деталей, например сферической поверхности лапки коромысла клапана, их укладывают в соответствующее многоместное приспособление на столе сварщика.

Напыление. Процесс напыления (первый этап) начинают с нагрева

восстанавливаемой поверхности до температуры 60 — 100 °С для удаления следов влаги и устранения возможного образования конденсата. Первый этап напыления заключается в нанесении подслоя экзотермического никель-алюминиевого порошка ПТ-НА-01. Подслоем наносят на один проход газопламенной горелки. Толщина подслоя должна находиться в пределах 0,06 — 0,1 мм. Расход экзотермического порошка составляет 6 — 8 г на 1 дм² восстанавливаемой поверхности. Дистанция напыления — 160—180 мм.

Второй этап напыления заключается в нанесении основного (рабочего) слоя порошка, толщина которого должна быть на 0,3 мм больше номинального размера восстанавливаемой детали. Основным слоем наносят в несколько проходов, при этом температура детали не должна превышать 200 — 250 °С. При восстановлении тел вращения скорость вращения детали 'лежит в пределах 18 — 20 м/мин. Напыление выполняют до номинального или ближайшего ремонтного размера с припуском на последующую Механическую обработку 0,5 — 0,6 мм на диаметр вала. В процессе напыления необходимо контролировать равномерность толщины слоя по длине и

диаметру деталей (в 3 — 4 сечениях). Для контроля используют шаблоны, штангенциркули или микрометры с обезжиренными губками.

При напылении порошком с последующим оплавлением слоя подготовка поверхности детали перед нанесением порошка заключается в ее механической обработке на станках без применения СОЖ.

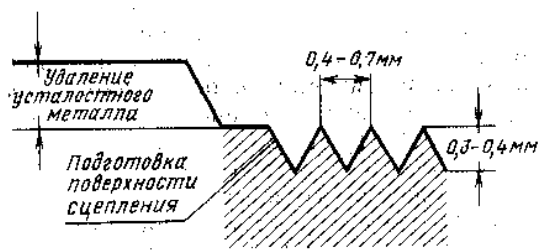


Рис. 9.8. Подготовка поверхностей деталей под покрытие

На обработанную поверхность наносят слой порошка необходимой толщины и оплавливают его ацетиленокислородным пламенем горелки ГН-2. Об окончании процесса оплавления судят по появлению характерной блестящей поверхности напыленного слоя.

9.2.3. Высокочастотное напыление

При таком способе напыления перевод материала покрытия (проволоки) в жидкую фазу осуществляется нагревом токами высокой частоты. Распыление расплава выполняется струей сжатого воздуха.

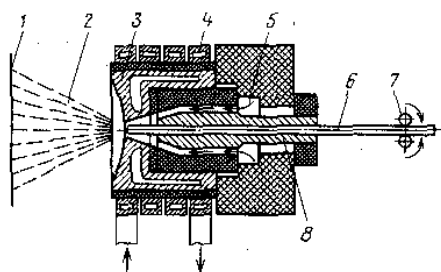


Рис. 9.9. Распылительная головка высокочастотного устройства для напыления:
1 — напыляемая поверхность; 2 — газометаллическая струя; 3 — концентратор тока; 4 — индуктор ТВЧ; 5 — воздушный канал; 6 — проволока; 7 — подающие ролики; 8 — направляющая втулка

Распылительная головка высокочастотного металлизатора представлена на рис. 9.9. Питание индуктора аппарата осуществляется от ламповой высокочастотной установки относительно небольшой мощности, например ВЧИ4-10/0,44 или ВЧИ-25/0,44 (мощность соответственно 10 и 25 кВт, рабочая частота — 440 кГц).

Физико-механические свойства покрытий, нанесенные высокочастотным напылением, значительно выше аналогичных свойств покрытий, полученных электродуговым напылением.

Это объясняется более благоприятными условиями плавления материала покрытия (проволоки). Колебания размеров распыляемых частиц и их температура по сечению конуса

распыла изменяются в более узких пределах, чем при электродуговой металлизации. Поэтому выгорание основных химических элементов снижается в 4 — 6 раз, насыщенность покрытия окислами уменьшается в 2 — 3 раза.

Меньшая окисляемость частиц покрытия улучшает условия смачивания частицами восстанавливаемой поверхности детали. Поэтому при данном способе напыления прочность сцепления частиц между собой и подложкой повышается. Кроме того, конструкции аппаратов для высокочастотного напыления обеспечивают распыление металлических частиц в форме

правильного конуса с малым углом при вершине, что в конечном итоге обеспечивает снижение неэффективных потерь материала покрытия (проволоки).

К основным недостаткам следует отнести сравнительно невысокую производительность процесса, сложность и высокую стоимость высокочастотных ламповых установок, которые необходимо использовать для питания индуктора металлизатора.

9.2.4. Плазменное напыление

При плазменном напылении покрытий для расплавления и переноса порошка на восстанавливаемую (упрочняемую) поверхность детали используют тепловые и динамические свойства плазменной струи.

Плазменное напыление основано на способности газов при определенных условиях переходить в состояние плазмы, которая представляет собой ионизированный поток газа при высоких температурах. Наиболее высокую температуру (15 000—30 000 °С) имеет аргоновая плазма. При возбуждении электрической дуги газ, подведенный в зону горения дуги, ионизируется под влиянием высокой температуры, повышенного давления газов и термоэмиссии электронов с поверхности катода. Наряду с положительно и отрицательно заряженными ионами в газе содержатся электроны и нейтральные атомы, при столкновении которых процесс ионизации активизируется. Плазма обладает высокой электрической проводимостью, поэтому напряжение в струе плазмы низкое, а сила тока большая. Высокая электропроводимость плазмы способствует образованию вокруг нее значительного магнитного поля. Магнитные силовые линии заставляют плазму сжиматься, в результате чего она вытягивается и принимает форму шнура. Скорость потока плазмы достигает на выходе из сопла 9000 м/с, а у газовой горелки, т-г 90 м/с. Плазмообразующий газ, не содержащий кислорода, позволяет получать покрытия без окислов.

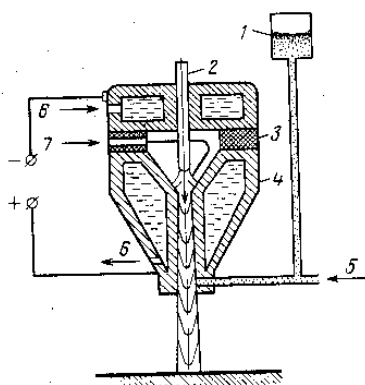


Рис. 9.10. Схема процесса плазменного напыления: 1 — порошок; 2 — катод; 3 — изоляционная прокладка; 4 — анод; 5 — транспортирующий газ; 6 — охлаждающая вода; 7 — плазмообразующий газ

Устройство плазмотрона для напыления порошкообразного материала схематически представлено на рис. 9.10. Для зажигания электрической дуги используют высокочастотную искру от включенного в цепь осциллятора или проводят кратковременное замыкание электродов горелки при помощи графитового стержня. Одновременно подают плазмообразующий газ, а после образования плазмы — напыляемый порошок.

В зависимости от схемы включения электрической цепи возможны три вида плазменной дуги (рис.

9.11): открытая, когда анодом служит деталь; закрытая, когда анодом служит сопло, и комбинированная, когда анодом служит и сопло, и деталь. Первый вариант используют для резки и реза для сварки и наплавки,

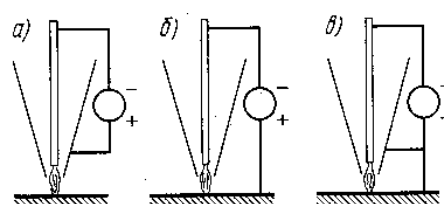


Рис. 9.11. Возможные электрические схемы плазменно-дуговых установок: а — открытая; б — закрытая; в — комбинированная

вторую схему используют в плазмотронах для напыления, а третью — в установках для оплавления покрытий и плазменной наплавки.

Для плазменного напыления наиболее широкое распространение получили установки типа УПУ и УМП. Как правило, в комплект установки входят: вращатель, защитная камера, плазмотрон, порошковый дозатор. Источник питания и пульт управления. Наиболее ответственным узлом установки является плазмотрон,

в котором формируются энергетические и геометрические параметры плазменной струи. Срок эксплуатации и стабильность работы любого плазмотрона во многом определяются стойкостью сопла, которое несет наиболее значительные нагрузки. Период работы современных плазмотронов невысок (изменяется десятками часов), поэтому его быстроизнашивающиеся элементы делают сменными.

Т а б л и ц а 9.3. Техническая характеристика установок для плазменного напыления

Основные показатели	Модель установки		
	УПУ-3	УМП-5	УМП-6
Мощность плазмотрона, кВт	30	40	30
Плазмообразующие газы	Аргон, водород		Азот, аргон, водород
Давление газа, кПа	500 — 600	400 — 500	400 — 500
Стойкость электродов на номинальном режиме, ч	До 10	До 10	До 20
Масса установки, кг	200	120	265

Отечественной промышленностью серийно выпускаются установки для плазменного напыления, наиболее широкое распространение из которых получили УПУ-3, УМП-5 и УМП-6 (табл. 9.3). Данные установки являются универсальными. Источником тока служат два последовательно со единенных сварочных генератора типа ПСО-500 или выпрямитель ИПН-160/600.

В качестве плазмообразующего газа наиболее широко используют аргон, азот или их смеси. Использование аргона (помимо его значительной стоимости и дефицитности) не обеспечивает достаточной эффективности и производительности процесса из-за низкого коэффициента теплоотдачи от плазмы к частицам, малой длины плазменной струи и значительного перепада температуры по сечению струи. Это ухудшает плавление частиц напыляемого материала, и, как следствие, снижается качество нанесенных покрытий.

Перспективным направлением в области плазменных покрытий является использование в качестве плазмообразующего газа воздуха или его смеси с другими газами. Применение воздуха позволяет повысить стабильность и длительность непрерывной работы плазмотрона. Одновременно с этим наблюдается стабилизация тока и процесса в целом, что в конечном итоге позволяет получать покрытия более высокого качества.

Плазмотроны типа ПНВ-23, где в качестве плазмообразующего газа используется воздух, разработаны в Ленинградском политехническом институте и внедрены в производственном объединении "Ленавторемонт". Воздушно-плазменным напылением освоено восстановление

посадочных отверстий картеров коробки передач автомобилей МАЗ и КраЗ, поворотных цапф автомобиля ЗИЛ-130, оси

коромысла двигателя ЗМЗ-24 и других деталей.

Свойства покрытий зависят от температуры нагрева и скорости полета частиц в момент контакта с подложкой. Более высокие скорости полета частиц порошка и температура его нагрева в струе плазмы обеспечивают более высокие, чем при ранее рассмотренных способах напыления, физико-механические свойства покрытия и более высокую степень его сцепления с поверхностью детали. Кроме того, процесс плазменного напыления обладает высокой производительностью, возможностью использования для покрытий широкой гаммы материалов, большим коэффициентом напыления (до 95 %) и возможностью полной автоматизации процесса.

Т а б л и ц а 9.4. Порошковые сплавы, применяемые при плазменном напылении

Марка сплава	Состав сплава, %					
	Fe	Ni	Cr	C	B	Si
ПГ-ХН80СР2*	5	Основа	12 — 15	0,3 — 0,6	1,5 — 2,5	1,5 — 3,0
ПГ-ХН80СР3	2	"	13 — 17	0,6 — 1,0	2,5 — 4,0	3,0 — 5,0
СНГН	1 — 3	"	14 — 16	0,5 — 1,0	3,2 — 4,2	3,5 — 5,0
КБХ	Основа	—	2,5	2,5	0,95	—
ФБХ-6-2	"	—	4,0	4,2	1,4	2,5
ПГ-У30Х28Н4С4	"	3,5	28	3,0	—	3,5
ПЖ-5М	"	—	—	0,4	—	1,2

При плазменном напылении в качестве материалов для покрытий используют порошкообразные сплавы и проволоку. Наиболее часто для напыления используют износостойкие порошковые сплавы на основе никеля или на основе железа с высоким содержанием углерода (табл. 9.4). Такие сплавы обладают высокими технологическими и служебными свойствами. Порошкообразные сплавы на основе никеля марки ПГ-ХН80СР2, ПГ-ХН80СР3 и др. обладают такими ценными свойствами, как низкая температура плавления (950— 1050 °С), хорошая жидкотекучесть, возможность управления твердостью в широком, диапазоне НКС 35,— 60, наличие свойств самофлюсования. Однако такие сплавы имеют высокую стоимость. К недостаткам сплавов на основе железа следует отнести их более высокую температуру плавления (1250— 1300 °С) и отсутствие свойств к самофлюсованию.

Плазменным напылением можно наносить защитные тепловые покрытия из керамических материалов (оксид алюминия ГА85 или ГА8, двуоксид циркония ПЦП-90 и пр.) на днище поршня и головку блока цилиндров.

Подготовка поверхности перед напылением не отличается от описанной ранее подготовки в разделе газопламенное напыление.

9.2.5. Детонационное напыление

При данном способе напыления нагрев и транспортирование частиц порошкообразного материала на поверхность детали осуществляются в результате энергии детонации газовой смеси. Схема процесса представлена на рис. 9.12. В камеру ствола подается кислородоацетиленовая смесь. Ствол одним концом направлен на обрабатываемую деталь. В другом конце ствола находится напыляемый порошок. Электрическая искра вызывает взрыв газовой смеси, в результате детонации газовой смеси происходит выделение теплоты и образуется ударная волна. Частицы порошка разогреваются продуктами детонации, получают большую кинетическую энергию и направляются к открытому концу ствола. Напротив него помещают деталь. Частицы порошка имеют большую скорость полета, которая на расстоянии 75 мм от среза ствола достигает 800 м/с. При соударении с поверхностью детали кинетическая энергия частиц трансформируется в тепловую. При этом температура в месте контакта может повышаться до 4000 °С.

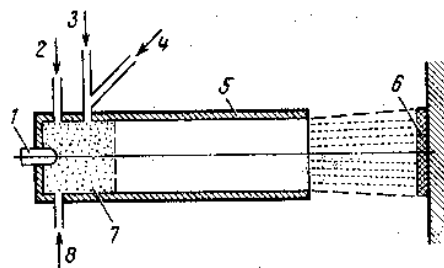


Рис. 9.12. Схема детонационного напыления: 1 — электрическая свеча; 2 — подача кислорода; 3 — продувка азотом; 4 — порошок материала покрытия; 5 — ствол; 6 — напыленный металл; 7 — взрывная камера; 8 — подача ацетилена

После каждого выстрела ствол аппарата продувают азотом для удаления продуктов сгорания. Процесс напыления повторяют с определенной периодичностью. В зависимости от типа установок скорострельность (периодичность повторения цикла) может достигать 10 выстрелов/с. За один цикл напыления можно нанести покрытие толщиной 6 — 10 мкм. Последовательно напыляя слои друг на друга, можно получить покрытие толщиной 1 — 2 мм. При диаметре ствола 25 мм в течение 15 с можно получить покрытие на площади 5 см² толщиной 0,3 мм. Детонационное напыление предназначено в основном для получения износостойкого покрытия, состоящего из карбидов и металлической связки. Высокие температуры и давление, контакт частиц порошка с активной газовой средой, деформация частиц при соударении с поверхностью детали

способствуют протеканию различных физико-химических процессов в напылённом слое. Покрытия, полученные детонационным напылением, обладают высокой плотностью и прочностью сцепления с основным металлом. В то же время температура нагрева упрочняемой детали не превышает 200 °С.

На Бийском машиностроительном заводе и Алтайском опытном заводе ВНПО "Ремдеталь" серийно выпускают установки "Катунь" и "Днепр-3" для детонационного напыления. Установки предназначены для нанесения покрытий из порошковых материалов на рабочие поверхности

Т а б л и ц а 9.5. Техническая характеристика установок для детонационного напыления

Основные показатели	Модель установки	
	"Катунь"	"Днепр-3"
Скорострельность, выстрел/с	1 — 10	2 — 6
Расход напыляемого порошка, кг/ч:		
окиси алюминия	1,8	—
твердого сплава ВК-15	7,8	—
Толщина покрытия за один выстрел, мкм	5 — 20	5 — 20
Диаметр пятна, мкм	—	20
Площадь покрытия, образуемого за 1 выстрел, мм ²	400	—
Расход рабочих газов, м/ч:		
кислорода	10 — 12	2 — 12
пропана (ацетилена)	2 — 3,5	1,88
Потребляемая мощность, Вт	100	300
Уровень шума при работе, дБ	140	140

деталей машин и аппаратов для восстановления и повышения их износостойкости, коррозионности и жаростойкости. Основные показатели установок приведены в табл. 9.5.

Оборудование для детонационного напыления представляет собой сложный технический комплекс, состоящий из детонационной установки, звукоизоляционного бокса, газораспределительного щита и дистанционного пульта управления.

К существенным недостаткам детонационного напыления следует отнести в первую очередь высокий уровень шума (до 110 дБ). Кроме того, используемое оборудование относительно сложно и имеет высокую стоимость.

9.2.6. Упрочнение конденсацией металла с мойной бомбардировкой

В основе упрочнения поверхностей деталей конденсацией металла с ионной бомбардировкой лежит распыление вещества при помощи низковольтной дуги постоянного тока в вакууме с контролируемым напуском легирующих газов. Для распыления вещества мишень бомбардируют быстрыми частицами (обычно положительными ионами газа — ионное распыление), в результате чего с поверхности мишени выбиваются атомы, осаждающиеся на расположенные вблизи поверхности.

В наиболее простом случае ионное распыление осуществляют в тлеющем разряде при помощи двойной схемы. В этой схеме мишень из распыляемого металла — катод, на который подается потенциал в несколько киловольт, а держатель подложки — заземленный анод. При наличии ионизирующего газа и при высоком напряжении между электродами возникает автоэлектронная эмиссия с катода, и в межэлектродном пространстве зажигается самостоятельный разряд. В рассмотренном случае в процессе ионного распыления катод выполняет две функции: является источником электронов, что поддерживает процесс существования тлеющего разряда, и источником распыляемого материала, наносимого на деталь.

В качестве катода могут использоваться любые электропроводящие материалы. Для получения химических соединений (нитридов, карбидов) в камеру установки для нанесения покрытий подают легирующий газ. В результате высокой температуры катодного пятна вакуумной дуги эффективно испаряются любые катодные материалы (вольфрам, тантал, молибден, ниобий, графит). Введение в вакуумную камеру легирующего газа и ионизация его в разряде позволяют создать плазменные пучки с регулируемым содержанием различных компонентов.

Ионное состояние вещества вблизи поверхности образца (детали) активизирует реакции взаимодействия, что позволяет получать покрытия с высокими физико-механическими свойствами (сверхтвердые, износостойкие и др.). Регулированием состава и энергии ионного пучка, формируемого из плазменной струи, можно направленно изменять фазовый состав, структуру и свойства покрытий. Ускоренные ионные пучки большой плотности дают возмож-

ность осуществлять высокоэффективную начальную очистку поверхности образца (детали) распылением, обеспечивающим высокую адгезию покрытия,

Одной из наиболее важных областей применения покрытий, получаемых путем конденсации металла с ионной бомбардировкой, является создание износостойких слоев. Нанесением покрытий на основе нитридов титана и молибдена упрочняют инструменты из твердых сплавов, быстро-режущих и инструментальных сталей.

Таблица 9.6. Повышение стойкости режущего инструмента при нанесении износостойкого покрытия (нитрида титана) конденсацией с ионной бомбардировкой

Упрочняемый материал	Геометрические параметры				Обрабатываемый материал	Операция	Режимы резания			Повышение стойкости, раз
	Передний угол γ , град	Задний угол α , град	Главный угол в плане ϕ , град	Радиус при вершине r , мм			Скорость v , м/мин	Подача s , мм/об (мм/зуб)	Глубина t , мм	
ВК6 (неперетачиваемые четырехгранные пластины)	—6	6	45	0,8	Чугун СЧ-21-40	Продольное точение	135	0,77	1,5	3,7
							160	0,3	1,5	1,8
							80	1,5	2,0	4,3
							165	0,7	1,5	2,0
ТТ 10 К8Б	—6	6	75	1,2	Чугун СЧ-21-40	Фрезерование	80	0,5	2,0	5,0
							157	0,2	2,0	3,7
							50	0,8	2,0	10,5
							140	0,5	2,0	2,7
Р6 М5 (четырёхгранные пластины)	—10	6	75	0,5	Сталь 45	Продольное точение	50	0,25	2,0	3,3
							56	0,25	2,0	5,3
							35	0,4	2,0	3,3
							71	0,1	2,0	1,8

При этом значительно повышается их стойкость, предотвращается диффузионный износ и увеличивается стойкость к воздействию кислот (табл. 9.6).

Установка для упрочнения поверхностей деталей конденсацией металла с ионной

бомбардировкой (рис. 9.13) состоит из камеры 4, представляющей собой цилиндрический сосуд. Ось камеры расположена горизонтально. На обоих торцах камеры на петлях крепятся крышки. В нижней части камеры на петлях крепятся крышки. В нижней части камеры имеет четыре кронштейна. В кронштейнах крепятся установочные винты, при помощи которых камера выставляется в необходимом положении.

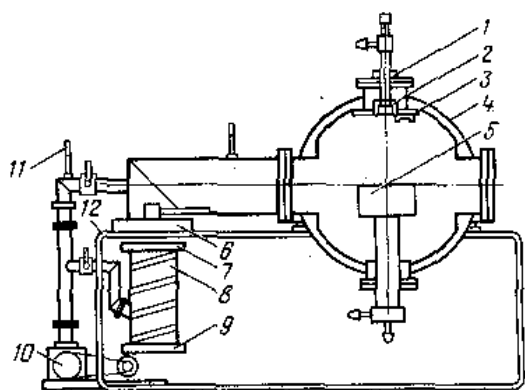


Рис. 9.13. Установка для напыления поверхностей конденсацией материала в вакууме

В корпусе камеры и крышки припаяны медные трубки, соединенные с системой водяного охлаждения 12. В верхней части камеры расположен катодный узел, включающий в себя фокусирующую катушку 1, катод 2 и поджигающий электрод 3. Катод представляет собой монолитный цилиндр, на испаряемом торце которого имеется буртик высотой 2 мм, препятствующий уходу катодного пятна при горении дуги на боковую поверхность

цилиндра. Вакуумное уплотнение катодного узла осуществляется двумя втулками, резиновым уплотнителем и гайкой. Втулки и уплотнитель электрически изолируют катодный узел от корпуса.

Внутри камеры расположена подложка 5, на которую устанавливают упрочняемые детали. Необходимое давление в камере на всех режимах обеспечивается вакуумной системой, включающей в себя высоковакуумный агрегат 8, азотную 6 и водяную 7 ловушки, нагреватель 9, форвакуумный насос 10 и систему измерения вакуума 11 (или 12 измерения водяного охлаждения).

Технические данные установки

Площадь упрочняемой поверхности под одним испарителем, дм^2	2
Скорость осаждения пленки на расстоянии 270 мм от испарителя, мкм/ч	До 40
Рабочее давление в камере, Па	$2,66 \cdot 10^{-3}$ - $6,65 \cdot 10^{-1}$
Время откачки камеры до давления 1,33 Па (форвакуумным насосом), мин	20 — 30
Время откачки камеры до давления $6,65 \cdot 10^{-3}$ Па (высоковакуумным агрегатом), мин	30—45
Напряжение сети переменного тока частотой 50 Гц, В	380/220
Номинальный рабочий ток дуги, А	75—180

Глава 10 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ГАЛЬВАНИЧЕСКИМ И ХИМИЧЕСКИМ НАРАЩИВАНИЕМ МАТЕРИАЛА

10.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО И ХИМИЧЕСКОГО НАРАЩИВАНИЯ МАТЕРИАЛА

Гальванические и химические покрытия применяют в ремонтном производстве для восстановления размеров изношенных поверхностей деталей, повышения их износостойкости, защиты деталей от коррозии, придания поверхностям эстетичного внешнего вида, улучшения прирабатываемости трущихся поверхностей, защиты их от науглероживания при цементации.

Возможность применения тех или иных способов восстановления размеров изношенных поверхностей деталей гальваническими и химическими покрытиями зависит от степени износа деталей автомобилей, поступающих в капитальный ремонт. В связи с тем что при хромировании могут быть наращены покрытия толщиной до 0,3 мм, а при железнении 1,0 — 1,5 мм и более, эти процессы обеспечивают возможность восстановления довольно большой номенклатуры деталей автомобилей практически при любом их износе.

Восстановление деталей гальваническими покрытиями обладает следующими достоинствами в сравнении с другими способами восстановления:

- отсутствием термического воздействия на детали, вызывающего в них нежелательные изменения структуры и механических свойств;

- получением с большой точностью заданной толщины покрытий, что позволяет снизить до минимума припуск на последующую механическую обработку и ее трудоемкость;

- осаждением покрытий с заданными непостоянными по толщине физико-механическими свойствами;

- одновременным восстановлением большого числа деталей, что снижает трудоемкость и себестоимость ремонта единицы изделия; автоматизацией технологического процесса.

Гальванические и химические покрытия классифицируют по назначению, способу получения и характеру защиты. По назначению их делят на покрытия для компенсации износа, защиты, защитно-декоративные и специальные покрытия. Назначение первых — обеспечить возможность повторного использования деталей в результате компенсации износа их рабочих поверхностей. Основная цель защитного покрытия — защита поверхности от атмосферной коррозии. Защитно-декоративные покрытия защищают детали от коррозии и придают им эстетический вид. Специальные покрытия применяют для придания деталям поверхностной твердости, износостойкости, отражательной способности, электропроводности, изоляционных и других специальных свойств.

По способу получения металлические покрытия можно разделить на физические, химические и гальванические. Наиболее распространенным способом в ремонтном производстве является гальванический.

По характеру защиты металлические покрытия делят на анодные и катодные. Характер защиты зависит от электрохимической характеристики металла покрытия по отношению к основному металлу детали в условиях эксплуатационной среды. Относительная электрохимическая характеристика металлов определяется значениями их стандартных электродных потенциалов, приведенными в табл. 10.1.

Покрытия, имеющие по сравнению с металлом детали более отрицательный потенциал, называются анодными. Основной металл электрохимически защищает только анодные покрытия. В этом случае электрохимический потенциал металла покрытия электроотрицательнее потенциала покрываемого металла (металла детали). В порах такого покрытия при наличии влаги между металлом покрытия и металлом основы возникает замкнутый гальванический элемент, в котором анодом будет металл покрытия. При этом металл покрытия, разрушаясь, защищает основной металл детали (рис. 10.1, а).

К анодным покрытиям можно отнести цинковые покрытия на стали, никелевые на меди и т. д.

Покрытия металлами, потенциал которых положительнее потенциала металла детали в условиях эксплуатации, называют катодными. Такие покрытия защищают детали только механически. Качество защиты зависит в основном от сплошности покрытия: чем меньше пор, тем оно выше. Это объясняется тем, что при возникновении гальванической пары металл основы становится анодом и при эксплуатации будет интенсивно растворяться (рис. 10.1, б). К катодным покрытиям следует отнести медные и никелевые — по стали, золотые и серебряные — по меди.

Электролитическое осаждение металлов в гальванике осуществляется из электролитов — водных растворов солей, кислот и оснований. При растворении в воде молекулы этих веществ диссоциируют на противоположно заряженные частицы: положительные ионы металла Me^+ и водорода H^+ , которые называются катионами, и отрицательные ионы кислотных остатков SO_4^- , гидроксильных групп OH^- и кислорода O^- , называемые анионами. Такие растворы являются проводниками II рода. Если в электролит поместить металлические пластины, подсоединенные к клеммам источника постоянного или переменного тока, на границе поверхности металлической пластины и электролита протекают электрохимические реакции, т. е. происходит электролиз (рис. 10.2).

Таблица 10.1. Стандартные электродные потенциалы металлов в водных растворах при 298 °К

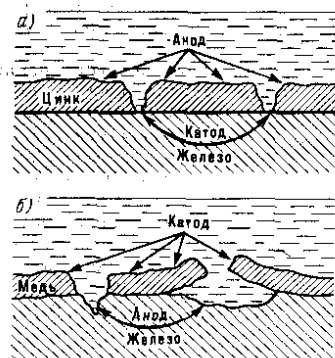


Рис. 10.1. Металлические покрытия, поврежденные коррозией: а — анодное; б — катодное

Металл	Электрод	Потен- циал, В	Металл	Электрод	Потен- циал, В	Металл	Электрод	Потенци- ал, В
Калий	K/K ⁺	-2,92	Цинк	Zn/Zn ²⁺	-0,76	Висмут	Bi/Bi ³⁺	+0,21
Барий	Ba/Ba ²⁺	-2,90	Железо	Fe/Fe ²⁺	-0,44	Сурьма	Sb/Sb ³⁺	+0,24
Кальций	Ca/Ca ²⁺	-2,87	"	Fe/Fe ³⁺	-0,037	Медь	Cu/Cu ²⁺	+0,34
Натрий	Na/Na ⁺	-2,71	Кадмий	Cd/Cd ²⁺	-0,40	"	Cu/Cu ⁺	+0,52
Магний	Mg/Mg ²⁺	-2,36	Индий	In/In ³⁺	-0,34	Ртуть	2Hg/Hg ⁺	+0,79
Алюминий	Al/Al ³⁺	-1,66	Кобальт	Co/Co ²⁺	-0,28	"	Hg/Hg ²⁺	+0,85
Титан	Ti/Ti ²⁺	-1,63	Никель	Ni/Ni ²⁺	-0,25	Серебро	Ag/Ag ⁺	+0,80
"	Ti/Ti ³⁺	-1,21	Олово	Sn/Sn ²⁺	-0,14	Палладий	Pd/Pd ²⁺	+0,99
Марганец	Mn/Mn ²⁺	-1,18	"	Sn/Sn ⁴⁺	+0,007	Платина	Pt/Pt ²⁺	+1,88
Хром	Cr/Cr ²⁺	-0,91	Свинец	Pb/Pb ²⁺	-0,13	Золото	Au/Au ³⁺	+1,50
"	Cr/Cr ³⁺	-0,74	Водород	1/2 H ₂ /H ⁺	0,00	"	Au/Au ⁺	+1,69

В качестве электролитов применяют растворы кислот и солей тех металлов, которые необходимо нанести на деталь. На анодах, помимо разрядки отрицательных ионов, протекает процесс растворения металла с переходом его в виде ионов в электролит. Таким образом, сколько из электролита уходит ионов металла, осаждаясь на катоде, столько же растворяется с анодов, пополняя электролит, т. е. электролит не обедняется ионами металла.

Количественная связь между прошедшим через границу электрод — электролит электричеством и количеством образующегося и расходуемого вещества определяется законами Фарадея.

Процесс электролитического осаждения металлов подчиняется законам Фарадея. Первый закон Фарадея гласит, что количество вещества, выделенного или растворенного на электродах, прямо пропорционально количеству электричества, прошедшего через электролит:

$$M = cQ = cIt \quad (10.1)$$

где c — электрохимический эквивалент, г/(А·ч); Q — количество электричества, А·ч; I — сила тока, А; t — продолжительность электролиза, ч.

Коэффициент пропорциональности называется электрохимическим эквивалентом. Он представляет собой массу вещества, выделенного на электроде при прохождении через электролит единицы количества электричества. За единицу количества электричества может быть принят 1 Кл = 1 А·с. Электрохимический эквивалент принято выражать в мг/Кл (миллиграмм/Кулон) или г/(А·ч). Электрохимические эквиваленты приведены в табл. 10.2.

Согласно второму закону Фарадея, при прохождении через электролит некоторого определенного количества электричества массы выделяющихся на катоде или растворяющихся на аноде веществ пропорциональны их химическим эквивалентам A :

$$m_1/A_1 = m_2/A_2 = \dots = \text{const}$$

Если принять количество электричества $Q = 1F$, то из уравнения (10.1) получим: $m_1 = c_1$; $m_2 = c_2$ и т. д. Тогда

$$c_1/A_1 = c_2/A_2 = \dots = 1F$$

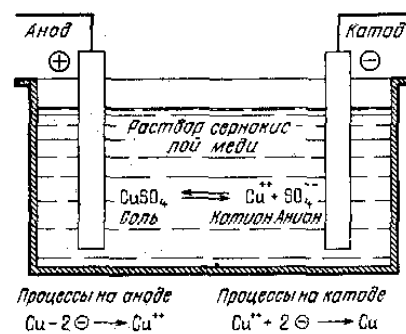


Рис. 10.2. Схема гальванического процесса

Следовательно, для выделения на катоде одного грамм эквивалента любого вещества необходимо пропустить через электролит количество электричества, равное 96487 Кл, или 26,8 А·ч.

На катоде помимо осажденного металла выделяется водород или протекают побочные процессы электрохимического восстановления (например, $\text{Fe}^{+++} + e = \text{Fe}^{++}$). по этой причине количество выделенного металла меньше, чем рассчитано по закону Фарадея. Для оценки полезно использованного тока в гальванотехнике принят параметр "выход по току". Он определяется отношением практически выделившегося металла на катоде к теоретически рассчитанному по закону Фарадея, т. е. выход по току — это к. п. д. электрического тока в процентах:

$$\eta = 100 m_{\text{п}} / m_{\text{т}} = 100(m_2 - m_1) / (cIt),$$

где $m_{\text{п}}$ — практически прореагировавшая масса вещества; $m_{\text{т}}$ — теоретическая масса вещества, которая должна была прореагировать в соответствии с законом Фарадея; m_2 и m_1 — масса детали соответственно до и после нанесения покрытия.

Таблица 10.2. Электрохимические эквиваленты

Химический элемент	Валентность	Электрохимический эквивалент		Химический элемент	Валентность	Электрохимический эквивалент	
		мг/Кл	г/(А·ч)			мг/Кл	г/(А·ч)
Алюминий	3	0,093	0,335	Никель	2	0,304	1,095
Висмут	3	0,720	2,600	Олово	4	0,307	1,107
Водород	1	0,010	0,038	"	2	0,615	2,214
Железо	3	0,193	0,694	Палладий	2	0,553	1,990
"	2	0,289	1,042	Платина	2	1,011	3,640
Золото	3	0,681	2,452	Родий	3	0,356	1,280
"	1	2,044	7,370	Свинец	2	1,074	3,865
Индий	3	0,399	1,429	Серебро	2	1,118	4,025
Кадмий	2	0,582	2,097	Сурьма	3	0,421	1,514
Кислород	2	0,083	0,298	Хлор	1	0,367	1,323
Кобальт	2	0,305	1,099	Хром	6	0,090	0,324
Марганец	2	0,285	1,025	"	3	0,180	0,648
Медь	2	0,330	1,186	Цинк	2	0,339	1,220
"	1	0,659	2,372				

Катодные выходы по току для наиболее распространенных гальванических процессов приведены ниже (значения катодных выходов по току, %):

Золочение 90

Кадмирование 85 — 95

Меднение:

цианидный электролит 40 — 75

кислый 95—100

Никелирование 90 — 100

Свинцевание 90—100

Серебрение 95—100

Хромирование:

блестящее 8 — 12

твердое 12 — 28

Цинкование:

цианидный электролит 75 — 95

кислый..... 95—100

цинкатный 85 — 100

В соответствии с законом Фарадея толщина h , мм, осаждаемого металлического покрытия

$$H = D_k c \eta t / (1000 \gamma)$$

где D_k — рекомендованная для данного электролита и его температуры катодная плотность тока, А/дм²; c — электрохимический эквивалент, г/А·ч; η — выход по току, %; t — продолжительность электролиза, ч; γ — плотность металла, г/см³.

Для расчета времени, необходимого для осаждения покрытия заданной толщины h , используют соотношение

$$T = 1000 h \gamma / (D_k c \eta)$$

Сила тока, необходимая для нанесения покрытия на конкретную площадь,

$$I_k = S_k D_k$$

где S_k — площадь покрытия металлом, дм².

Аналитические зависимости получены из условия равномерности распределения осадка по наращиваемой поверхности. В действительности толщина осадка на различных участках детали не одинакова — на выпуклых поверхностях толщина слоя больше. Свойство электролита обеспечивать получение равномерных по толщине покрытий характеризуется его рассеивающей способностью. Зависит она от степени равномерности распределения электрических силовых линий, идущих от анода к катоду (рис. 10.3). Для повышения равномерности распределения тока и металла на поверхности деталей применяют дополнительные аноды (рис. 10.4) и аноды, копирующие форму катода, дополнительные катоды или непроводящие экраны, которые могут объединяться в ячейки (рис. 10.5), используют подвески, обеспечивающие рациональное размещение деталей.

Кроме рассеивающей способности, на качество покрытий оказывает влияние кроющая способность электролита, под которой понимается свойство электролита обеспечивать получение покрытия на углубленных частях деталей, независимо от его толщины. Кроющая способность улучшается с увеличением концентрации основной соли в электролите.

Наиболее существенно влияет на качество электролитических покрытий поляризация электродов. Поляризацией (перенапряжением) называется разность между потенциалами выделения металла на катоде или растворения

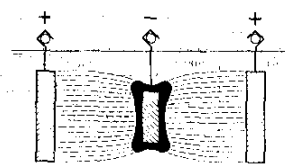


Рис. 10.3. Схема распределения тока на сложнопрофильных деталях

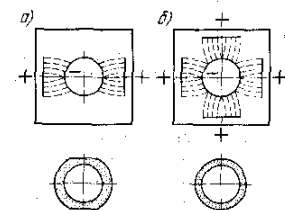


Рис. 10.4. Повышение равномерности толщины покрытия с увеличением числа анодов: а — два анода; б — четыре анода

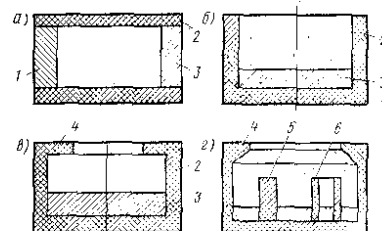


Рис. 10.5. Ячейки для получения равномерных покрытий на плоских деталях: а — двухэлектродная, б — одноэлектродная, в — с выравнивающими козырьками, г — с непроводящими вставками; 1 — анод; 2 — непроводящий экран; 3 — катод; 4 — козырек; 5 — непроводящая вставка; 6 — трубчатая непроводящая вставка

металла на аноде и электрода при отсутствии электрического тока (потенциалом равновесия). Она вызывается изменением концентрации ионов в прикатодном слое (концентрационная поляризация) и сопротивлениями, возникающими при протекании химических реакций в процессе электролиза (химическая поляризация).

Электролитическое покрытие образуется в результате одновременного протекания двух процессов: образования центров кристаллизации и их роста. Структура покрытия зависит от того, какой из этих процессов будет преобладающим. Если скорость образования новых центров кристаллизации будет опережать скорость роста образовавшихся кристаллов, то структура осадка будет мелкокристаллической. При преобладающей скорости роста кристаллов покрытие получается крупнокристаллическим.

С повышением катодной поляризации увеличивается скорость образования "центров кристаллизации," а следовательно, осадок получается более мелкозернистым. Зависит катодная поляризация от состава электролита и режима нанесения покрытия. Для ее изменения к электролиту применяют добавки органических и поверхностно-активных веществ, изменяющих структуру осадков и прочность сцепления их с основным металлом.

На свойство электролитических покрытий очень сильно влияет водород, выделяющийся на катоде одновременно с металлом. Неравномерно распределяясь в осадке, водород вызывает пористость, отслаивание; искажает кристаллическую решетку, создавая внутренние напряжения и делая осадок хрупким. Основная причина выделения водорода на катоде совместно с металлом — низкое перенапряжение водорода. Для обеспечения наибольшего перенапряжения водорода необходимо на определенном уровне поддерживать кислотность электролита, оцениваемую водородным показателем, pH. Водородный показатель pH равен показателю степени дробности показывающей концентрацию водородных ионов в растворе; если концентрация ионов $[H^+] = 1/10^5$, то $pH = 5$. В нейтральном растворе концентрации ионов водорода $[H^+]$ и гидроксида $[OH^-]$ одинаково равны $1/10^7$, т. е. водородный показатель $pH = 7$. При добавлении в раствор кислоты увеличивается концентрация ионов водорода, при добавлении щелочи увеличивается концентрация ионов гидроксила. Растворы, в которых концентрация $[H^+] > [OH^-]$, являются кислыми ($pH < 7$); при $[H^+] < [OH^-]$ раствор является щелочным ($pH > 7$). Произведение концентраций $[H^+]$ и $[OH^-]$ всегда постоянно и равно 10^{-14} .

Отмеченные Особенности процесса электролиза приводят к тому, что свойства металла, осажденного электролитически, отличаются от свойств расплавленного металла после его кристаллизации. Этим объясняется повышенная, твердость и хрупкость осадков наличие растягивающих внутренних напряжений, снижение усталостной прочности деталей, работающих при знакопеременных нагрузках. По этой причине при восстановлении деталей гальваническими покрытиями стремятся к получению осадков мелкокристаллической структуры с высокой износостойкостью и прочностью сцепления с основным металлом, с минимальными внутренними

напряжениями. Обеспечения этих требований можно достичь только при соблюдении оптимальных технологических процессов подготовки деталей к нанесению покрытий, режимов электролиза и последующей обработки покрытий,

10.1. ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ К НАНЕСЕНИЮ ПОКРЫТИЙ

Технологический процесс нанесения гальванических покрытий предусматривает выполнение трех групп операций: подготовки поверхности деталей к нанесению покрытия, нанесения покрытия и завершающей обработки после покрытия.

Подготовка поверхности основного металла выполняется для придания детали правильной геометрической формы, удаления жировых и окисных загрязнений и уменьшения шероховатости поверхности. Подготовка состоит из следующих операций:

- механическая обработка поверхностей, подлежащих наращиванию;
- очистка деталей от оксидов и промывки их органическими растворителями;
- монтаж деталей на подвесные приспособления и изоляции мест, не подлежащих покрытию;
- обезжиривание (химического или электрохимического);
- промывка в проточной горячей, а затем в холодной воде; химическая или электрохимическая обработка; повторная промывка в проточной воде.

Предварительная механическая обработка осуществляется для устранения следов износа и восстановления правильной геометрической формы. Наиболее часто применяемые способы предварительной механической обработки — шлифование и полирование. Обычно поверхность шлифуют до шероховатости, соответствующей 6 — 8-му классам. В процессе нанесения защитнодекоративных покрытий требуется более тщательная механическая обработка для получения минимальной шероховатости. Обработывая деталь, следует закруглять, где это допустимо, острые кромки, фаски и углы, что позволит избежать образования на них наростов.

Шлифование и полирование перед нанесением покрытия производят с помощью шлифовальных кругов или непрерывной гибкой абразивной ленты. При этом используют шлифовальные круги двух типов: твердые и изготовленные из эластичных материалов. Твердые состоят из зерен абразивного материала размером 250— 1200 мкм, скрепленных связкой. Круги из эластичных материалов (войлока, фетра) применяют для тонкого окончательного шлифования перед нанесением защитно-декоративных покрытий. Абразивным материалом служат мелкие зерна (75 — 120 мкм) корунда, наждака, кварца, которые наклеивают по периферии круга. Цветные металлы шлифуют кругами из мягкого войлока, стальные детали — кругами из жесткого войлока.

Режимы шлифования выбирают так, чтобы исключить прижоги и образование трещин. Обычно окружная скорость круга или ленты составляет для черных металлов 30 — 35 м/с, для меди и ее сплавов 20 — 25 м/с, для алюминия 10 — 20 м/с. При этом применяют обильное охлаждение.

При подготовке мелких деталей к нанесению гальванических и химических покрытий используют галтовку, заключающуюся в обкатке деталей совместно с абразивными материалами в колоколах или барабанах. Абразивный материал и режимы обработки при галтовке указаны в табл. 10.3.

Ниже приведена продолжительность процесса галтовки в часах:

Удаление заусенцев 0,25—2,00

" окалины 1 — 4

Шлифование 4 — 40

Полирование небольших деталей:

стальных штамповочных 3 — 4

" поковок 4 — 6

латунных и бронзовых 2 — 4

Для окончательной отделки деталей (перед нанесением защитно-декоративных покрытий) их полируют с использованием очень мелких абразивных материалов (микropорошков), обрабатывают при помощи эластичных кругов или лент с нанесенным слоем полирующей пасты. Абразивные материалы в качестве абразива содержат природный оксид железа (крокус), оксиды хрома и алюминия или другие соединения; связующими веществами служат стеарин, парафин, техническое сало (говяжье, баранье, свиное) и перезин (смесь твердых углеводов).

Перспективным способом механической обработки деталей перед нанесением покрытий является их виброабразивная обработка. В этом случае детали и абразив помещают в контейнер, которому сообщается колебательное движение (вибрация) с частотой 1500 — 3000 колебаний в минуту (25 — 50 Гц) при амплитуде 1— 5 мм. Оптимальные значения частоты и амплитуды колебаний составляют соответственно 35 — 50 Гц и 1 — 3 мм.

При виброшлифовании, очистке деталей и снятии заусенцев в качестве рабочей среды применяют бой абразивных кругов, при виброполировании — порошки оксидов железа, хрома, алюминия, а также мрамор, мел. Детали занимают 30 % вместимости контейнера, абразив — 60 %, остальное пространство остается незаполненным. Виброобработку деталей выполняют сухим и мокрым способами.

Для очистки поверхности деталей от ржавчины, окалины, краски, травильного шлама и других загрязнений можно использовать кварцевание, при котором дисковыми щетками из проволоки диаметром 0,05—0,3 мм, закрепленным на шпинделе шлифовально-полировального станка или на валу электродвигателя, сообщают вращение с частотой 1200—2500 об/мин. Для карцевания стальных деталей служат стальные щетки, для карцевания цветных деталей — щетки из латунной проволоки, а мягкие металлы обрабатывают волосяными, капроновыми или травяными щетками.

В процессе очистки деталей с поверхностей удаляются продукты коррозии, масляные и другие загрязнения. При монтаже деталей на подвесное приспособление требуется обеспечить надежный контакт в электрической цепи деталь — подвеска — штанга, убедиться в наличии благоприятных условий для равномерного распределения покрытия по поверхности деталей и для удаления пузырьков водорода, выделяющегося при электролизе.

Т а б л и ц а 10.3. Режимы обработки деталей при галтовке

Обрабатываемый материал	Вид галтовки	Абразивный материал	Компонент раствора	Режим обработки			Шероховатость поверхности, мкм	
				Концентрация компонента, г/л	Частота вращения детали, об/мин	Продолжительность, ч	до обработки	после обработки
Сталь	Сухая	Шлифпорошок зернистостью 3 или 4	—	—	20—60	10—24	40—20	8—5
"	Мокрая (шлифование)	Бой электрокорундовых кругов Т, ВТК размером частиц 5 — 30 мм	Хозяйственное 72 %-ное мыло	2—5	30	2—12	40—5	5—2,5
"	Мокрая (полирование)	Бой фарфора размером частиц 5 — 20 мм	То же	2—5	30	2—12	5—2,5	1,25—0,63
		Стальные шарики диаметром 4—10 мм	"	2—5	30	2—12	—	—
Алюминий и его сплавы, цинковый сплав	То же	То же	"	20—30	30	2—12	5	1,25
Алюминий и его сплавы	Мокрая (шлифование)	Электрокорундовый шлифпорошок	Гашеная известь	500—600	30	2—12	40—5	5—2,5

Поверхности деталей, не подлежащие покрытию, изолируют, т. е. защищают диэлектриком от осаждения на них металла. Изоляция позволяет сохранить геометрические размеры непокрываемых участков, уменьшить непроизводительные потери электрического тока и металла, защищает от коррозии внутренние поверхности. В качестве изоляторов служат съемные футляры, коробки, трубки, шайбы, изготовленные по форме защищаемой поверхности из текстолита, эбонита, винипласта, фарфора и других электроизоляционных материалов. Детали несложной формы удобно изолировать пленочными материалами, которыми плотно обертывают защищаемые места. Лакокрасочные материалы наносят пульверизатором или кистью {в 2 — 3 слоя у промежуточной сушкой каждого.

Жировые пленки могут быть удалены с поверхностей деталей одним из следующих способов:

механической очисткой кашицеобразным раствором кальцемагниевого (венской) извести;

обезжириванием органическими растворителями;
химическим обезжириванием;
электрохимическим обезжириванием;
обезжириванием с применением ультразвука.

Следует помнить, что большинство органических растворителей токсичны, ряд из них пожароопасны. После обезжиривания ими на поверхности деталей остается очень тонкая пленка жиров, которая препятствует прочному сцеплению покрытия с основным металлом. Растворяющая способность, кг/(м²-с), различных растворителей приведена ниже:

Фреон Ф-113	4,45
Трихлорэтилен	3,10
Ксилол	2,20
Тетрахлорэтилен	1,70
Бензин	1,30
Уайт-спирит	0,90
Керосин	0,65

Для химического и электрохимического обезжиривания используются

растворы щелочей, причем при электрохимическом обезжиривании концентрации веществ берутся меньшими. При электрохимическом обезжиривании на поверхности деталей, за-
вешиваемых на катодную штангу, бурно выделяется водород, который способствует
механическому отрыву жировой пленки. Для предохранения поверхностей деталей от
наводораживания, увеличивающего хрупкость основного металла, в конце процесса
обезжиривания меняют полярность на обратную, и в течение короткого времени (0,2 — 0,25 дли-
тельности обработки на катоде) обрабатывают детали на аноде. Этот же эффект достигается >и при
электрохимическом обезжиривании переменным током.

Составы растворов для химического и электрохимического обезжиривания указаны в табл.
10.4 и 10.5, а режимы их работы приведены ниже:

Режим работы при химическом обезжиривании

Номер раствора.	1	2	3
Температура ¹ , °C	60—80	60—80	50—70
Продолжительность травления, мин	3 — 10	3 — 20	2 — 5
Номер раствора. . .	4	5	6
Температура в, ° C	40—70	70—80	60—80
Продолжительность травления, мин..	3 — 10	7 — 10	5 — 20

Т а б л и ц а 10.4. Состав растворов для химического обезжиривания

Компоненты раствора	Состав раствора, г/л					
	1	2	3	4	5	6
Моющее средство Лабомид, Деталин или Импульс	20 — 30	—	—	—	—	—
NaOH	—	5 — 15	20 — 40	8 — 12	—	—
Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O	—	15 — 35	5 — 15	20 — 50	—	15 — 35
Na ₂ CO ₃	—	15 — 35	—	—	—	15 — 35
Ситанол ДС-10	—	3 — 5	—	—	—	3 — 5
Обезжириватель ДС-10	—	—	3 — 5	—	—	—
Na ₂ SiO ₃	—	—	10 — 30	—	—	—
Натриевое жидкое стекло	—	—	—	25 — 30	—	—
Средство моющее ОСА-1	—	—	—	—	10 — 50	—

Т а б л и ц а 10.5. Состав растворов для электрохимического обезжиривания

Компоненты раствора	Состав раствора, г/л						
	1	2	3	4	5	6	7
	<i>Сталь</i>					<i>Медь</i>	
NaOH	20 — 40	5 — 10	—	45 — 55	60 — 70	10 — 15	10 — 15
Na ₂ CO ₃	20 — 40	20 — 40	25 — 30	—	10 — 20	25 — 30	25 — 30
Na ₃ PO ₄	20 — 40	20 — 40	25 — 30	10 — 20	5 — 10	25 — 30	25 — 30
Na ₂ SiO ₃	—	3 — 5	—	15 — 25	—	—	—
NaCN	—	5 — 15	—	—	—	10 — 15	—
Na ₅ P ₃ O ₁₀ ·10H ₂ O	—	—	—	10 — 20	—	—	—
Синтанол ДС-10	—	—	1 — 2	—	—	—	—
Авируль	—	—	—	0,1 — 0,2	—	—	—
Элва	—	—	—	—	0,1 — 1 (мл/л)	—	—
Трилон Б	—	—	—	—	4 — 6	—	—

После обезжиривания деталь промывают в горячей, а затем в холодной воде. О хорошем качестве удаления жиров судят по сплошной, без разрывов, пленке воды на обезжиренной поверхности.

Химическая и электрохимическая обработка (травление) применяется для удаления с восстанавливаемых поверхностей деталей оксидных и других пленок, наличие которых препятствует осаждению гальванических покрытия или сильно ослабляет сцепление покрытий с

Режим работы при электрохимическом обезжиривании

основным металлом.

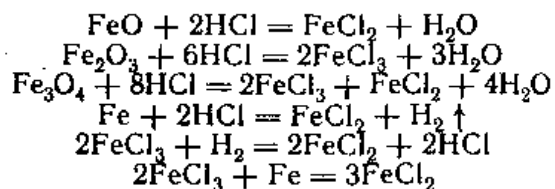
Номер раствора	1	2	3	
Плотность тока, А/дм ² :				
i_k	2—10	2—10	10	
i_a	—	—	—	
Продолжительность травления, мин:				
τ_k	3—10	3—10	10	
τ_a	1—3	1—3	—	
Номер раствора	4	5	6	7
Плотность тока, А/дм ² :				
i_k	4—8	1—1,5	2—5	—
i_a	3—5	—	—	2—3
Продолжительность травления, мин:				
τ_k	4	3,5	4	—
τ_a	1—2	—	—	1—2

Черные металлы травят в водном растворе серной и соляной кислот или в их смесях. На поверхности детали, погруженной в кислоту, одновременно протекают два процесса: растворение оксидов с образованием солей железа и воды и частичное растворение самого железа с образова-

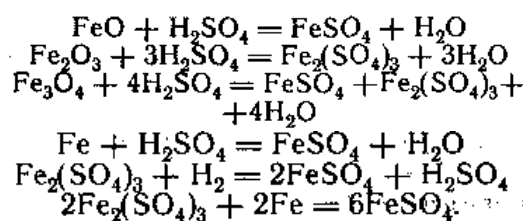
нием его солей и водорода. Выделяющийся водород действует механически, разрыхляет пленку оксидов железа и отрывает ее от поверхности металла, что способствует ускорению процесса.

При взаимодействии окисленного железа с разбавленными кислотами могут протекать следующие химические реакции:

при взаимодействии с соляной кислотой и другими элементами раствора:



при взаимодействии с серной кислотой и другими элементами раствора:



Электрохимическая обработка — это травление деталей при помощи электрического тока. Осуществляется она как на аноде, так и на катоде. Использование электрического тока значительно ускоряет процесс трав-

ления, снижает расход химических препаратов.

При анодном травлении оксиды удаляются в результате электрохимического растворения и их механического отрыва пузырьками кислорода, выделяющегося в результате разряда ионов OH^- :



В процессе анодной обработки одновременно с растворением окислов и получаемых при механической обработке наклепанных поверхностных слоев металла происходит насыщение поверхности кислородом, т. е. образование мономолекулярной пассивной пленки, предохраняющей поверхность от более глубокого окисления, чем на толщину этой пленки, во

время промывки деталей и нахождения в электролите до включения электрического тока. К моменту начала наращивания покрытия пассивная пленка должна быть удалена. Это достигается тем, что в начальный период наращивания процесс ведется при условиях, обеспечивающих преимущественный разряд на катоде ионов водорода, которые и восстанавливают пассивную пленку.

Катоды при анодном травлении изготавливают из свинца.

При катодном травлении на деталях происходит разряд ионов водорода:



Атомы водорода реагируют с оксидами металла и частично их восстанавливают. Выделяющиеся пузырьки водорода разрыхляют оксидную пленку и удаляют ее. Аноды при катодном травлении изготавливают из свинца, сплава свинца с сурьмой (6 — 10 % сурьмы) или кремнистого чугуна (20 — 24 % кремния).

В табл. 10.6 приведены составы растворов для химического и электрохимического травления углеродистых и низколегированных сталей и чугунов. Раствор 1 и 2 применяют для травления, чугунов и сталей; вместо ингибитора катапин может быть использован другой, например, ЧМ. Для одновременного обезжиривания и травления вводят синтанол Д.С-10 ил и сульфенол НП-3 в количестве 3 — 5 г/л:

Раствор 3 применяют для бесшламового травления сталей и ковара, растворы 4 и 5 — для стальных деталей 1-го и 2-го класса точности, раствор 6 — для стальных деталей 1-го и 2-го класса точности, отдельные участки поверхности которых покрыты окалиной. Раствор 7 применяют для углеродистых термообработанных сталей.

Т а б л и ц а 10.6. Состав растворов для химического и электрохимического травления сталей и чугуна

Компоненты раствора	Состав растворов, г/л											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кислота серная	150—200	175—200	—	—	—	100—200	15—20	—	—	100—150	—	—
" соляная	—	80—100	350—400	—	200—220	—	35—40	—	—	—	—	200
Калий йодистый	—	—	—	—	—	0,8—1,0	—	—	—	—	—	—
Кислота ортофосфорная	—	—	—	50—60	—	—	—	—	120—160	—	—	—
Ангидрид хромовый	—	—	—	180—206	—	—	—	—	—	—	—	—
Натрид едкий	—	—	—	—	—	—	—	93 %	—	—	—	—
Натрий хлористый	—	—	—	—	—	—	—	7 %	—	—	—	—
Синтанол Д.С-10 или сульфенол НП-3	3—5	3—5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Катапин	3—5	—	—	—	5—7	8—10	—	—	—	—	—	—
Уротропин	—	40—50	40—50	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Натрия нитрит	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	200	—

Травление деталей осуществляют на аноде. Раствор 8 применяют для чугунного литья; обработку проводят при использовании реверсированного тока (T_k — 5 мин, T_a — 5 мин), начиная с обработки на катоде.

Раствор 9 применяют для обработки чугунного литья, раствор 10 — для катодного травления стальных деталей

высокого класса точности, растворы 11 и 12 — для снятия шлама. Погружение осуществляют последовательно сначала в раствор 11 и затем без промывки в раствор 12.

Медь и ее сплавы травят в 10 — 15 %-ном растворе серной кислоты при температуре 50 — 60° С для удаления окалины и после длительного хранения. ,

Алюминий и его сплавы обрабатывают в кислотах и их смесях или в щелочных растворах

Номер раствора. 1 2 3 (например, травят в растворе едкого натра 50 — 150 г/л при температуре 45 — 80 ° С в течение 0,5 — 1,5 мин. Продолжительность травления, мин. 10—30 10—15 10—15 Часто добавляют в него 0,5 г/л сульфенола).
Номер раствора. 7 8 9
Температура раствора, °С. 60—70 40—45 60—70

Режим работы для химического и электролитического травления сталей и чугунов приведен ниже:

Плотность тока, А/дм ² :			
i_k	—	5—8	—
i_a	7—10	5—8	—
Продолжительность травления, мин.	10—25	10—25	20—60
Номер раствора.	4	5	6
Температура раствора, ° С.	80—90	15—30	60—80
Продолжительность травления, мин.	10—60	10—60	5—30
Номер раствора.	10	11	12
Температура раствора, ° С.	40—50	15—30	15—30
Плотность тока, А/дм ² :			
i_k	5—10	—	—
i_a	—	—	—
Продолжительность травления, мин.	5—20	1—2	0,2—0,3

10.3. ХРОМИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Важным направлением использования гальванических покрытий при упрочнении и восстановлении деталей автомобилей и другой техники является электролитическое хромирование.

Упрочнению хромированием в процессе изготовления подвергаются 40 — 50 наименований деталей грузовых

* Продолжительность травления дана ориентировочно; ее устанавливают в зависимости от характера и толщины слоя окислов.

автомобилей с общей площадью покрытия $0,4 — 0,6 \text{ м}^2$ и 200 — 300 наименований деталей легковых автомобилей с общей площадью покрытий хрома $1,8 — 2,2 \text{ м}^2$. Еще большее число деталей может быть восстановлено хромированием. По грузовым автомобилям, число деталей составляет 60 — 80 шт., площадь покрытия — $0,8 — 1,5 \text{ м}^2$; по легковым соответственно 300 — 350 шт. и $2,3 — 2,6 \text{ м}^2$.

В результате хромирования наблюдается значительное повышение (в несколько раз) износостойкости следующих деталей:

двухцветная с плохую осадки	Цилиндры двигателей	2 — 14	Электродный хром — твердый, хрупкий металл, серебристо-стального синеватым оттенком, обладающим высокой износостойкостью и жаростойкостью. Гладкий хром имеет смачиваемость. Электродные хромы характеризуются высокими внутренними напряжениями и значительной пористостью.
	Поршневые кольца	2 — 4	
	Толкатели	1,5 — 3	
	Стержни клапанов	3 — 4	
	Кулачки и шейки распределительного вала	3 — 4	
	Поршневые пальцы	1,1 — 2,7	
	Шейки коленчатого вала	3 — 6	
	Посадочные места под шариковые и роликовые подшипники	15 — 20	
	Шипы крестовин карданных валов	2 — 4	
	Пальцы гидроамортизаторов автомобилей и гусеничных машин	7 — 10	

Существует износостойкое и защитно-декоративное хромирование. Износостойкое хромирование применяют для восстановления изношенной поверхности деталей и покрытия инструмента для повышения их сопротивления износу. Защитно-декоративное хромирование применяют для защиты изделий от коррозии и придания им красивого внешнего вида. Как антикоррозионное и декоративное покрытие хром используется обычно с подслоем меди и никеля.

Внешний вид, структура и механические свойства электролитического хрома изменяются в очень широких пределах в зависимости от условий электролиза, состава и температуры электролита, плотности тока. При неизменном составе электролита можно, изменяя плотность тока и температуру, получить три различных вида осадков: блестящий, молочный и матовый (серый) (рис. 10.6).

Блестящие осадки получают при температуре 329 — 331 К и средних плотностях тока — $35 — 70 \text{ А/дм}^2$. Они обладают твердостью порядка 7500 — 9000 МПа, широко разветвленной сеткой трещин и большой хрупкостью; рекомендуются для наращивания изношенных поверхностей деталей при удельных нагрузках, не превышающих при сухом трении 2,5 МПа и смазке 40 — 55 МПа.

Из блестящего осадка износостойкого хрома анодным травлением

можно получить пористый хром, который используется

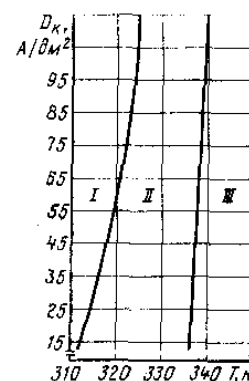


Рис. 10.6. Распределение зон осадков электролитического хрома в зависимости от плотности тока D_k и температуры электролита T :
I — зона серых осадков; II — зона блестящих осадков;
III — зона молочных осадков

для деталей, работающих в условиях недостатка смазки. Анодное травление осуществляется в хромовом электролите при плотности тока 30 — 40 А/дм².

Молочные осадки получают при температуре 333 К и выше и сравнительно невысоких плотностях тока — 25 — 35 А/дм². Они характеризуются твердостью 2500 — 7500 МПа, хорошей смачиваемостью и значительной вязкостью по сравнению с блестящими осадками, отсутствием сетки в тонких слоях, рекомендуются для наращивания деталей, работающих при средних удельных давлениях порядка 8—10 МПа, и как антикоррозионное покрытие.

Матовые (серые) осадки хрома получают при высокой плотности тока 70— 100 А/дм² и сравнительно невысокой температуры 308 — 323 К. Эти осадки характеризуются большой

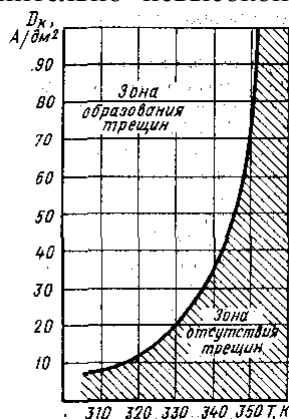


Рис. 10.7. Зона образования трещин в зависимости от плотности D_k тока и температуры электролита T

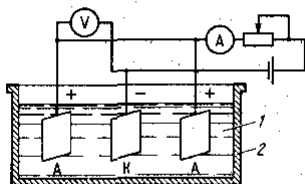


Рис. 10.8. Схема установки для нанесения гальванических покрытий:
1 — электрод; 2 — ванна; А — анод; К — катод

твердостью 12 000 МПа, хрупкостью, наличием густой сетки трещин и низкой износостойкостью (рис. 10.7).

Все виды износостойкого хрома можно получить в одном универсальном электролите состава: хромовый ангидрид CrO_3 250 кг/м³; серная кислота H_2SO_4 2,5 кг/м³, но режимы не одинаковы.

Для защитно-декоративных осадков хрома режим получения покрытия следующий: плотность тока — 7 — 30 А/дм²; температура электролита— 303 —318 К Декоративный хром наносят на подслои меди, никеля.

Схема установки для хромирования деталей показана на рис. 10.8. В отличие от меднения, никелирования, железнения, цинкования, применяемых при ремонте, при хромировании аноды изготавливают из свинца, т. е. труднорастворимого металла. Электролит представляет собой раствор двух сильных кислот — хромовой и серной, которые растворили бы аноды, если бы они

были изготовлены из металлического хрома.

Процесс электролитического хромирования характеризуется очень малым выходом по току в стационарных ваннах — 13 — 15 %. Причиной является состав электролита (хромовая кислота и серная), при котором электрический ток расходуется в основном на разрядку на катоде-детали ионов водорода, а сам процесс хромирования является побочным процессом.

Кроме универсального ряд других составов рующийся, тетрахроматный Саморегулирующийся автоматического отношения количества SO_4^{2-} , результате чего от-

Т а б л и ц а 10.7. Состав электролитов черного хромирования и режим работы

Компоненты электролита	Состав электролита, г/л	
	1	2
Хромовый ангидрид CrO_3	50 — 400	300—350
Азотнокислый хром $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	3—7	—
Азотнокислый натрий NaNO_3	—	7 — 10
Фтористый алюминий AlF_3	2 — 5	—
Уксуснокислый барий $\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	—	5 — 7
Борная кислота H_3BO_3	8 — 20	12 — 15

электролита, существует целый электролитов - саморегули- и др.

электролит обладает свойством поддержания постоянства хромового ангидрида к аниону падает необходимость в его

частых корректировках. Применяется следующий состав электролита, кг/м³: хромовый ангидрид CrO₃ — 200 — 300; сульфат стронция CrSO₄ — 6,5 — 8,5; кремнефторид калия K₂SiF₆ — 18 — 20.

Режим хромирования: плотность тока — 50—100 А/дм², температура — 323 — 343 К. Наряду с автоматическим корректированием состава, использование саморегулирующегося электролита позволяет повысить износостойкость покрытия и производительность процесса в результате более высокого выхода хрома потоку (18 — 20 %), расширить зону получения блестящих осадков, повысить рассеивающую способность электролита.

Тетрахроматный электролит позволяет вести процесс при комнатной температуре. Состав электролита (кг/м³): хромовый ангидрид CrO₃ — 350 — 400; серная кислота H₂SO₄ — 2,0 — 2,5; едкий натр NaOH — 40 — 60; сахар или глюкоза — 1 — 3. Режим хромирования: плотность тока — 60 — 80 А/дм²; температура — 291 — 295 К; выход хрома по току — 28-30%.

Хром, полученный из тетрахроматного электролита, не имеет пор, обладает низкой твердостью и хорошо прирабатывается.

Для деталей, поверхность которых должна обладать низким коэффициентом отражения света, применяется черное хромирование. В связи с низкой коррозионной стойкостью черного хрома на детали предварительно наносят слой никеля или хрома требуемой толщины, после чего помещают их в электролит для черного хромирования. Используемые для этой цели электролиты не должны содержать серной кислоты. Рекомендованный состав электролита приведен в табл. 10.7.

Режим работы черного хромирования

Номер раствора	1	2
Плотность тока i_k , А/дм ² .,	15 — 30	20.— 75

Черное хромирование в отличие от оксидных покрытий и черного никеля термостойко до температуры 500 ° С, устойчиво в вакууме, имеет относительно высокую твердость и высокую износостойкость. Однако для работы на трение покрытие черным хромом мало пригодно. В отечественной практике наибольшее распространение получил электролит 2. .

10.4. ЖЕЛЕЗНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Впервые электролитическое покрытие железом было осуществлено в 1869 г. русскими учеными Б. С. Якоби и Е. И. Клейном.

Практическое применение твердых железных покрытий для восстановления автомобильных деталей было осуществлено также впервые в России проф. М. П. Мелковым в 1955 — 1956 гг., который предложил способ получения покрытия в горячих растворах хлористого железа с применением растворимых стальных анодов при высокой плотности тока.

К настоящему времени для восстановления деталей разработано и исследовано большое число горячих электролитов различного состава. Среди них выделяют три основные группы: хлористые, сернокислые и смешанные, каждая из которых определяется видом аниона соли

железа. Проведенные рядом авторов исследования показали, что сернокислые и смешанные электролиты значительно уступают хлористым по ряду показателей. Поэтому в практике ремонтного производства наиболее широко используют хлористые электролиты, в состав которых входят хлористое (двухвалентное) железо $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и соляная кислота HCl . Применение их обеспечивает получение плотных мелкозернистых осадков толщиной до 1,0 — 1,5 мм с высокими механическими свойствами и износостойкостью, близкой к износостойкости закаленной стали. Электролиты допускают применение высоких плотностей тока (20— 100 А/дм²), причем изменение плотности тока в значительных пределах сопровождается незначительными (1,5 — 2,0 %) колебаниями выхода по току, что позволяет точно определять длительность процесса электролиза и расширяет возможность его автоматизации.

Свойства покрытий зависят от условий протекания процесса, определяемых концентрацией

Режим работы при железнении на постоянном токе

Номер электролита	1	2	3
Температура, К	333—343	253—263	223—253
Кислотность, рН	1	11,5	1
Плотность тока, А/дм ²	до 40	20 — 80	10 — 80
Скорость осаждения, мкм/мин	6,5	3 — 5	2,2 — 10

соли железа. C_{Me} , плотностью тока D_k , температурой электролита. T и, его кислотностью pH , а также наличием в нем добавок. Увеличение содержания солей кислоты в электролите сопровождается относительно небольшим снижением микротвердости покрытий, однако оказывает существенное влияние на структуру осадков и выход по току, что необходимо

учитывать в практике восстановления деталей электролитическим железнением в горячих электролитах.

Составы электролитов для железнения на постоянном токе приведены в табл. 10.8.

Весьма эффективным и перспективным в ремонтном производстве является использование

Таблица 10.8. Составы электролитов для железнения

Компоненты электролита	Состав электролита, кг/м ³		
	1	2	3
Хлористое железо	200—250	600—650	400—450
Соляная кислота	2 — 3	2,0 — 2,5	0,6 — 0,8

гальванического холодного железнения с применением нестационарных электрических режимов, обладающего рядом преимуществ по сравнению с железнением в горячих электролитах на постоянном токе, а именно: высокой универсальностью, т. е. возможностью

получения осадков железа различной твердости без изменения температуры электролита и его состава; упрощением конструкции ванн из-за отсутствия необходимости подогрева электролита; улучшением условий труда из-за снижения количества испарений с поверхности электролита; низкой стоимостью. При этом в электрических схемах установок применяют переменный ток (рис. 10.9).

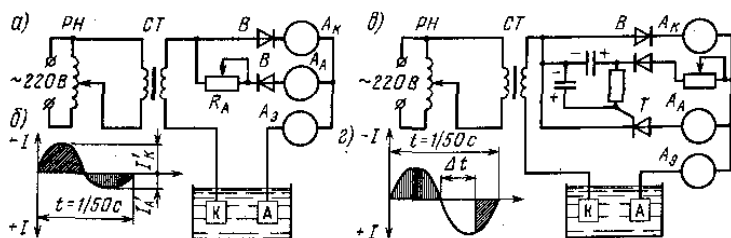


Рис. 10.9. Электрические схемы питания установок для железнения с применением нестационарных электрических режимов и графики изменения катодного и анодного импульсов тока (б и г): а — на асимметричном токе; б — на пульсирующем токе; РН — регулятор напряжения; СТ — сетевой трансформатор; В — вентили; А_к, А_а, А_з — амперметры; R_а — реостат анодной составляющей тока; К — катод (деталь); А — анод; Т — тиристор

При железнении с применением нестационарных электрических режимов импульс анодного тока разрушает

прикатодную пленку, богатую вредными включениями (например, гидроокисью железа) и имеющую пониженную концентрацию ионов двухвалентного железа. В связи с этим снижается поляризация электродов и уменьшается количество инородных включений в покрытии, т. е. улучшается его качество. Снижение поляризации электродов позволяет увеличить применяемую плотность тока и таким образом повысить производительность процесса. Применение нестационарных электрических режимов при железнении повышает также равномерность толщины, покрытия, так как анодная составляющая тока при растворении металла покрытия снимает его прежде всего с выступающих частей.

Основными факторами, влияющими на свойства осадков железа из холодных хлористых электролитов при использовании асимметричного переменного тока, являются катодная плотность тока и коэффициент асимметрии p .

Асимметричный переменный ток улучшает сцепляемость покрытия с основным металлом, благодаря возможности постепенного повышения твердости осадка железа. Вначале в течение 2 — 3 мин осаждают слой с невысокой твердостью (1960 — 2450 МПа), с ненапряженной решеткой, который сцепляется значительно прочнее с основным металлом, чем твердый слой с большими внутренними напряжениями растягивающего типа. Затем твердость постепенно увеличивают, повышая катодно-анодное отношение — коэффициент. Таким образом, изменением катодно-анодного отношения (уменьшением анодной составляющей) можно в одной ванне получить осадки различной твердости.

Коэффициент асимметрии p^1 влияет также на структуру покрытия. Микроструктура железа, осажденного при $p = 2$, представляет собой мелкие зерна, микротрещины в осадке отсутствуют. При $p = 4$ структура слоя железа мелкозернистая с наличием небольшого количества микротрещин. Появление микротрещин свидетельствует о напряженном состоянии кристаллической решетки электролитического железа, испытывающей напряжение растягивающего типа. В результате этого происходит повышение твердости. При $p = 6$ микроструктура аналогична предшествующей, однако количество трещин заметно увеличивается, а микротвердость повышается. При $p = 8 — 12$ структура приобретает очень мелкозернистый характер с большим числом микротрещин. Твердость при этом достигает 5880 — 6000 МПа. Зависимость твердости электролитического железа от коэффициента асимметрии p показана на рис. 10.10.

Вторым фактором, влияющим на твердость и износостойкость электролитического железа, является катодная плотность тока, с повышением которой при неизменном коэффициенте асимметрии p твердость осадка возрастает.

Таблица 10.9. Различие в свойствах чистых металлов и металлов с гальваническим покрытием

Характеристика образцов	Пределы	Относительный	Относительный	Сопротивление	Ударная вязкость.
		ительн	ительн	тивлен	

	пропорциональности. МПа	текучести, МПа	прочности, МПа	выносливости, МПа	отношение удлинения, %	отношение сужения, %	отношение срезу, МПа	КДж/м ²
Сталь 45 нормализованная	392,0	409,8	682,0	290,0	22,0	47,5	57,6	917
Сталь 45 нормализованная + твердое электролитическое железо (толщина слоя 0,1 мм)	401,0	415,0	656,0	240,0	18,0	29,0	499,0	903

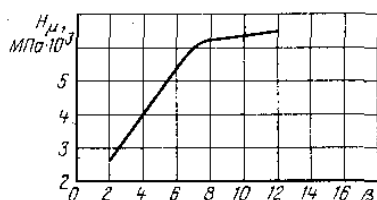


Рис. 10.10. Изменение твердости осадка H_{μ} железа в зависимости от коэффициента асимметрии β при плотности тока $i_k = 20 \text{ А/дм}^2$

Состав электролита и режимы электролитического железнения на асимметричном переменном токе приведены ниже:

Состав электролита в килограммах на метр кубический (кг/м³)

Хлористое железо $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$... 400

Соляная кислота HCl 1,5 — 20

Режим работы при железнении на асимметричном переменном токе

Плотность тока I_k , А/дм² 20

Выход по току, %..... 80 — 90

Температура электролита, К 293

Детали восстановленные электролитическим железнением, представляют собой биметаллы, свойства которых существенно отличаются от свойств металлов (табл. 10.9). Это обстоятельство необходимо учитывать при выборе номенклатуры деталей, подлежащих восстановлению нанесением гальванических покрытий.

10.5. ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Назначение покрытия. Защитно-декоративные покрытия применяют в ремонтном производстве для защиты деталей от коррозии и придания им эстетического внешнего вида.

Наибольшей стойкостью обладают четырехслойные покрытия, которые получают последовательным нанесением слоев никеля, меди, никеля и хрома. Первый слой никеля толщиной не более 5 мкм обеспечивает высокую прочность сцепления покрытия с деталью. Слой меди толщиной до 30 мкм имеет небольшую пористость и обеспечивает хорошую защиту от проникновения коррозионной среды. Второй слой никеля (20 мкм) придает покрытию красивый

внешний вид, а очень тонкий (1 — 2 мкм) полупрозрачный слой хрома защищает его от механических повреждений.

Электролитическое меднение. Медь—мягкий, пластичный, легко полирующийся металл. Плотность

ее —8,9 г/см³, температура плавления— 1356 К. В химических соединениях медь может быть одно и двухвалентной. Активно реагирует с азотной, серной и хромовой кислотами. Соляная кислота слабо действует на медь, особенно при нагревании. Щелочи, за исключением аммиака, почти не действуют. Нормальный потенциал меди + 0,34 В. Разность потенциалов меди и железа значительная, поэтому сталь с медным покрытием при его повреждении корродирует быстрее, чем сталь без покрытия. Как самостоятельное покрытие меднение применяется редко.

Электролитическое меднение в ремонтном производстве имеет следующие области применения: восстановление натяга в сопряженных деталях (меднение наружной поверхности вкладышей подшипников коленчатого вала); восстановление размеров деталей (меднение втулок по наружной поверхности с последующим их обжатием); улучшение плавности зацепления и облегчение приработки (меднение червяков, зубьев шестерен); защита поверхностей деталей и инструмента, не подлежащих цементации; получение промежуточного слоя при защитно-декоративных покрытиях стальных и цинковых деталей.

На ремонтных предприятиях широко применяют серноокислые холодные электролиты, состоящие из водного раствора медного купороса $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (200 — 250 кг/м³) и серной кислоты H_2SO_4 (50 — 75 кг/м³). Покрытие наносят при помощи растворимых медных анодов при режиме: плотность тока — 2 — 4 А/дм², температура электролита —291 — 293 К, выход по току равен 98—100 %.

Недостаток этих электролитов — невозможность непосредственно покрывать медью железо, цинк и их сплавы. При погружении последних в кислый электролит на их поверхности контактно выделяется медь, которая плохо сцеплена с основой и обладает большой пористостью. Поэтому при меднении стальных деталей предварительно наносят на них тонкий подслоя никеля или меди в пирофосфорном или цианистом электролитах.

Толщина медных покрытий зависит от их назначения. Так, толщина для придания притирочных свойств поверхностям деталей, а также для шестерней и других зубчатых соединений равна 18 — 24 мкм(до 30 мкм), для защиты деталей от науглероживания при цементации — 48—60 мкм, в качестве подслоя при никелировании и хромировании — 6 — 20 мкм.

Электролитическое никелирование. По физическим и химическим свойствам никель близок к железу. Никель химически стоек против атмосферного воздуха, щелочей и органических кислот. В серной и соляной кислотах он растворяется медленно, а в азотной — быстро. Никелевые покрытия хорошо полируются до зеркального блеска и приобретают красивый декоративный вид. При введении в электролит блескообразователей удается получить блестящие покрытия без полировки.

Тонкие (до 25 мкм} никелевые покрытия обладают пористостью, которая уменьшается с увеличением толщины слоя.

По отношению к железу никель имеет менее электроотрицательный потенциал, т. е. является катодным покрытием. Поэтому стальные изделия защищают никелем от коррозии только тогда, когда в покрытии нет пористости и не покрытых никелем мест на поверхности детали. Толщина слоя никеля, при которой покрытие становится практически беспористым, — 25 — 30 мкм. Процесс никелирования осуществляется при комнатной температуре электролита, плотности тока — 1 А/дм² и выходе потока — 90 — 95%.

Состав электролита: сернокислый никель NiSO₄ — 140 кг/м³; сернокислый натрий Na₂SO₄ — 50 кг/м³; борная кислота H₃BO₃ — 25 кг/м³; хлористый натрий NaCl — 5 кг/м³; сернокислый магний MgSO₄ — 10 кг/м³. Никелирование алюминия и его сплавов требует предварительной подготовки поверхности, включающей в себя травление и осветление в 15 — 20 %-ном растворе азотной кислоты для удаления примесей и легирующих добавок железа, марганца, меди и других металлов, не растворимых в щелочи. Затем проводят химическую обработку в растворе состава:

Сернокислый цинк (в пересчете
на металл), кг/м³ 2 5 — 30
Едкий натр (каустик), кг/м³ 120 — 140
Режим обработки:
Температура, ° С 15 — 20
Время, с 30 — 40

Цинкатная обработка обеспечивает высокую прочность сцепления никеля с алюминием и его сплавами.

Существует электролит для прямого никелирования алюминия без какой-либо специальной подготовки. Травление выполняют в щелочи, а осветление — в азотной кислоте, затем загружают с выдержкой 1 — 2 мин без тока в электролит следующего состава, кг/м³:

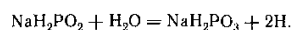
Сернокислый никель 200
Борная кислота 25
Фтористый натрий 2
Пиросульфат калия 2

Режим прямого никелирования:
Температура, ° С 50
Кислотность, pH 4,5 — 5,4
Катодная плотность тока, А/дм² 1 — 1,5
Выход металла по току 90 %

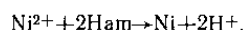
Никелевые покрытия можно получить также химическим путем. При химическом никелировании можно получить более равномерные осадки на деталях сложной конфигурации.

Эти покрытия обладают повышенной твердостью и износостойкостью, имеют небольшую пористость и достаточно высокие декоративные свойства. Однако химическое никелирование дороже электролитического.

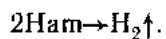
В основе процесса химического никелирования лежит реакция взаимодействия гипофосфита натрия с ионами никеля. В водном растворе гипофосфит натрия подвергается гидролизу с образованием фосфита натрия и атомарного водорода:



Атомарный водород, адсорбированный на поверхности покрываемого металла, восстанавливает ионы никеля:



Одновременно атомарный водород взаимодействует с атомами H_2PO_2^- и H_2PO_3^- , восстанавливая фосфор, который включается в образуемое никелевое покрытие. При химическом никелировании всегда выделяется водород:



Химическое никелирование проводят в растворе следующего состава, кг/м³: хлорид никеля — 45; хлорид аммония — 50; гипофосфит натрия — 20 %, цитрат натрия — 45. Кислотность раствора — 5,5; температура — 78 — 82 °С, производительность процесса — 15 — 20 мкм/ч.

После нанесения покрытия проводятся двукратная промывка деталей в проточной воде и их термическая обработка при температуре 40и°С с течение 1 ч. При этом образуется соединение Ni_3P , обладающее высокой твердостью; покрытие приобретает мелкозернистую структуру и повышенную сцепляемость с основным металлом.

Цинкование. Покрытие цинка применяют для защиты изделий из черных металлов (листов, труб, проволоки, деталей станков, автомобилей, тракторов, приборов, крепежных изделий) от коррозии. В ремонтном производстве их используют для защиты от коррозии крепежных деталей. Основные преимущества электролитического метода цинкования:

высокая степень чистоты цинка, зависящая главным образом от чистоты анодов и реактивов, применяемых для составления ванн;

высокая химическая стойкость цинковых покрытий, полученных электролизом, обусловленная чистотой осадка;

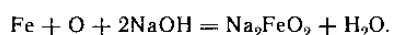
малый расход цинка, обусловленный возможностью точного регулирования количества цинка и толщины покрытия;

хорошие механические свойства покрытия (эластичность, сцепляемость с основой), достаточно высокая стойкость против коррозии в условиях тропического климата.

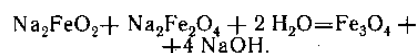
При цинковании наиболее распространены сернокислые электролиты следующего состава, кг/м³: сернокислый цинк — 200 — 250, сернокислый аммоний — 20 — 30, сернокислый натрий — 50 — 100 и декстрин — 8—12. Покрытие наносят в специальных вращающихся барабанах или

колодках при комнатной температуре электролита и плотности тока $3 — 5 \text{ А/дм}^{11}$. Выход по току составляет 92 %, толщина слоя — 3 — 40 мкм.

Оксидирование. Оксидирование черных металлов применяют для защиты их от коррозии, а также для придания поверхности красивой окраски. Для получения оксидной пленки на поверхности стали применяют химическую обработку изделий в щелочных или кислых растворах: электрохимическую обработку изделий на аноде, проводимую в щелочи или хромовой кислоте, термическую обработку при относительно высокой температуре. Наиболее распространено химическое оксидирование в горячих растворах едкого натра с добавкой окислителей. В процессе оксидирования сталь растворяется с образованием соли Na_2FeO_2 :



При большом содержании окислителя Fe^{2+} окисляется до Fe^{3+} , и Na_2FeO_2 переходит в $\text{Na}_2\text{Fe}_2\text{O}_4$. Эти две соли взаимодействуют между собой:



При этом на поверхности детали образуется оксидная пленка толщиной 0,6 — 1,5 мкм, которая имеет высокую прочность и надежно защищает металл от коррозии. Оксидированию подвергают нормали и некоторые детали арматуры кузова.

Оксидирование выполняют в растворе следующего состава, кг/м^3 : едкий натр — 700 — 800 с добавкой в качестве окислителей 200 — 250 азотнокислого натрия и 50 — 70 азотистокислого натрия при температуре раствора 140 — 145 ° С с выдержкой 40 — 50 мин. После такой обработки детали промывают в воде и, для того чтобы закрыть поры в покрытии, пропитывают в машинном масле при температуре 110 — 115 ° С.

Фосфатирование. Фосфатированием называется химический процесс создания на поверхности деталей защитных пленок толщиной от 8 до 40 мкм, состоящих из нерастворимых солей фосфора, марганца и железа. Защитная способность фосфатных пленок выше, чем оксидных, получаемых при щелочном оксидировании стали. Фосфатные покрытия применяют для защиты от коррозии, в качестве грунта при окраске деталей кузова, для уменьшения трения и улучшения прирабатываемости деталей.

Для получения фосфатных покрытий используют препарат Мажеф, который представляет собой смесь од-нозамещенных солей ортофосфорной кислоты, железа и марганца: $\text{Fe}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, $\text{Mn}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, MnHPO_4 и имеет следующий химический состав, %: 2,4 — 2,5 Fe; 14 Mn; 46—52 фосфатов (в пересчете на P_2O_5), 1,0 SO_4^{2-} , следы CaO, Cl^- и I — 2 воды.

Наиболее эффективно процесс фосфатирования протекает в растворе с концентрацией препарата Мажеф 30 — 33 кг/м^3 при температуре 96 — 98 ° С. Продолжительность — 30 — 50 мин.

Для повышения производительности и уменьшения температуры разработан процесс ускоренного фосфатирования с использованием ванны следующего химического состава,

кг/м³: препарат Мажеф — 30 — 40; Zn(MO₃)₂·6H₂O — 50 — 65; NaF 2— 5. Температура — 45 — 65 ° C, продолжительность процесса — 8 — 15 мин.

10.6. ВНЕВДННЫЕ И БЕЗВАННЫЕ СПОСОБЫ НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Научно-технический прогресс, успехи науки и практики в области гальванотехники нашли отражение в ремонтном производстве. В частности, стали более широко использоваться гальванические процессы восстановления деталей вневанными методами.

Струйные и проточные способы хромирования деталей характеризуются принудительной циркуляцией электролита, что обеспечивает повышение производительности процесса в 3,5 — 4 раза по сравнению с обычным хромированием, высокую равномерность покрытия по всей поверхности и толщину его до 1 мм на сторону, позволяет наращивать детали "в размер" без последующей механической обработки, снижать насыщенность осадка и основного металла водородом, существенно улучшить качество электролитических слоев. Помимо перечисленных достоинств, проточное и струйное железнение, проточные и струйные методы нанесения хрома, благодаря интенсивному обновлению электролита, удалению газообразных продуктов электролиза из анодно-катодного пространства, а также равномерному распределению тока повышенной плотности, способствуют получению мелкодисперсной структуры, осадков с повышенной твердостью, снижению в них остаточных напряжений. В связи с этим усталостная прочность деталей, восстановленных струйным и проточным хромированием по сравнению с деталями без покрытий, снижается только на 4 — 5 %.

При восстановлении крупногабаритных деталей сложной конфигурации (блоки цилиндров, корпуса коробок передач и задних мостов, коленчатые валы и др.) возникают трудности. Они связаны с изоляцией мест, не подлежащих покрытию (площадь их поверхности в десятки раз превышает покрываемую площадь), сложной конфигурацией подвесных устройств, необходимостью иметь ванны больших размеров, быстрым загрязнением электролитов и др.

Для восстановления таких дефектов деталей, как, например, восстановление размеров отверстий под подшипники в корпусах и корпусных деталях, применяют вне ванный способ. Сущность вне ванного способа нанесения гальванических покрытий заключается в том, что при помощи специальных прижимных приспособлений из восстанавливаемых поверхностей детали образуется электролитическая ячейка, в которую заливают электролит. По центру образовавшейся емкости помещается анод. Восстанавливаемая деталь и анод подключаются к соответствующим клеммам источника тока. Данный способ является весьма эффективным при восстановлении отверстий в корпусных деталях или внутренних поверхностях других деталей.

Для восстановления гальваническим способом изношенных посадочных отверстий в гнездах

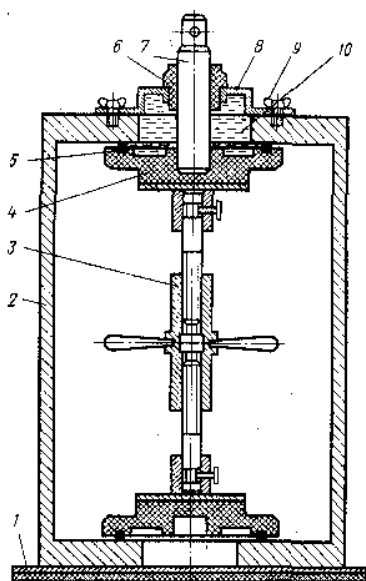


Рис. 10.11. Приспособление для врезанного железнения отверстия под подшипник в картере коробки передач:
1 — стол; 2 — картер; 3 — прижим; 4 — текстолитовый диск; 5 — резиновая прокладка; 6 — эбонитовая втулка; 7 — анод; 8 — планка; 9 — винт; 10 — электролит

под подшипники качения картер коробки передач устанавливают на стол (рис. 10.11) и создают ячейки на том отверстии, которое подлежит восстановлению. Для этого текстолитовый диск с резиновой прокладкой прижимают прижимом к внутренним поверхностям коробки передач и устанавливают планку с эбонитовой втулкой под анод, которая крепится к картеру двумя винтами, входящими в резьбовые отверстия крепления крышки подшипника. Анод устанавливают по центру восстанавливаемого отверстия, в которое заливают электролит. После окончания процесса железнения электролит резиновой грушей отсасывают из ячейки, извлекают анод и снимают планку. Картер переустанавливают для восстановления противоположного отверстия.

К безваннным способам гальванического осаждения металлов относятся: струйный, в проточном электролите и электронатирием. Все они позволяют местно наносить покрытия на деталь без погружения их в ванну и особенно эффективны для крупногабаритных деталей.

При гальванических присоединяется к На нее через к положительному струя электролита, наполняет

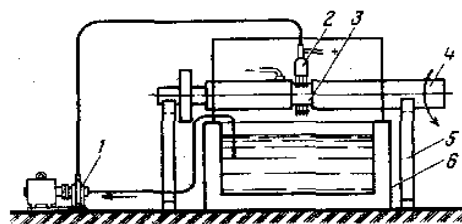


Рис. 10.12. Схема установки для струйного хромирования:
1 — насос; 2 — свинцовый наконечник; 3 — хромируемая шейка детали; 4 — деталь; 5 — подставка для установки детали; 6 — ванна

струйном способе нанесения покрытий восстанавливаемая деталь отрицательному полюсу источника тока. специальную насадку, присоединенную полюсу — аноду, непрерывно подается который в течение всего процесса за- сохраняемый постоянным промежутком

между деталью и анодом. Постоянный ток, пропускаемый от генератора через анод и деталь, замыкается в единую цепь электролитом (рис. 10.12). Для равномерного покрытия всей восстанавливаемой поверхности деталь или насадку не бходимо в период нанесения покрытия вращать с частотой вращения 2—6 мин⁻¹.

Преимуществами струйного способа являются:

возможность восстанавливать крупногабаритные детали с использованием постоянного тока малой мощности;

малые габариты установки и возможность ее изготовления в переносном исполнении, что особенно ценно при восстановлении крупных деталей;

эффективная возможность контролировать процесс осаждения во время работы;

относительная легкость нанесения покрытия;

увеличение выхода по току и расширение диапазона получения блестящих осадков;
отсутствие надобности в большом количестве электролита.

Метод струйного нанесения покрытий по своей технологичности дает возможность ввести операцию нанесения покрытия в единую линию технологического процесса с использованием электролитов, применяемых в гальванике.

Проточный способ нанесения гальванических покрытий заключается в том, что в зоне восстанавливаемой поверхности создается местная, ванна, через которую насосом прокачивают электролит. Аноды располагают внутри ванны (рис. 10.13).

Наибольшая производительность при проточном осаждении металлов достигается тогда, когда создается турбулентный режим течения электролита, который достигается при скорости протекания электролита более 1 м/с. В этом случае при определенных условиях плотность тока может быть увеличена в 10 раз и более (при железнении до 300 — 500 А/дм²). Однако при турбулентном режиме возникают серьезные трудности (необходимы тщательная герметизация ячейки, специальный насос и т. д.). Поэтому при железнении внутренних поверхностей деталей в ваннах (например, отверстий шатунов) для создания

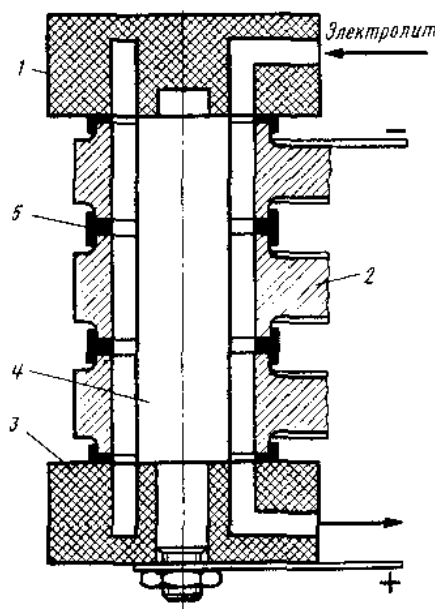


Рис. 10.13. Восстановление нижних головок шатунов железнением в проточном электролите: 1 — верхняя плита; 2 — шатуны; 3 — нижняя плита; 4 — анод; 5 — уплотнительные прокладки

турбулентного режима вместо протекания электролита его интенсивно перемешивают перфорированной пластмассовой втулкой. Она расположена между анодом и деталью и вращается с окружной скоростью 1,2 — 1,5 м/с. Катодная плотность тока достигает 200 А/дм², а скорость осаждения покрытий — 2 мм/ч. Сущность электролитического натирания заключается в электроосаждении металла из микрованны, образуемой в зоне контакта покрываемой детали с анодом, обернутым адсорбирующим материалом, пропитанным электролитом. В качестве материала используются войлок, фетр, сукно и др. Конструктивное исполнение анодных головок представлено на рис. 10.14.

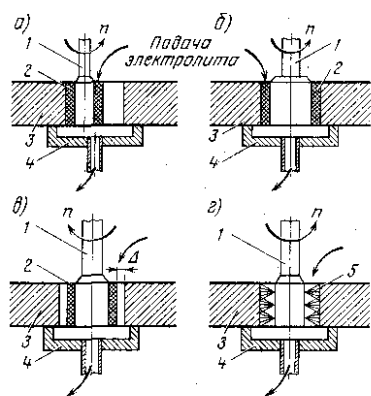


Рис. 10.14. Схема осаждения металла контактным способом: 1 — анодная головка; 2 — тампон; 3 — деталь; 4 — сборник электролита; 5 — щетка; n — частота вращения; Δ — зазор между тампоном и деталью

Наиболее удачными являются конструкции анодных головок, приведенные на рис. 10.14, виг, поскольку электролиз с анодными головками, показанными на позициях рис. 10.14, о и б, протекает нестабильно, адсорбирующая ткань заполняется шламом, который проникает в

покрытие. Ткань изнашивается быстрее, что часто приводит к замыканию электрической цепи и нарушению процесса.

Процесс с анодными головками, показанный на рис. 10.14, в, протекает при скорости потока электролита 0,5— 1,5 м/с с одновременным вращением анодной головки с частотой 60— 100 мин⁻¹ в зависимости от ее диаметра и межэлектродном зазоре 1,1 — 3 мм. Зазор уменьшается по мере увеличения толщины покрытия.

Минимальное его значение ограничивается толщиной натирающего тампона.

Электролиз с анодными головками, показанный на рис. 10.14, г, при восстановлении опор коренных подшипников блока цилиндров ЗИЛ-130 протекает при частоте вращения анода 0,7 с⁻¹, скорости потока электролита — 1,2 — 2 мм/с и его расходе — 8,4 — 13,4 м³/с. Тампон при этом выполнен в виде круглой щетки из капроновых нитей, что обеспечивает механическую активацию поверхности, способствует уменьшению дендрито-образования и уплотнению структуры осаждаемого металла.

10.7. ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

Нанесение гальванических покрытий осуществляется в ваннах, которые делятся на стационарные, колокольные и барабанные.

Стационарные ванны представляют собой прямоугольные ил и круглые резервуары, сваренные из листовой стали толщиной 4 — 5 мм. Для защиты стенок ванн от действия электролита и предотвращения загрязнения электролита продуктами растворения стенок внутренние поверхности ванн футеруют. Выбор материала футеровки зависит от состава и температуры рабочего раствора. Используемый в качестве футеровочного материала свинец стоек к концентрированной серной, сернистой, фосфорной, хромовой и холодной плавиковой кислотам, к концентрированной уксусной, щавелевой и винной кислотам (к двум последним — только при отсутствии кислорода), а также к водопроводной не слишком мягкой воде; не стоек к соляной, разбавленной азотной (менее 70 %), уксусной (в присутствии кислорода) кислотам; мало стоек к едким щелочам и сильно растворяется в известковой воде при доступе кислорода. Заметно растворяется в дистиллированной воде в присутствии кислорода.

Из пластических масс для футеровки применяют листовой винипласт. Температурный интервал его применения — 0 — 60 °С; при температурах ниже нуля его хрупкость возрастает. Листовой винипласт нестойк к действию ароматических и хлорированных углеводородов, кетонов, сложных эфиров и концентрированной азотной кислоты. Менее распространен и на 10°С более термостоек полихлорвиниловый пластикат. Он устойчив во всех обычных гальванических электролитах, включая хромовый и травильный (серноокислый) при температурах до 70°С и выше, хотя при продолжительной работе и температуре выше 70°С заметно коробится.

Ванны для хромирования футеруют армированным стеклом (рис. 10.15) толщиной 5,5 мм с запрессованной в него проволоочной стальной сеткой.

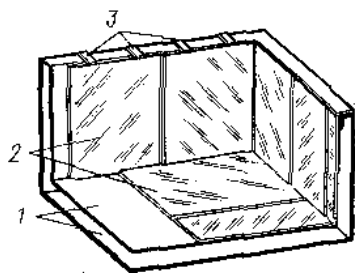


Рис. 10.15. Футеровка хромировочной ванны армированным стеклом:
1 — хромировочная ванна (с водяной рубашкой); 2 — листы армированного стекла; 3 — скобки, крепящие верхние края вертикально стоящих листов стекла

Стационарные ванны, применяемые для растворов, выделяющих вредные испарения, снабжены двусторонними секционными отсосами с дроссельными заслонками. Подобная конструкция бортовых отсосов обеспечивает достаточно хорошие санитарно-гигиенические условия труда. Количество вытяжных секций принимают из следующего расчета: одна секция на 0,7 — 0,8 м длины ванны.

Иногда для улучшения эффективности отсоса воздуха применяют опрокинутые бортовые отсосы.

Ванны, потребляющие электрический ток, устанавливают на опорных изоляторах, а остальные — на подставках из железа. Ванны с паровым нагревом снабжают змеевиками или барботерами из труб. Последние располагают либо на дне ванны, либо у вертикальной стенки ее нерабочей стороны. Расположение змеевиков у стенки ванны предпочтительнее, так как оно упрощает очистку ванны. В кислых электролитах змеевик изготавливают из титана, свинца или освинцованной стальной трубы. В качестве барботеров применяют также змеевики из пластмассы. Ванну для хромирования нагревают при помощи

пароводяной рубашки, образуемой между двумя ваннами, вставленными одна в другую.

Таблица 10.10. Основные параметры и размеры стационарных ванн (по нормам НИИХиммаша)

Но- мер ванны	Рабочий объем, л		Внутренние размеры ванны, м		
	для хромиро- вания и дру- гих процессов с перемеши- ванием элект- ролита	для всех ос- та- ль- ных про- цессов	Дли- на	Ши- рина	Высо- та
1	60	80	500	400	500
2	120	150	600	500	600
3	280	330	800	600	800
4	360	420	1000	600	800
5	480	560	1000	800	800
6	580	670	1200	800	800
7	720	840	1500	800	800
8	1080	1200	1500	900	1000
9	1440	1640	2000	900	1000
10	1800	2000	2500	900	1000

Основные размеры и параметры стационарных ванн указаны в табл. 10.10. Для навешивания деталей в ванне и подвода к ним электрического тока используют подвесочные приспособления (рис. 10.16).

Колокольные ванны применяют для нанесения покрытий на мелких деталях. Характеристики колокольных ванн приведены в табл. 10.11. Эти ванны изготавливают из изолирующих материалов: эбонита, винипласта или гуммированной стали (в форме

усеченного конуса) и устанавливают на двух чугунных стойках. К одной из них прикрепляют кронштейн, поддерживающий электродвигатель с червячным редуктором, который связан с колоколом посредством зубчатых колес. Ток подводят к деталям (катоде) металлическими щетками, трущимися о медное кольцо, укрепленное в дне колокола. Отсюда ток передается к покрываемым деталям через медные болты, проходящие через дно колокола и соединяющиеся с

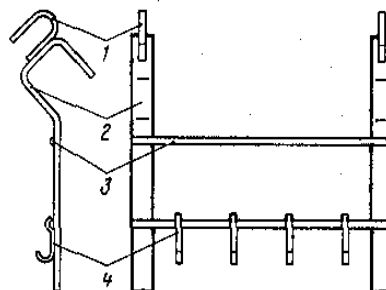


Рис. 10.16. Подвесочное приспособление:
1 — ручка-крючок, приваренная к подвесному крюку;
2 — подвесной крюк; 3 — ручка-перекладина, приваренная между подвесными крюками; 4 — крючки-контакты для подвески деталей

**Т а б л и ц а 10.11. Техническая
характеристика колокольных ванн**

Показатели	Ванны	
	Перенос- ная	Стацио- нарная
Мощность электродвигате- ля, кВт	0,10	0,25
	0,15	0,35
	0,15	0,50
Диаметр колокола, мм: нижний	190	450
	250	500
	300	600
	160	300
	175	350
	200	400
Глубина колокола, мм	190	450
	260	500
	300	600
Объем, л: колокола	5	50
	10	70
	15	120
электролита на одну загрузку	3	35— 40
	5	35— 40
	8	60— 70
одной загрузки	0,75—1	10
	1— 1,5	15
	1,5—2	15— 18
Сила тока, необходимая на загрузку, А	3—10	20— 30
	5— 15	25— 40
	10— 20	50— 75
Напряжение, В	6— 8	10— 12
	6— 8	10— 12
	6— 8	10— 12
Частота вращения ванны, об/мин	5— 15	5— 15
	5— 15	5— 10
	5— 15	5— 10

внутренними контактными пластинами. Часто практикуется также подача тока к деталям сверху при помощи гибкого провода с грузом, контактирующим с деталями. Анод представляет собой горизонтально или наклонно расположенную пластину, опускаемую в колокол на вертикальном стержне. Для придания колоколу необходимого наклона и для удобства разгрузки стационарных колокольных ванн имеется специальное приспособление из зубчатого сегмента с червячным зацеплением. Большие колокола при разгрузке наклоняют при помощи поворотного колеса или штурвала. При этом детали вместе с электролитом попадают на сетку; электролит стекает в специальную ванну, откуда снова поступает в колокол (рис. 10.17).

Ванны для никелирования и меднения оборудуют змеевиками для нагрева электролита паром.

Основными достоинствами колокольных ванн являются возможность наблюдения за процессом нанесения покрытия, возможность обработки весьма мелких деталей, а также простота загрузки и выгрузки покрываемых деталей. К недостаткам колокольных ванн относятся: потери электролита, связанные с переливанием; значительная продолжительность процесса покрытия из-за сравнительно

низкой силы тока (она лимитируется поверхностью анода); невозможность получения покрытий достаточной толщины.

Барабанные ванны изготовляют из винипласта, текстолита, органического стекла, целлулоида и других непроводящих материалов. Барабан погружают в ванну с электролитом и извлекают из нее специальным подъемником. Во время работы барабан вращается вокруг горизонтальной оси от электродвигателя через редуктор, установленный на кронштейне с наружной стороны ванны. Анодные пластины подвешивают на штанги, расположенные в ванне снаружи барабана.

Барабан можно разделить на две-три секции и одновременно осуществлять покрытие различных деталей. Барабаны больших размеров опускают и поднимают при помощи тельфера.

Применяют установки, в которых механизированы не только процесс покрытия изделий, но и последующая их промывка. В таких установках ванна с барабаном снабжена специальным перекидным устройством и рядом с ней установлена ванна для промывки. Из барабана детали выгружают на сетку, установленную на ванне. Характеристика

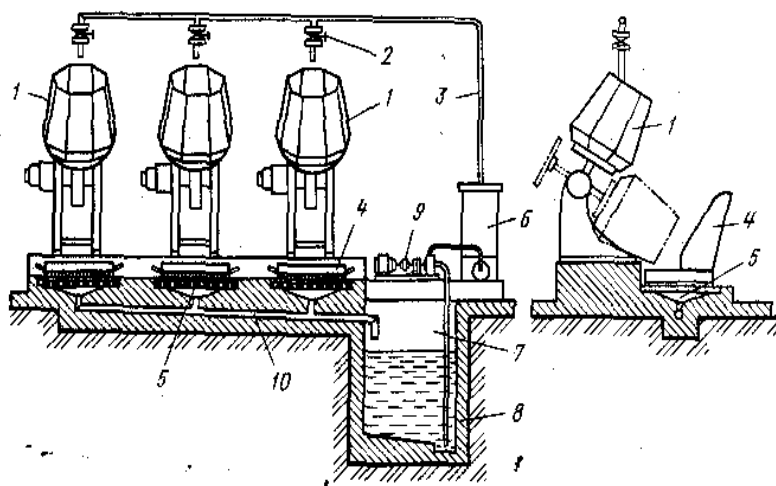


Рис. 10.17. Схема установки из трех колоколов с непрерывной фильтрацией электролита: 1 — корпус колокола; 2 — кран; 3 — распределительная труба; 4 — ящик для разгрузки деталей; 5 — люк для стока электролита; 6 — фильтр; 7 — колодец для сбора электролита; 8 — засасывающая трубка; 9 — насос; 10 — магистральная труба для стока электролита

ванн с барабанами приведена в табл. 10.12.

Преимущества барабанных ванн по сравнению с колокольными: большая скорость нанесения покрытий, постоянство состава электролита и меньшие потери его, возможность одновременно обрабатывать различные изделия, не смешивая их. К недостаткам барабанов следует отнести их сравнительную недолговечность. Кроме того, барабанные ванны необходимо регулярно очищать от застрявших деталей.

Восстановление деталей проточным железнением осуществляется на передвижной установке 0113-009 "Рем-деталь", которая состоит из ванны для приготовления электролита, устройства для его фильтрации и перекачивания. Устройство для фильтрации представляет собой центрифугу.

Техническая характеристика установки 0113-009 "Ремдеталь"

Производительность устройства для очистки электролита, дм /ч 18

Время приготовления порции электролита, ч. не более 28

Вместимость ванны для электролита, м 0,5

Способ нагрева электролита паровой

Температура нагрева электролита, К не менее 343

Установленная мощность, кВт 12,8

Габаритные размеры, мм:

установки 3500 X 2300 X 1800

устройства для фильтрации электролита 940 x 900 X 585

Масса, кг:

установки 750

устройства для фильтрации электролита 160

Для восстановления деталей электролитическим натиранием выпускается установка 0113-006 "Ремдеталь". Она представляет собой станок, состоящий из стола и консоли, на которой закреплен прижим механизма подъема анодной головки и привода ее во вращение. Многопозиционная анодная головка выполнена в виде крестовины и снабжена фиксатором для закрепления нижнего анода соосно отверстию восстанавливаемой детали. В головке имеются анододержатели со специальными для каждого технологического перехода анодами. Для смены анодов головку поворачивают относительно горизонтальной оси. Таким образом, все технологические переходы выполняются отдельными анодами на одном рабочем месте, что позволяет получать прочно сцепляющиеся осадки с основным металлом. Установка может работать в автоматическом режиме.

Техническая характеристика установки 0113-006 "Ремдеталь"

Производительность (при толщине наращиваемого слоя 1 мм), м²/ч .. 0,1

Скорость наращивания металла, мм/ч не менее 1,2

Размер восстанавливаемых отверстий, мм:

диаметр 40 — 160

высота 100—200

Установленная мощность, кВт 19,8

Вместимость ванны для электролита, л 100

Для снижения себестоимости восстановления деталей электрохимическим наращиванием,

Таблица 10.12. Техническая характеристика ванн с барабанами

Параметры	Барабан частичного погружения (на 1/3 диаметра)		Перекидной барабан	Барабан полного погружения	
	двухкамерный	трехкамерный		двухкамерный	трехкамерный
Ванна:					
длина, мм	550	550	900	970	1300
ширина, мм	600	600	800	550	620
глубина, мм	700	700	800	800	800
Объем электролита, л	150	150	400	250	550
Барабан:					
диаметр, мм	230	300	500	270	360
длина, мм	450	450	600	730	1000
			Круглый	Шестигранный	
			25	20	50
			40	30	60
			15	8 — 10	5 — 10
			0,5	0,15	0,25
			75	100 — 150	80 — 200
			12	10 — 12	8 — 12

улучшения качества покрытий и облегчения условий труда важное значение имеют разработка и внедрение в ремонтное производство автоматизации электролитических процессов. В процессе электролиза выход металла потоку и качество покрытия существенно изменяются в зависимости от колебания температуры электролита,

плотности тока и кислотности.

Автоматическое поддержание температуры электролита в заданных пределах достигается в результате применения различного рода термо-

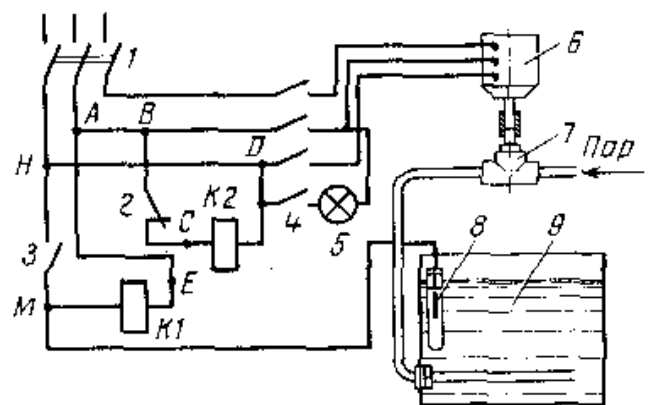


Рис. 10.18. Схема автоматического регулирования температуры электролита: 1 — рубильник; 2 — контакты промежуточного реле; 3 — контакты термометра; 4 — контакты магнитного пускателя; 5 — сигнальная лампа; 6 — магнит; 7 — паровой кран; 8 — датчик термометра; 9 — ванна; K1, K2 — катушки промежуточного реле

регуляторов. Схема автоматического регулирования температуры электролита в ваннах с пароподогревом показана на рис. 10.18. При включении рубильника замыкается цепь $ABCD$ и срабатывает магнитный пускатель, пропуская ток через катушки магнита.

Магнит открывает паровой кран, в результате чего пар поступает в систему подогрева ванны. Подогрев продолжается до тех пор, пока стрелка манометрического термометра, регистрирующего температуру электролита, не передвинется по шкале до заданного деления. После этого замыкаются контакты термометра и ток, проходя по цепи $AEMH$ через катушки промежуточного реле K_1 , размыкает контакты промежуточного реле K_2 , разрывая цепь $ABCO$. Паровой кран закрывается, и подогрев прекращается. При снижении температуры электролита ниже заданной стрелка термометра размыкает цепь $AEMH$, в результате чего паровой кран снова открывается для подачи пара в систему подогрева ванны.

Для автоматического регулирования катодной плотности тока используется установка, схема которой показана на рис. 10.19. Изменение плотности тока улавливается датчиками, размещенными в разных концах ванны, и преобразуется при помощи гальванометра в сигналы, которые действуют на блок управления источника постоянного тока. В результате срабатывает

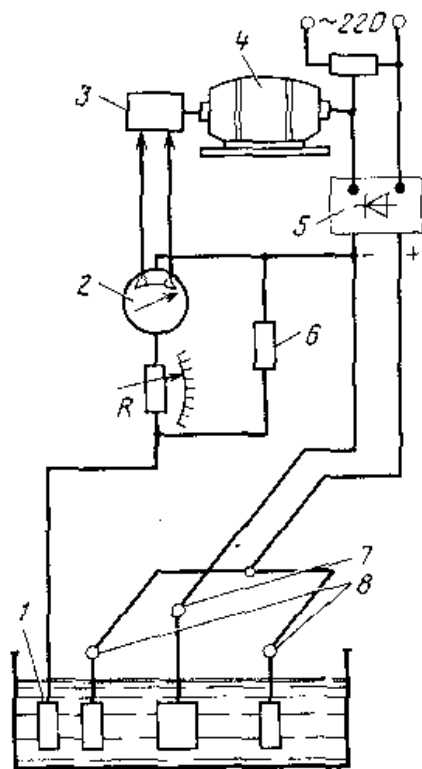


Рис. 10.19. Схема установки автоматического регулирования плотности тока:

1 — датчик; 2 — гальванометр; 3 — блок управления; 4 — двигатель; 5 — селеновый выпрямитель; 6 — реостат; 7 — катод; 8 — анод

контактная система высокочувствительного потенциометра, которая включает реверсивный двигатель, вращающий traversу регулятора напряжения до тех пор, пока на катоде не восстановится заданная плотность тока. Кислотность электролита регулируют при помощи pH-метра (рис. 10.20). Датчиком является сосуд из органического стекла, внутри которого смонтированы стеклянный электрод, каломельный полуэлемент и компенсатор температуры. Электродвижущая сила датчика изменяется в зависимости от кислотности электролита. Аэролифт обеспечивает непрерывную циркуляцию электролита через датчик. Скорость циркуляции составляет 250 мл/мин. Регулирующий pH-метр сконструирован на основе электронного потенциометра, применяемого в схемах автоматического измерения и регулирования

температуры. Измерительная часть pH-метра собрана по обычной потенциометрической схеме. Подвижной контакт потенциометра устанавливают на шкале pH-метра в соответствии с заданной кислотностью. Если кислотность pH электролита выше

заданной, то связанный с кареткой указатель pH замыкает контакт. При этом включается соленоид, открывающий зажим на трубке бутылки с подкисленной водой. Когда кислотность придет в норму, стрелка отойдет от контакта, и цепь автоматически отключается.

В Кишиневском сельскохозяйственном институте разработана установка для комплексного управления параметрами электрохимического процесса с целью получения заданных физико-механических свойств покрытий. Схема автоматического управления электролизом (по Ю. Н. Петрову) приведена на рис. 10.21.

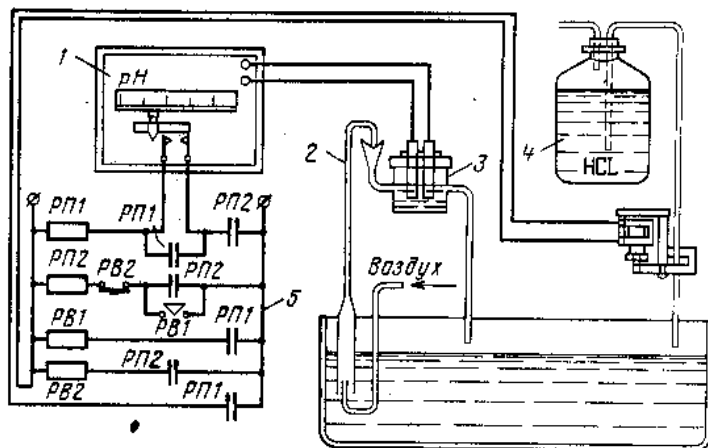


Рис. 10.20. Схема автоматического регулирования кислотности (pH) электролита: 1 — pH -метр; 2 — аэролифт; 3 — датчик; 4 — бутылка с кислотой; 5 — автоматический регулятор

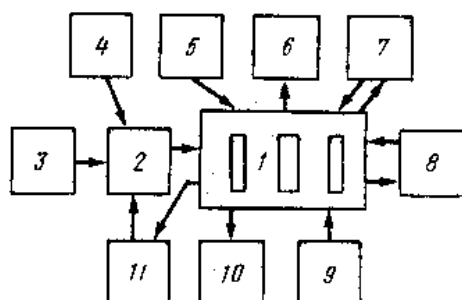


Рис. 10.21. Структурная схема автоматического управления процессом электролиза: 1 — ванна с электродами; 2 — источник тока; 3 — реле времени; 4 — реверс; 5 — термоэлемент; 6 — регулятор температуры; 7 — тепловое реле; 8 — регулятор кислотности; 9 — устройство для перемешивания электролита; 10 — регистрирующий прибор; 11 — регулятор плотности тока

Специально разработанную программу, учитывающую согласование параметров электролиза и свойств покрытия, закладывают в блок-схему. Electrodes 1 гальванической ванны питаются от источника

постоянного тока 2. На источник тока в зависимости от заданного режима воздействуют программный регулятор плотности тока 11, реверс 4 и блок реле времени 3. Термоэлементы 5 под действием регулятора 6 обеспечивают необходимый температурный режим ванны. Устройство для перемешивания электролита поддерживает постоянство температуры по всему объему ванны. Регулятор кислотности 8 следит за постоянством кислотности, а реле 7 — за уровнем электролита в ванне. Прибор 10 регулирует и записывает толщину покрытия.

10.8. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Восстановление деталей автомобилей гальваническими покрытиями имеет ряд характерных особенностей, заключающихся в отсутствии температурного воздействия на деталь, значительных по трудоемкости подготовительных операций, необходимости строгого выдерживания режимов электролиза и др. Рассмотрим особенности технологии на примере восстановления нижней головки шатуна.

В зависимости от сочетаний дефектов и применяемых способов их устранения шатуны можно восстанавливать по нескольким маршрутам, показанным на рис. 10.22.

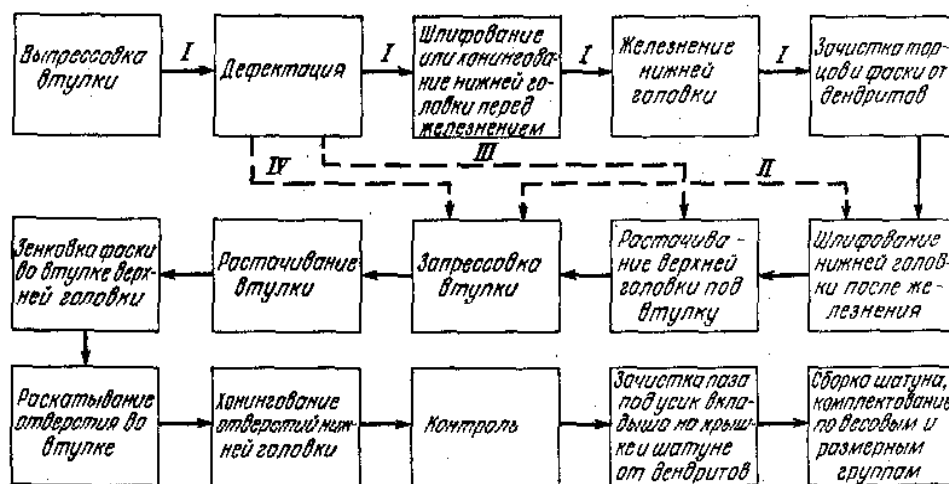


Рис. 10.22. Схема маршрутов I — IV технологического процесса восстановления шатунов

Восстановление нижней головки шатуна железнением осуществляют в такой последовательности: предварительная механическая обработка, электрохимическая обработка, нанесение покрытия требуемой толщины, механическая

обработка до номинального размера.

Вид предварительной механической обработки зависит от износа отверстия нижней головки шатуна. При износе более 0,1 мм выполняется шлифование "как чисто" на внутри-шлифовальном станке 3А228. Режим шлифования: частота вращения детали — 70 мин⁻¹; подача — 0,02 мм/дв.х; число проходов — 15; глубина обработки — 0,13 — 0,15 мм.

Если износ не превышает 0,1 мм, нижние головки шатунов перед железнением хонингуют на вертикально-хонинговальном станке 3Г-833 специальными головками с алмазными брусками АСМ 40/28. Режим хонингования: частота вращения шпинделя станка — 160 мин⁻¹, подача — 0,02 мм, число двойных ходов — 10; глубина обработки — 0,02 мм.

После предварительной механической обработки шатуны монтируют на подвесочное приспособление и обезжиривают в течение 3 — 5 мин в растворе следующего состава, г/л: углекислый натрий — 25 — 30; едкий натр — 30 — 50; тринатрийфосфат — 10 — 15; жидкое стекло — 5 — 10. Температура раствора — 50 — 70 °С; плотность тока 5 — 10 А/дм². После обезжиривания детали промывают в горячей (70 — 75 °С), а затем в холодной воде.

Электрохимическая обработка заключается в анодном травлении в течение 0,5 — 1 мин при температуре 18 — 25 °С и плотности тока 70 — 80 А/дм² в растворе, содержащем следующие компоненты, г/л: серную кислоту — 360 — 400 и сернокислое железо — 20 — 30.

Для железнения нижних головок шатунов используют следующий электролит, г/л: двухлористое железо — 200 — 250; хлористый марганец — 30 — 50; соляную кислоту — 1,0 — 1,5. Температура электролита — 65 — 80 °С; плотность тока — 15 — 20 А/дм². Продолжительность процесса зависит от износа. Шатуны загружают в ванну и прогревают без тока в течение 0,5 — 1,0 мин. Затем включают электрический ток и в течение 5 — 10 мин наносят покрытие при плотности тока 2 — 3 А/дм, после чего в продолжение 15 — 20 мин повышают плотность тока до требуемого значения и наносят покрытие необходимой толщины.

После железнения шатуны промывают в горячей воде и пассивируют в течение 1 — 2 мин в следующем растворе, г/л: азотнокислый натрий — 50 и технический уротропин — 30. Температура раствора — 60—70 °С. Затем шатуны опять промывают в горячей воде.

Для удаления дендритов на вертикально-сверлильном станке 2А135 шлифовальным кругом проводят зачистку торцов, а фрезой — зачистку фасок шатуна. Шлифование и хонингование отверстия нижней головки шатуна после нанесения покрытия выполняют на том же оборудовании при тех же режимах, что и предварительную обработку.

10.9. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Восстановление изношенных деталей гальваническим и химическим наращиванием материала, обладая рядом преимуществ в сравнении с другими способами восстановления,

требует решения ряда вопросов по исключению вредного воздействия технологических процессов на окружающую среду. Прежде всего это касается обезвреживания сточных вод на участках восстановления деталей гальваническими и химическими покрытиями.

В гальванических цехах образуются две группы сточных вод: отработанные концентрированные растворы, сбрасываемые периодически из основных ванн, и постоянно поступающие после промывки изделий сточные воды. Отработанные растворы сбрасываются в специальные вместимости для обезвреживания и затем — в соответствующую сеть канализации гальванического цеха.

По содержанию загрязнений сточные воды гальванических цехов делятся на три группы:

кисотно-щелочные воды, содержащие кислоты {серную, соляную, азотную, фтористоводородную), щелочи, ионы тяжелых металлов (меди, железа, цинка, никеля, кадмия, олова, свинца) и их соли, блескообразователи, рН стока от 1 до 10;

цианосодержащие воды, в состав которых входят свободный циан, комплексные цианистые соединения цинка, кадмия, меди, различные соли, блескообразователи; рН стока обычно больше 7;

хромсодержащие воды, в состав которых входят хроматы, трехвалентный хром, железо, медь, никель, цинк, кислоты; рН стока может изменяться от 1 до 7.

Основными способами очистки являются реагентный и ионообменный.

Реагентные способы очистки сточных вод основаны на реакциях нейтрализации, окисления, восстановления, коагуляции, осаждения, в результате которых токсичные соединения разрушаются с образованием малотоксичных соединений, которые в большинстве случаев выпадают в осадок. Эти способы применяют при высоких концентрациях по основному компоненту (от 50 — 70 до 200 — 1000 мг/л); они очень надежны при очистке от токсичных соединений при сложном составе примесей.

Цианистые соединения обезвреживают, окисляя циан до цианатов активным хлором в щелочной среде при рН=10-11. В качестве окислителей применяют гипохлорит натрия (NaOCl)

или кальция, жидкий хлор или хлорную известь. Возможно использование также озона, перманганата калия и сернокислого железа.

Обезвреживание хрома реагентным методом осуществляется восстановлением шестивалентного хрома до трехвалентного при помощи бисульфита, сульфита или железного купороса с последующим осаждением гидроокиси хрома щелочью или гашеной известью.

При небольших количествах сточных вод, содержащих шестивалентный хром, можно использовать метод восстановления на металлической стружке. Достоинством метода является простота установок и минимальный расход металла. Установка представляет собой ванну, заполненную обезжиренной стальной стружкой. При фильтровании сточной воды через стружку шестивалентный хром восстанавливается до трехвалентного. рН стоков -должна быть не выше 2,0 — 2,5. Дальнейшая очистка сто-

ков осуществляется совместно с кислотно-щелочным стоком.

Очистка кислотно-щелочных стоков реагентными методами заключается в доведении рН до 8,5—9 для нейтрализации стоков и осаждения гидроокисей металлов. Нейтрализация кислотно-щелочных стоков может происходить автоматически при их смешении, а также в результате добавки предварительно обработанных цианистых и хромсодержащих вод. Из нейтрализованных растворов происходит осаждение гидроокисей металлов.

Метод ионного обмена применяют при доочистке стоков с небольшим количеством загрязнений от солей хрома и примесей тяжелых металлов. Очищенную воду можно использовать в оборотном цикле. Метод ионного обмена (рис. 10.23) основан на последовательном выделении из стока катионов и анионов на ионитовых фильтрах. Промышленные стоки должны быть предварительно очищены от механических примесей, масла и органических и комплексных соединений. При фильтрации через катионитовый фильтр из раствора извлекаются все катионы, при фильтрации через анионитовый фильтр удаляются анионы.

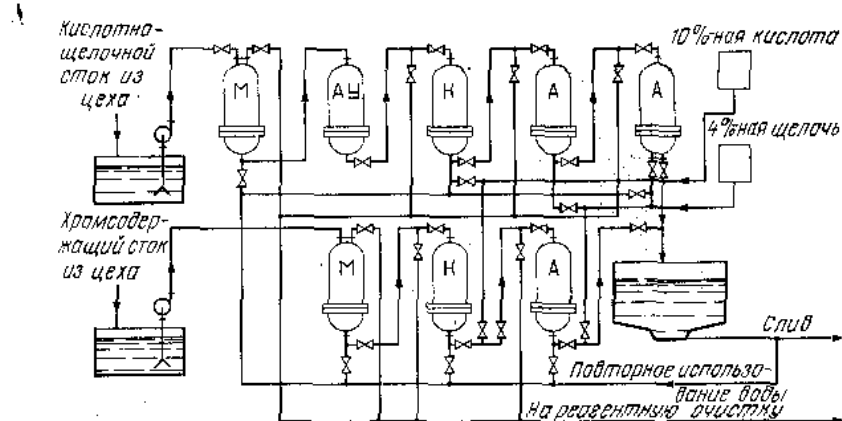


Рис. 10.23. Принципиальная схема очистки стоков методом ионного обмена:
М — механический фильтр; АУ — фильтр с активированным углем; К — катионитовый фильтр; А — анионитовый фильтр

Глава 11 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ СИНТЕТИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ

11.1. ХАРАКТЕРИСТИКА СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

В ремонтном производстве нашли широкое применение полимерные материалы и синтетические клеи. Их достоинства в том, что они обладают значительной прочностью, хорошей химической стойкостью, износостойкостью и высокими антифрикционными свойствами. Недостаток — малая усталостная прочность и низкая тепловая стойкость отдельных материалов. Полимерные материалы применяют для заделки в деталях вмятин, трещин, пробоев, раковин, для изготовления быстроизнашиваемых деталей или отдельных частей.

Различают термореактивные и термопластические материалы.

Термореактивные полимерные материалы (реактопласты) характеризуются тем, что при переходе под действием тепла в пластическое состояние подвергаются необратимым процессам, т. е. их нельзя после отверждения снова расплавить для вторичного использования.

Термопластические полимерные материалы (термопласты) характеризуются тем, что при повторном нагревании могут вновь подвергаться формированию.

Наиболее часто встречающиеся в ремонтном производстве полимерные материалы и синтетические клеи представлены в табл. 11.1.

Из термореактивных пластмасс наибольшее распространение получили эпоксидные смолы ЭД-16 и ЭД-20 в различных композициях путем добавок к смоле отвердителей, пластификаторов, наполнителей, красителей и других компонентов. Область применения эпоксидных смол при ремонте деталей и узлов приведена в табл. 11.2.

Из полиамидов (например капрона) изготавливают методом литья под давлением втулки, рессорные подшипниковые втулки, оси и другие детали.

Т а б л и ц а 11.1. Применение полимерных материалов и синтетических клеев

Материал	Область применения
Капроновая смола (первичный капрон)	Ремонт валиков, втулок, вкладышей подшипников, изготовление шестерен, шкивов и т. д.
Полиамид ПП-610	То же
" 68	"
Полиэтилен низкого давления (НД)	Нанесение покрытий, изготовление защитных деталей (пробки, заглушки)
Полиэтилен высокого давления (ВД)	То же
Полиамид ПП-610	Ремонт деталей с повышенными механическими свойствами
Фенилон С-2	Ремонт шеек валов, кулачковых валов, нанесение тонкослойных покрытий, ремонт вкладышей подшипников
Полистирол	Изготовление деталей, работающих при температуре до 120 °С

Полиформальдегид	Использование в качестве заменителя сталей и цветных металлов при ремонте и изготовлении деталей
Волокнит АГ-4	Изготовление крыльчаток шестерен и деталей, работающих при температуре от 213 до 473 К
Текстолит	Изготовление прокладок шестерен, ремонт направляющих
Эластомер ГЭН-150(В)	Ремонт неподвижных соединений деталей и узлов сельскохозяйственной техники
Эпоксидная смола ЭД-16	Ремонт трещин и пробоин в корпусных деталях, ремонт посадочных мест под подшипники, клееварные соединения, стабилизация и ремонт резьбовых соединений деталей и узлов
Герметик "Эластосил 137-83"	Герметизация и уплотнение соединений деталей и узлов
Герметик "Эластосил 1.101 В"	То же
Синтетический клей БФ-52Т	Приклеивание фрикционных накладок ведомых дисков
Клей ВС-10Т	То же
Клей БФ-2	Склеивание металлов и полимерных материалов
Клей БФ-4	То же
Клей 88Н	"
Клей ВК-2	Клееварные, клеезаклепочные и клеерезьбовые соединения

11.1. НАНЕСЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ

В современном ремонтном производстве наиболее часто используют спеченные антифрикционные материалы и покрытия, полученные методами порошковой металлургии и методами металлизирования.

Целесообразность применения спеченных антифрикционных покрытий определяется в основном тремя факторами: низкой себестоимостью изготовления, эффективностью в эксплуатации и сравнительной простотой метода и оборудования для его осуществления. Кроме того, спеченные антифрикционные покрытия обладают свойствами самосмазывания узла трения.

Применение спеченных порошковых материалов для восстановления изношенных деталей обеспечивает следующие преимущества:

экономия металлов в результате применения ресурсосберегающей технологии, получения точных размеров, т. е. сокращение отходов производства, а также массы детали за счет пористости нанесенного слоя;

значительное сокращение парка металлорежущего оборудования ввиду отсутствия необходимости в механической обработке нанесенного слоя;

использование отходов — переработка стружки в порошковую массу;

автоматизации и высокая культура производства, сопровождающие использование методов порошковой металлургии;

значительное повышение ресурса узлов благодаря эффекту самосмазывания пористых антифрикционных покрытий.

Существует следующая классификация спеченных антифрикционных материалов: на основе железных порошков; на основе цветных металлов; из тугоплавких износостойких материалов и их соединений; металлографитовые композиции; металлопластмассовые материалы; самосмазывающие композиции с использованием металлических, керамических и металлокерамических

порошков. Эта классификация не полностью охватывает все многообразие антифрикционных материалов и покрытий. Более удачной является классификация, которая изображена на рис. 11.1.

Композиционные материалы на основе порошков, как правило, изотропны. Для получения высокопрочных покрытий целесообразно применять наполнители с большой удельной поверхностью (обычно размеры частиц порошка наполнителя составляют 1 — 5 мкм). Из органических наполнителей наиболее распространенной является древесная мука, а из неорганических — мел, каолин, тальк, слюда и др.

Т а б л и ц а 11.2. Область применения эпоксидных смол при ремонте автомобилей

Составы на основе эпоксидных смол, части по массе	Область применения	Примеры
ЭД-6 (100)	Склеивание металлических деталей, ремонт неподвижных сопряжений и резьбовых соединений; устранение небольших трещин до 2 мм	Ремонт неподвижного сопряжения шарикоподшипник — гнездо шарикоподшипника коробки передач, шарикоподшипник — вал, шпилька — корпус, трещина в корпусе карбюратора и т. д.
ЭД-6 (100), дибутилфталат (15), железный порошок (160), полиэтиленполиамин (8)	Устранение трещин; ремонт резьбовых соединений и рабочих поверхностей корпусных деталей, которые испытывают при эксплуатации температурные колебания	Трещина водяной рубашки блока цилиндров двигателя; трещина водяной рубашки головки блока цилиндров; изношенные рабочие поверхности корпуса гидравлического насоса и т. д.
ЭД-6 (100), дибутилфталат (20), цемент-400 (120), полиэтиленполиамин (9)	То же	То же
ЭД-6 (100), дибутилфталат (20), алюминиевый порошок (25), полиэтиленполиамин	"	"
ЭД-6 (100), дибутилфталат (15), железный порошок (160), полиэтиленполиамин (8), стеклоткань или техническая бязь 3 — 4 слоя	Устранение пробоев в корпусных деталях, которые испытывают при эксплуатации температурные колебания	Пробоины в блоке цилиндров, корпусе коробки передач и т. д.
ЭД-6 (100), дибутилфталат (20), цемент-400 (120), полиэтиленполиамин (9), стеклоткань или техническая бязь 3 — 4 слоя	То же	То же
ЭД-6 (100), полиэтиленполиамин (9), капроновая смола (порошок) (90)	Нанесение на изношенные поверхности подшипников скольжения в качестве антифрикционного состава	Подшипники скольжения, работающие при температуре не выше 120 °С, давлении не более 10 МПа и скорости скольжения не выше 4 м/с
ЭД-6 (100), дибутилфталат (20), слюдяная мука (80), полиэтиленполиамин (9)	Шпаклевание сварных швов; выравнивание вмятин на облицовке тракторов и автомобилей	Блоки цилиндров двигателей, корпуса коробок передач, корпуса задних мостов, облицовки тракторов и т. д.
ЭД-6 (100), дибутилфталат (20), цемент-400 (120), полиэтиленполиамин (9)	То же	Блоки цилиндров двигателей, корпуса коробок передач, задних передач, задних мостов, облицовки тракторов и т. д.

В

особую группу могут быть выделены элементы, добавляемые для получения эффекта самосмазывания. Для таких антифрикционных материалов широкое применение получили твердые смазки, имеющие ламинарную структуру. Для изготовления подшипников скольжения

узлов трения вакуумных установок используют металлокерамику из высокооловянистой бронзы с пропиткой 50%ной водной суспензией фторопласта.

Для нанесения антифрикционных покрытий на детали, работающие в условиях ограниченной смазки при высоких температурах, применяют самосмазывающийся материал — амальгопласт, формируемый на основе теплостойких полимеров и растворов твердых смазок в жидких поверхностно-активных металлах.

Стремление к снижению расходов при ремонте привело к использованию прессованной древесины в качестве подшипников, работающих без смазки в абразивной среде. Подшипник изготавливают по следующей технологии: термообработка маслом заготовок из прессованной древесины при температуре 105 — 120 °С; естественная свободная пропитка маслом после прессования и сушки готовых подшипников; принудительная пропитка маслом прессованной древесины в вакууме.

Исследованиями установлено, что коэффициент трения таких подшипников по стали находится в пределах 0,003 — 0,09 (температура трущейся пары не должна превышать 90 °С, так как окисление масла, происходящее при более высоких температурах, приводит к резкому снижению триботехнических (износостойких) свойств прессованной древесины).

Широкое распространение получили также материалы, в которые в качестве твердых смазок вводится фтористое соединение металла, позволяющее образовывать устойчивую стабильную разделительную пленку (фториды обладают высокой химической и термической стабильностью). Такие материалы нужны при восстановлении изношенных деталей, работающих в условиях сухого трения при повышенных температурах. Для значительного повышения антифрикционных свойств деталей после их восстановления рекомендуется нанесение тонкого металлофторогтластового слоя. Такие покрытия можно получать двумя методами: припеканием пористого покрытия с последующим заполнением пор фторопластом или припеканием шихты из металлических порошков и фторопласта. При первом методе покрывают основу слоем меди, наносят на омедненный слой дозированный слой бронзы размером 0,07 — 0,5 мм и припекают его, пропитывают пористый слой фторопластовой суспензией с наполнителем из дисульфида молибдена. По второму методу покрывают поверхность основы бронзовым слоем толщиной 0,1 мм, на который затем наносят шихту из порошков меди, олова и фторопласта, напрессовывают слой и припекают его. Второй метод широко применяют при ремонте деталей насосов типа НШ.

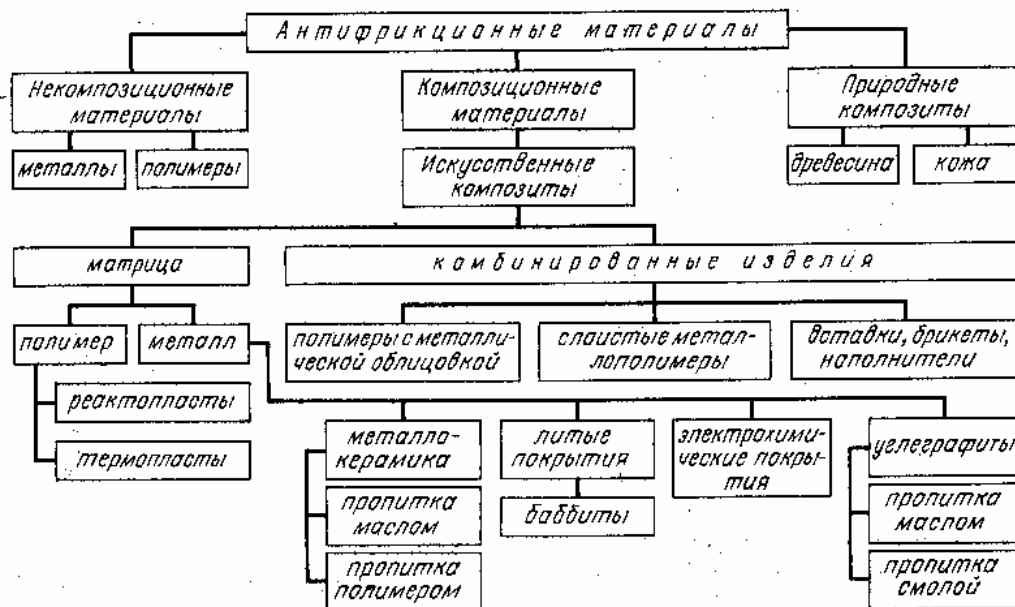


Рис. 11.1. Классификация антифрикционных материалов

В последнее время находят применение композиционные антифрикционные материалы на основе древесины с полимерными наполнителями, что способствует значительному повышению ее триботехнических

свойств. Например, древесина, модифицированная фенолформальдегидной смолой и пропитанная маслом СУ, успешно работает в узлах трения при скоростях скольжения 0,8 — 1,4 м/с и нагрузках 1,5 — 2,0 МПа.

Всесоюзным объединением "Союз-углерод" разработан новый антифрикционный материал на основе фторопласта с наполнителем из графитовых волокон и комплекса твердых смазок. Износостойкость этого материала в 3 — 5 раз превосходит износостойкость применяемых графитопластовых материалов. Он может быть рекомендован для восстановления изношенных подшипников скольжения, работающих при нагрузке 4,2 МПа и скорости скольжения до 1,5 м/с.

Одним из наиболее распространенных способов нанесения антифрикционных покрытий является газопламенное напыление. Высококачественное покрытие получают при вихревом напылении порошков, при котором, к сожалению, происходит большой расход порошков. Для повышения износостойкости на полимерные покрытия наносят тонкий слой металла. Износостойкость такого покрытия на 40 — 80 % выше обычного полимерного.

При нанесении антифрикционных покрытий на изношенную поверхность детали методом спекания сохраняются многие полезные свойства порошковых композиций, которые зачастую теряются при доведении композиций до температуры плавления. Существует несколько способов припекания — электроконтактный, магнитно-импульсный, металлизирование и др. Припекание используется для восстановления и упрочнения таких деталей машин, как посадочные места валов, шестерни гидронасосов и т. п.

Напыление — распространенный способ нанесения покрытий на детали различной конфигурации. Методы напыления могут использоваться для нанесения металлокерамических покрытий, а также для получения многослойных антифрикционных покрытий.

В современном ремонтном производстве все чаще применяются двухслойные (металл-полимер) покрытия, наносимые вакуумной металлизацией. Как показывает опыт нанесения таких покрытий на посадочные места валов, рычагов, валов шестерен и крыльчаток водяных насосов, износостойкость восстановленных деталей повышается на 40 — 80 % по сравнению с износостойкостью новых деталей.

Представляет интерес метод спекания антифрикционных поверхностей на изношенных деталях в контейнерах с плавким затвором. Применение этого метода позволяет получать антифрикционное покрытие наиболее простым способом, так как спекание проводится в любой печи и при этом вокруг детали создается необходимая защитная газовая среда. Применяется также метод нанесения антифрикционных полимерных покрытий вибровихревым способом, включая создание тонкодисперсных порошковых композиций, обезжиривание поверхности детали, ее нагрев и нанесение псевдосжиженного слоя порошка.

11.3. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ

Требования надежной и безотказной работы агрегатов и машин связаны с обеспечением высокой степени их герметичности.

Одним из существенных недостатков литых деталей, а также сварных и паяных швов является наличие в них пор и трещин, т. е. отсутствие герметичности. Доработка деталей механической разделкой, подваркой и перепайкой мест разгерметизации не всегда приводит к положительным результатам. Анаэробные герметики (АГ), используемые для этих целей, позволяют устранить указанные недостатки.

Анаэробные составы представляют собой полимеризационно-способные смолы акрилового ряда, которые, находясь в контакте с атмосферным кислородом, сохраняют подвижное состояние. Попадая в зазор, поры и т. п., они отверждаются и образуют прочный полимер после прекращения доступа кислорода. Номенклатура марок и свойства анаэробных герметиков, рекомендуемых для исследования при ремонте машин и механизмов, приведены в табл. 11.3.

Скорость полимеризации зависит от контактируемого материала. По признаку влияния на скорость отверждения герметика материалы делятся на 3 группы:

активные — медь и ее сплавы, кобальт, марганец, никель, железо (контакт с ними ускоряет полимеризацию герметика);

нормальные — алюминий и его сплавы, углеродистые стали, золото, серебро, цинк (их поверхность реактивна);

пассивные — имеющие покрытия, в том числе гальванические (кадмированные, анодированные, оксидированные, хромированные, частично оцинкованные); сплавы содержащие титан; нержавеющие стали, пластмассы.

Время отверждения на активных поверхностях исчисляется минутами, на нормальных — часами, на пассивных — до нескольких суток. Использование специальных активаторов КС и КВ

позволяет сократить процесс полимеризации анаэробных уплотняющих покрытий на неактивных поверхностях до 3 — 6 ч.

Скорость отверждения и время достижения максимальной прочности находятся в прямой зависимости от температуры отверждения. На качество уплотнения влияет также чистота и шероховатость поверхности, зазор, площадь герметизирующей поверхности, технология сборки и т. п.

Анаэробные составы обладают следующими свойствами: высокой химической стойкостью к агрессивным средам, бензо- и маслопродуктам; водозащитными свойствами, предупреждающими коррозию в зоне контакта; высокой механической прочностью, достаточной эластичностью и стойкостью в условиях вибрации; термостойкостью; способностью низковязких составов затекать в любые зазоры, большим диапазоном прочностных и вязкостных свойств; высокой мобильностью и простотой применения в условиях изготовления, эксплуатации и ремонта изделий.

Указанные свойства анаэробных составов позволяют во многих случаях отказаться от традиционных технологий ремонта машин и механизмов и перейти к принципиально новым методам ремонта. Одним из таких методов является применение анаэробных герметиков для стопорения и герметизации резьбовых соединений.

В процессе эксплуатации резьбовые соединения испытывают знакопеременные нагрузки, воздействие высокой температуры, коррозионной и абразивной сред и других факторов, что способствует их быстрому изнашиванию. Напряжение затяжки резьбовых соединений, созданное при сборке, со временем снижается под действием нагрузок и внешних условий, в результате чего нарушается нормальная работа машин.

Применяют различные способы фиксации и стопорения резьбовых соединений: при помощи контргайки, пружинных и замковых шайб, проволоки, крепления и расклепывания, приварки и пайки. Однако не все способы стопорения достаточно надежны, в ходе эксплуатации машин они требуют периодической подтяжки, на что затрачивается много времени.

В зарубежном и отечественном автомобилестроении анаэробные материалы впервые нашли широкое применение именно для стопорения резьбовых соединений. Это простой, надежный и экономический способ придания соединениям устойчивости к действию вибрации, тряски, ударных нагрузок. В противоположность механическим стопорным устройствам анаэробные герметики заполняют пространство между витками резьбы, благодаря чему возрастает сопротивление трению, предотвращаются наволакивание металла и коррозия, повышается крутящий момент отвинчивания по отношению к моменту затяжки. В результате замены традиционных способов стопорения резьбовых соединений клеевыми производственные затраты снижаются почти на 90 %.

Механизм полимеризации анаэробных герметиков в резьбовых соединениях можно представить следующим образом. При завинчивании резьбового элемента с предварительно

нанесенным на него жидким герметикой происходит удаление воздуха из объема, заключенного между

Т а б л и ц а 11.3. Физико-механические свойства анаэробных герметиков

Марка анаэробного состава	Область применения	Заполняемый зазор, мм	Время набора прочности, ч	Предел прочности на сдвиг, МПа	Момент отвинчивания, Н·м	Интервал рабочих температур, °С
Анатерм-IV	Устранение микропор и микротрещин, уплотнение и герметизация цилиндрических соединений	До 0,07	5	Не менее 3	—	—60 ÷ +250
Унигерм-7	Уплотнение, контровка и фиксация неразъемных цилиндрических и резьбовых соединений	До 0,15	3	17 — 22	20	—60 ÷ +150
Унигерм-2Н	Пропитка пористого литья, герметизация и фиксация разъемных винтовых соединений	До 0,15	24	1,5—5,5	—	—253 ÷ +200
Анатерм-6	Уплотнение герметизации и фиксации фланцевых, резьбовых и гладких неразъемных соединений	До 0,6	6 — 24	5,0—8,0	—	—60 ÷ +150
Анатерм-117	Фиксация, уплотнение, герметизация изделий, подвергающихся воздействию вибрации и ударных нагрузок	До 0,3	1 — 6	Не менее 17	—	—60 ÷ +300
Унигерм-9	Крепление, стопорение крепежа и сопряженных деталей, имеющих защитные покрытия	0,1—0,3	1 — 6	Не менее 15	Не менее 20	—60 ÷ +150
Анатерм-17	Уплотнение и герметизация соединений, работающих при ударных и вибрационных нагрузках	0,1—0,45	3 — 5	0,5—3,0	—	—60 ÷ +150
Анатерм-8	Уплотнение фланцевых, резьбовых и гладких разъемных соединений	До 0,6	6 — 48	Не более 6,0	—	—60 ÷ +150

сопрягаемыми резьбовыми поверхностями и заполнение его герметиком, который, затвердевая, образует прочное соединение. Использование анаэробных материалов позволяет не только восстановить и предохранить резьбовые соединения от самоотвинчивания в процессе эксплуатации, но и обеспечить хорошую герметичность и работоспособность.

Технологический процесс стопорения резьбовых соединений анаэробными материалами состоит в следующем: сопрягаемые резьбовые поверхности тщательно очищают от ржавчины, старой краски, окалины и других эксплуатационных загрязнений, обезжиривают стандартными средствами, наносят герметик на 3 — 4 нити резьбы болта или шпильки. Материал наносят капельницей флакона или кистью.

На прочность соединения оказывают влияние такие факторы, как зазор, качество обезжиривания, предварительная затяжка, условия эксплуатации, марка анаэробного материала и др. Так, например, для герметика Ан-1У максимально заполняемый зазор — 0,07 мм, а для Уг-8 — 0,45. С увеличением момента затяжки возрастает и момент отвинчивания. Например, если гайка затянута с моментом 30 — 40 Н·м, отворачивающий момент увеличивается до 90 — 120 Н·м (герметики Ан-6 и Уг-1), что исключает возможность самоотвинчивания резьбового соединения.

Анаэробные материалы нашли широкое применение при герметизации отливок, сварных и паяных швов.

Типовой технологический процесс местной герметизации включает следующие операции:

проверить отливку на герметичность по чертежу и отметить места, подлежащие герметизации;

высушить детали для удаления влаги;

обезжирить отливки ацетоном или растворителем, облив ими места, подлежащие герметизации, или тщательно протерев их жесткой кистью или щеткой. Во избежание закупорки дефектов не допускается выполню,, обезжиривание ветошью;
обезжиренные поверхности просушить при комнатной температуре в течение 20 — 30 мин;
на подготовленную поверхность нанести герметики кистью или и:) флакона;
выдержать детали на воздухе 16 — 24ч;
удалить герметик с поверхности ветошью;
проверить на герметичность.

Технологический процесс герметизации сварных и паяных швов аналогичен процессу местной герметизации отливок.

При герметизации пор литья так же, как и для устранения дефектов сварных и паяных соединений, применяют маловязкие с хорошей пропитывающей способностью анаэробные герметики-антипоры {АН-1, АН-IV, УГ-4ПР, ДН-1, ДН-2) вместо бакелитового лака ЛБС-1. При помощи анаэробных материалов можно герметизировать поры сварных швов, благодаря своему смачивающему и капиллярному действию они проникают в невидимые полости и тончайшие поры и, структурируясь в анаэробных условиях, отвердевают, предотвращая утечку газов и жидкостей.

Одной из перспективных областей применения анаэробных герметикой является уплотнение паяных трубных соединений в радиаторах, воздушных кондиционерах, холодильниках и др. Жидкий материал наносят кистью на неостывшие места пайки, в результате ускоряется его проникновение в тончайшие поры и отверждение. К сожалению, в нашей отечественной технологической практике этот способ применения не нашел.

Эффективность "залечиания" пор анаэробными герметиками и его перспективность дополнительно подтверждаются тем фактором, что при условии применения строго дозированного количества герметика, исключающего попадание его на поверхности деталей, последние могут подвергаться последующей сварке и пайке не только без деструкции герметика, но и с его термическим доотверждением.

При эксплуатации транспортных средств, технологического оборудования мастерских и гаражей возможно появление пробоин металлических трубопроводов, возникающих при случайных механических ударах, в результате коррозии или других факторов.

В данном случае процесс ремонта и герметизации с применением анаэробных материалов осуществляют следующим образом: предварительно зачищенное поврежденное место трубопровода обматывают по наружной поверхности латунной сеткой с размером ячеек 20 — 30 мкм, пропитанной АГ. Ячейки сетки и ее эластичность позволяют удерживать слой АГ на поверхности трубы благодаря действию сил поверхностного натяжения и капиллярного эффекта при любом пространственном положении трубопровода. Многослойная обмотка сеткой дает

возможность получить объемное распределение АГ в намотанном слое. Для прекращения доступа воздуха АГ снаружи обматывают липкой эластичной полихлорвиниловой лентой (изолентой).

Микротрещины в горизонтальной плоскости можно герметизировать методом полива антипором АН-1У. Для этого клейкой лентой вдоль микротрещины делают бортик высотой 3 — 5 мм, наливают слой антипора толщиной 1 — 2 мм и дают выдержку 24 ч при температуре 20 °С. Увеличив температуру, можно сократить время "залечивания" микротрещин.

Преимущества таких технологий герметизации состоят в том, что для их осуществления не требуются оборудование, оснастка или арматура, и потому они могут быть реализованы в любых дорожных или полевых условиях для труб всевозможных размеров. Зона уплотнения после окончания процесса отверждения отличается достаточной прочностью и коррозионной стойкостью.

Анаэробные герметизирующие материалы применяют для уплотнения фланцевых соединений вместо твердых прокладок. Известно, что качество уплотнения твердой прокладкой зависит от давления сжатия в сопряжении фланец — прокладка и состояния поверхности сопрягаемых деталей. Свойство анаэробного материала затекать во все впадины соединяемых поверхностей позволяет устранить такие дефекты, как царапины, риски, вмятины, которые не могут быть заполнены традиционными твердыми прокладками.

Анаэробные герметизирующие материалы можно применять как самостоятельно, так и в сочетании с традиционной твердой прокладкой. Для уплотнения фланцевых соединений наиболее предпочтительны "эластичные" анаэробные герметизирующие материалы АН-6К, АН-8К.. Такие материалы более устойчивы к действию температурных и вибрационных нагрузок. Существуют примеры применения герметика АН-8К в соединениях паропровода. Вместо паронитовых прокладок используют металлическую прокладку с гарантированным зазором для герметика 0,2 — 0,3 мм. При включении-выключении пара возникают температурные удлинения трубопроводов, которые воспринимаются таким металлополимерным уплотнением, сохраняя хорошую герметичность стыков.

Герметизацию винтов крепления полюсных башмаков с катушками обмотки возбуждения к корпусу стартера грузового автомобиля выполняют при помощи нитрошпатлевки НЦ-008. При испытаниях стартера на герметичность, проведенных сразу после сборки, когда отверждение шпатлевки не закончилось и она еще сохраняет свою эластичность, количество негерметичных соединений винт — полюсный башмак невелико, а при эксплуатации автомобилей количество случаев нарушения герметичности в этих соединениях увеличивается из-за появления трещин в отвердевшей шпатлевке. В условиях воздействия вибраций и знакопеременных нагрузок, особенно при отрицательных температурах, процесс стеклования и разрушения нитрошпатлевки усиливается. Для этих целей рекомендован высоковязкий АГ для стопорения резьбовых соединений. Его применение позволяет в 1,5 раза увеличить момент отвинчивания резьбового соединения. Испытания на герметичность показали, что разгерметизация не наблюдалась при

повышении давления до 0,5 МПа, в то время как по техническим условиям для стартера данное резьбовое соединение должно сохранить герметичность при 0,02 МПа.

11.4. СОЕДИНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Клеевые соединения имеют ряд преимуществ перед механическими способами соединения материалов.

Они обладают способностью соединять разнородные материалы, не влияют на структурное состояние и изменение свойств соединяемых материалов, обеспечивают герметичность соединения, невысокую стоимость ремонта и простоту технологического процесса.

Свойства клеев в основном определяются полимерными связующими. В состав клея входят пластификаторы, наполнители, растворители, отвердители и т. д.

Для клеев на основе термореактивных материалов характерно отверждение в результате реакции полимеризации или поликонденсации, приводящее к созданию прочных и теплостойких клеевых соединений. В отвержденном виде термореактивное соединение не плавится при нагревании.

Многокомпонентные клеи отверждают, как правило, введением "сшивающего" агента. Однокомпонентные клеи поступают к потребителю в готовом виде. Многокомпонентные изготавливают на месте из составных частей, чаще всего из смолы и отвердителя. Наиболее широко в клеях применяются термореактивные смолы: фенолформальдегидные, мочевиноформальдегидные, резорцинформальдегидные. На особом месте — эпоксидные клеи. Они характеризуются следующими свойствами:

- процесс отвердевания происходит без применения давления;

- они обладают хорошей прилипаемостью и возможностью обработки режущим инструментом;

- не требуют специального оборудования и высокой квалификации рабочего;

- обеспечивают хорошее качество ремонта в труднодоступных местах без разборки агрегатов.

Эпоксидный клей состоит из эпоксидной смолы, пластификатора, наполнителей и отвердителя. Эпоксидная смола играет роль связывающего вещества и является основой клеящего состава. Для увеличения ударной вязкости и эластичности эпоксидного клея, а также снижения его хрупкости в клеевой состав вводят пластификатор (например, дибутилфталат). В качестве пластификатора может выступать жидкий тиокол и диметилфталат. Масса пластификатора составляет 10 — 20 % массы эпоксидной смолы. Наполнители придают эпоксидному клею желаемый цвет, требуемую вязкость, повышают прочность сцепления. В качестве наполнителя используется алюминиевый порошок, слюдяная пыль, молотый тальк и др. Для отверждения клея в

смесь вводят отвердитель (полиэтиленполиамин, гексаметилендиамин, малеиновый ангидрид и др.).

Подготовка компонентов заключается в приведении их в состояние, пригодное для смешения. Эпоксидную смолу для уменьшения ее вязкости подогревают до температуры 320 — 330 К. Для этого сосуд со смолой погружают в горячую воду и выдерживают его там в течение 10 — 12 мин. Смолу можно подогреть, поставив посуду в печь, нагретую до 370 К. Во избежание выгорания нельзя подогревать эпоксидную смолу на открытом огне.

Пластификатор дибутилфталат для удаления летучих веществ также подогревают до температуры 333 К. При применении небольшого количества клея (до 0,2 кг) подогрев дибутилфталата не обязателен. Все наполнители должны быть просушены при температуре 100 — 393 К в течение 3 ч.

После того как все компоненты клея рассчитаны, взвешены и подготовлены, в эпоксидную смолу вливают порцию дибутилфталата и перемешивают в течение 3— 5 мин до получения однородной жидкости. Затем в эту смесь добавляют, перемешивая, небольшими дозами наполнители.

Общая масса одновременно приготовленной эпоксидной пасты при ручном смешивании и при помощи клеешалки не должна превышать 500 г. Срок технологической пригодности клея с момента введения в него отвердителя при комнатной температуре не должен превышать 30 — 50 мин. По истечении этого времени начинают понижаться клеящие способности, а вязкость увеличивается до такой степени, что клей становится трудно наносимым.

Наиболее употребляемые составы приведены в табл. 11.4. Составы 1 и 2 применяют для восстановления изношенных или коррозионных поверхностей, а составы 3 и 4 — для заделки трещин.

Т а б л и ц а 11.4. Клеевые составы

Компоненты	Состав, %			
	1	2	3	4
Эпоксидная смола ЭД-5	—	—	100	—
Эпоксидная смола ЭД-6	100	100	—	100
Дибутилфталат	20— 25	15— 20	12— 16	15— 20
Слюдавая пыль марки А или Б	—	—	15— 20	—
Алюминиевая пудра	—	20— 30	10— 15	35— 40
ПАК-1	—	—	—	—
Молотый тальк	60— 70	—	—	—
Полиэтиленполиамин	12,0	12,0	12,0	12,0

При склеивании необходимо достичь высокой адгезии между клеевой композицией и склеиваемыми поверхностями. Для этой цели соединяемые участки деталей тщательно обрабатывают шпателем, добиваясь хорошего их прилегания. Зачищенные поверхности обезжиривают, очищают от оксидов и пыли, тщательно продувают сжатым воздухом. На подготовленную поверхность наносят один тонкий слой клеевой композиции, затем спустя 1 ч — второй слой, который выдерживают 3 — 5 мин при комнатной температуре. После соединения детали выдерживают в специальном приспособлении при температуре 413 — 433 К в течение 1,5 — 2 ч.

С помощью клея ВС-10Т в ремонтном производстве успешно приклеивают фрикционные накладки к тормозным колодкам (дискам).

11.5. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Свойства и состав лакокрасочных покрытий. В процессе эксплуатации автомобиля подвергаются действию солнечной радиации, влаги, низких и высоких температур, агрессивных жидкостей, механических нагрузок, биологическому поражению и т. п. Перечисленные факторы каждый в отдельности и тем более в совокупности вызывают старение и разрушение лакокрасочных покрытий (ЛКП).

Защита при помощи ЛКП является основным способом защиты конструкций от коррозии. Надежность, долговечность и внешний вид ЛКП определяются свойствами лакокрасочного материала, схемой, условиями и режимом формирования каждого слоя покрытия, а также видом и состоянием окрашиваемой поверхности. Основными факторами, определяющими защитный эффект ЛКП, являются взаимодействие влаги с пленкой покрытия, проницаемость пленки для кислорода воздуха и воды, омическое сопротивление пленки и адгезия с защищаемой поверхностью. В одном слое пленки трудно реализовать все свойства, удовлетворяющие требованиям к покрытию, поэтому ЛКП обычно наносят в несколько слоев. К первому слою предъявляют требования обеспечения высокой адгезии с защищаемой поверхностью, к последующим слоям - минимальной проницаемости для воды, кислорода воздуха и электролитов, максимальной эксплуатационной стойкости, а также специальных и декоративных свойств.

ЛКП, используемые в ремонтном производстве, классифицируют на грунтовки, шпатлевки, лаки и краски. Грунтовки, используемые в качестве первых слоев покрытия, обеспечивают высокую адгезию и обладают хорошими антикоррозионными свойствами. Шпатлевки, предназначенные для выравнивания поверхности, наносят, как правило, на предварительно загрунтованную поверхность. Лаки и краски предназначены для получения верхних слоев ЛКП, которые придают покрытию требуемые эксплуатационные, декоративные или специальные свойства.

Свойства лакокрасочных материалов (ЛКМ) зависят от входящих в них компонентов и в первую очередь от пленкообразователя. Кроме того, ЛКМ могут содержать растворители, пигменты, наполнители, сиккативы, пластификаторы. В качестве пленкообразователей используют растительные масла, смолы, эфиры, целлюлозу. Растворители представляют собой бесцветные жидкие органические соединения и применяются для растворения пленкообразующих веществ.

Пигменты — - порошкообразные цветные окислы или соли металлов, нерастворимые в пленкообразователях и растворителях, которые придают ЛКП цвет, укрывистость (непрозрачность), замедляют старение и повышают защитные свойства ЛКП.

Наполнители — мел, гипс, каолин, тальк и другие используются для замены части пигментов в целях удешевления ЛКМ. Сиккативы — окислы свинца, марганца, кобальта — используются для ускорения высыхания масел.

Пластификаторы придают пленке дополнительную эластичность. Все ЛКМ разделены на группы, которые различаются пленкообразователями. В каждой группе ЛКМ классифицируют по назначению: атмосферостойкие—1, водостойкие — 4, термостойкие — 8, электроизоляционные —3, грунтовки —0, шпатлевки —00.

Таким образом, марка ЛКМ по ГОСТ 9825 — 73 указывает химическую природу пленкообразователя и его назначение, например, ХВ-16 — Перхлорвиниловая атмосферная эмаль с регистрационным номером О, ЭП-0026 — эпоксидная шпатлевка с регистрационным номером 20. При производстве и ремонте автомобилей и двигателей в основном используют атмосферостойкие и электроизоляционные ЛКП. Марка ЛКП устанавливается применительно к данному типу автомобилей, данной части машин, двигателю и т. п. Например, эпоксидные (ЭП) эмали и лаки устойчивы против действия бензина, водд.1 и щелочей и обладают электроизоляционными свойствами, длительной теплостойкостью при температуре до 476 К- Полиакриловые (АК и АС) эмали и лаки обладают высокой свето- и атмосферостойкостью, эластичны, Стойки к удару, имеют хорошую адгезию с металлом. Полиуретановые (УР) эмали и лаки обладают высокой водо- и атмосферостойкостью, стойки к действию окислителей, парок кислот, масел, агрессивных жидкостей, обладают хорошей адгезией с разнообразными материалами. Полиуретаны токсичны и при работе с ними требуются индивидуальная защита и хорошая вентиляция.

Основные свойства ЛКМ контролируются специальными методами испытания. К таким методам относятся следующие методы определения: содержания летучих и нелетучих, твердых и пленкообразующих веществ; вязкости; укрывистости; времени и свойств высыхания; цвета и внешнего вида; твердости ЛКП и др.

Нанесение лакокрасочных покрытий. Подготовка поверхности к напылению ЛКП прежде всего заключается в удалении с окрашиваемой поверхности всевозможных загрязнений механическими или химическими способами, которые принципиально не отличаются от рассмотренных выше способов очистки деталей перед дефектацией. Затем поверхность промывают чистой водой и высушивают.

Выбор способа нанесения ЛКМ на поверхность зависит от рецептуры ЛКМ, конструкции окрашиваемой детали или изделия, объема производства, требований по качеству покрытий, техники безопасности. Известны следующие основные способы нанесения ЛКМ на поверхность: распыление, окунание, облив, контактный перенос. Окраска распылением— наиболее распространенный способ нанесения покрытий. Различают следующие способы окраски распылением без наложения электрического поля: пневматический и безвоздушный.

Для нанесения ЛКМ пневматическим способом используются пневматические краскораспылители. Степень диспергирования ЛКМ зависит от скорости истечения воздуха из распылительной головки, скорости истечения ЛКМ, вязкости и поверхностного натяжения ЛКМ. Скорость истечения воздуха примерно 450 м/с, ЛКМ — 0,1 м/с. При правильном выборе основных параметров факел ЛКМ состоит из капель диаметром 6 — 80 мкм. Большинство ЛКМ наносят ручными пневматическими краскораспылителями. Сжатый воздух под давлением 0,5 — 0,6 МПа поступает к распылителям от компрессорной станции. Большой расход растворителей, большие непроизводительные потери ЛКМ, необходимость удаления из зоны окраски паров растворителей и невозможность нанесения покрытия на острые кромки, стенки отверстий и т. п. являются основными недостатками этого распространенного способа нанесения ЛКМ на поверхность.

При более прогрессивном безвоздушном (гидродинамическом) способе распыления диспергирование ЛКМ происходит в результате выхода их из распыляющего устройства под давлением 25 МПа. При этом давление на выходе из сопла падает до атмосферного, что приводит к мгновенному испарению растворителя и распылению ЛКМ. В результате образуется направленный факел капель ЛКМ. Окраска распылением в электрическом поле основана на принципе взаимодействия электрического поля и заряженных капель ЛКМ.

Определение природы лакокрасочных покрытий. Все виды лакокрасочных покрытий необходимо ремонтировать по мере появления разрушений или повреждений. Для ускорения высыхания вновь наносимых медленновысыхающих покрытий (алкидных, эпоксидных, полиуретановых и др.) можно применить местный обогрев.

Автомобили, окрашенные в помещении быстровысыхающими эмалями, нельзя помещать в плохую погоду под открытое небо ранее чем через 12 — 16 ч после практического высыхания, а окрашенные такими эмалями как эпоксидные и полиуретановые — не ранее чем через 48 — 72 ч.

В зависимости от характера и степени разрушений покрытий ремонт может быть частичным или полным. Основными операциями при ремонте являются удаление загрязнений, частичное или полное удаление покрытия, подготовка поверхности к окраске, получение нового лакокрасочного покрытия.

Для качественного проведения ремонта необходимо знать природу ремонтируемых покрытий. Не прибегая к сложному анализу, установить точную природу покрытий трудно. Как уже ранее было указано, к таким материалам относятся: акриловые, перхлорвиниловые, алкидномеламиновые, полиуретановые, эпоксидные и пентафталевые.

Для определения природы лакокрасочных покрытий, подлежащих ремонту, необходимо иметь в виду следующее.

1. Если внешние поверхности изделий лакированы, то для этих целей могли быть применены акриловые лаки АС-82, АК-113 и АС-16 или пентафталевый лак Пф-171.

Ориентировочно природу указанных лаков можно установить следующим образом: ватным или тряпчным тампоном, смоченным в растворителе 645 или Р-5, специальной смывке СД(об) (ТУ 6-10-1088-71) или АФТ-1, размывают на небольшом участке покрытие, легко протирая его. Акриловые лаковые покрытия быстро размываются и оставляют на тампоне липкую массу. Если же покрытие пентафталеовое (ПФ-171), то оно не растворяется, а набухает и сморщивается.

2. Если внешние поверхности изделий окрашены эмалью, то для этих целей могли быть применены акриловые, перхлорвиниловые, нитроцеллюлозные, эпоксидные, пентафталеовые, алкидномеламиновые лакокрасочные материалы.

Для установления природы покрытия необходимо определить, растворяется ли оно, как указано выше. Если покрытие не растворяется, а набухает и сморщивается, то можно полагать, что это покрытие алкидное, алкидномеламиновое или эпоксидное. Эпоксидно-полиамидное и пентафталеовое покрытия чаще всего получают при холодной сушке и поэтому они быстрее и интенсивнее набухают, чем алкидномеламиновое, которое сушат всегда при повышенной температуре. Если же установлено, что покрытие растворяется, то следует определить, является ли оно акриловым, перхлорвиниловым или нитроцеллюлозным. Для этого с окрашенной поверхности снимают небольшую часть верхнего слоя покрытия и сжигают его. Перхлорвиниловое покрытие горит медленно коптящим пламенем, причем продукты сгорания выделяют характерный запах хлоракрилового покрытия горит спокойным ярким пламенем, а нитроцеллюлозное — сгорает мгновенно. Масляные, глифталевые или алкидномеламиновые покрытия горят медленно.

3. После анализа верхних слоев покрытий определяют тип грунтовки; пленки грунтовок АК-069 и АК-070 легко растворяются в указанных выше смывках в отличие от грунтовок ФЛ-086 и ФЛ-ОЗ-Ж, пленки которых набухают и сморщиваются.

Конечно, приведенные методы определения природы лакокрасочных материалов весьма ориентировочны и неполны, но в ряде случаев могут быть использованы для практических целей.

Удаление старого лакокрасочного покрытия на основе быстровысыхающих лаков и эмалей (акриловые, перхлорвиниловые, нитроцеллюлозные) не вызывают особых затруднений. Значительно сложнее удалять необратимые покрытия, например эпоксидные, полиуретановые, алкидные, масляные и т. п.

Для удаления старых разрушенных лакокрасочных покрытий используют смывки, различающиеся между собой по смазывающему действию, горючести и токсичности. Наиболее широко применяют смывки СД (об) и АФТ-1. Смазывающие свойства АФТ-1 значительно выше, чем у СД (об), однако недостатком обеих смывок является горючесть. Негорючие смывки, такие как СЭУ-1, СЭУ-2, обладают хорошим смазывающим действием, но из-за повышенной токсичности (смывки содержат хлорированные углеводы) применение их возможно при строгом соблюдении мер по технике безопасности, предусмотренных для работы с токсичными растворителями. Кроме того, в результате недостаточной стабильности отдельных партий

хлорированных углеводосмывки СЭУ-1 и СЭУ-2 могут содержать небольшое количество хлористого водорода. Если такая смывка остается в стыках, швах или в других местах, то она может явиться причиной коррозии.

Перед нанесением смывки СД (об) ее предварительно подогревают до температуры 308 — 313 К в горячей воде и выдерживают до полного растворения хлопьевидного осадка. Нагревать смывку на открытом огне категорически запрещается, так как она может воспламениться. Смывку наносят не сразу на всю поверхность, а последовательно, по участкам не "растушевыванием", а набрызгиванием.

Смывка, нанесенная на покрытие, быстро застывает, превращаясь в кашу. В таком виде ее следует выдерживать в течение 10— 15 мин. Под действием смывки пленка растворяется, а у необратимых покрытий набухает и сморщивается. После того как покрытие достаточно вспучилось, приступают к его снятию. Удаление покрытия можно облегчить, используя щетинную щетку (с коротким волосом). Щетку смачивают смывкой и протирают ею набухший участок покрытия, отделяя его от поверхности. Очищенную поверхность протирают хлопчатобумажными салфетками, смоченными уайтспиритом, для удаления остатков покрытия и парафина, содержащегося в смывке. Если на отдельных участках покрытие не отделяется от поверхности, операцию смачивания смывкой повторяют.

Удаление набухшего покрытия металлическими щетками или скребками не допускается; для этих целей могут быть применены шпатели из фанеры, текстолита, органического стекла и т. п. После снятия покрытия с поверхности удаляют продукты коррозии легкой зачисткой наждачной бумагой №4 или №5 и тщательно протирают эти места салфеткой, смоченной уайтспиритом. Особое внимание должно быть обращено на полное удаление со смывки поверхности следов парафина.

Технология ремонта. В практике эксплуатации возможны следующие изменения покрытий:

1. Наличие на поверхности сероватого налета. Для его удаления всю поверхность промывают 3%-ным водным раствором технического калийного мыла или 1,5%-ным водным раствором ОП-7 или ОП-10, а затем протирают салфетками, смоченными водой и сушат в течение 2— 2,5 ч. Если имеются масляные пятна, то их удаляют бензином. После сушки поверхность протирают салфетками, смоченными полировочной водой.

2. Меление и выцветание покрытий. Для устранения этого недостатка поверхность промывают, как указано в п. 1, затем ее зачищают наждачным полотном № 5 и удаляют образовавшуюся пыль сухой кистью или обдувают сжатым чистым воздухом, после чего протирают салфетками, смоченными бензином. Краскораспылителем наносят плотный слой перхлорвиниловой или акриловой эмали и сушат по одному из следующих режимов:

Температура сушки, К . -..... 278—285 286—291

Продолжительность сушки, ч 3,0 2,0

Температура сушки, К 292—298 299—308

Продолжительность сушки, ч 1,5 1,0

3. Частичное или полное разрушение покрытий. В зависимости от состояния покрытий в этом случае может быть произведен частичный ремонт или полная перекраска. С этой целью всю поверхность протирают сухой салфеткой. Участки лакокрасочного покрытия, плохо сцепленные с металлом, удаляют при помощи деревянного шпателя, края покрытия в местах перехода к оголенному металлу осторожно, чтобы не повредить окисного покрытия, зачищают наждачной бумагой №5. Для сглаживания отдельных переходов вместо зачистки можно поверхность обработать салфетками, смоченными растворителем Р-5. Затем все покрытие слегка зачищают наждачной бумагой № 4 или № 5 и удаляют образующуюся пыль сухой кистью или обдувают чистым сжатым воздухом. Всю поверхность протирают салфеткой, смоченной бензином, после чего на оголенные участки наносят краскораспылителем грунтовку АК-069 и сушат ее по одному из следующих режимов:

Температура сушки, К 278—285 286—291

Продолжительность сушки, ч 4,0 2,0

Температура «ушки, К 292—298 299—308

Продолжительность сушки, ч 1,5 1,0

После сушки грунтовочного слоя на всю поверхность наносят краскораспылителем первый слой перхлорвиниловой или акриловой эмали и сушат по одному из следующих режимов:

Температура сушки, К 278—285 286—291

Продолжительность сушки, ч 4,0 3,0

Температура сушки, К 292—298 299—308

Продолжительность сушки, ч 2,5 2,0

После высыхания первого слоя эмали, имеющиеся на покрытии трещины и неровности зашпаклевывают шпатлевкой ХВ-004 и сушат по одному из следующих режимов:

Температура сушки, К 278—285 286—291

Продолжительность сушки, ч 6 4

Температура сушки, К 292—298 299—308

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ сушки, ч 3 2

Шпатлевку наносят тонким слоем: если одного слоя недостаточно, то наносят второй слой и сушат по одному из режимов, указанных для первого слоя. После высыхания шпатлевки ее зачищают и удаляют с поверхности образовавшуюся пыль. На зашпатлеванные участки наносят тонкий слой той же эмали, какая была применена для первого слоя, и сушат по указанному выше режиму. Затем на всю поверхность наносят второй слой эмали и сушат по одному из следующих режимов:

Температура сушки, К 278—285 286—291

Продолжительность сушки, ч 6 5

Температура сушки, К - 292—298 299— 308

Продолжительность сушки, ч 4 3

После высыхания грунтовки краскораспылителем наносят два слоя эпоксидно-полиамидной эмали и сушат по одному из следующих режимов:

Температура сушки, К 285— 291 292— 298 299—308

Продолжительность сушки, ч:

1-гослая 8 6 5

2-го "..... 16 12 10

Условия проведения окраски. Надежная защита машин, а также придание им красивого внешнего вида зависит от ряда факторов, среди которых важным является правильное выполнение технологических операций и проведение окраски в условиях, обеспечивающих получение качественных покрытий.

Все малярные и отделочные работы необходимо выполнять в специально оборудованных цехах или малярных мастерских при температуре 285 — 310 К и относительной влажности воздуха 45 — 80%. При температуре выше 310 К и низкой относительной влажности воздуха происходит весьма быстрое улетучивание растворителей (в воздухе при нанесении перхлорвиниловых материалов образуются "нити", и на покрытии получается так называемая "апельсиновая корка" или "шагрень").

Лакокрасочные материалы, применяемые для окраски, должны отвечать требованиям ГОСТ, ТУ, МРТУ. Окраска изделия или конструкции должна осуществляться по заранее составленной развернутой технологической инструкции, утвержденной главным инженером или главным технологом предприятия. При выполнении механических и сборочных работ необходимо соблюдать максимальную осторожность в обращении с окрашенными деталями. В заводской технологии должны быть предусмотрены соответствующие мероприятия, обеспечивающие сохранность лакокрасочных покрытий.

Чтобы повысить защитные и декоративные свойства термореактивных акриловых, масляно-фенольных, алкидно-меламиновых, пентафталевых и других покрытий, их необходимо сушить при максимально допустимой температуре. Для этих же целей целесообразно сушить при повышенной температуре и эпоксидные лакокрасочные материалы.

При наличии в агрегатах неметаллических деталей (резиновых, поливинилхлоридных, герметиков и др.) температура сушки не должна превышать температуру нагревания, допускаемую для указанных деталей.

Подготовка собранных изделий к окраске. После сборки изделий из предварительно лакированных или загрунтованных одним слоем грунтовки деталей их поверхности, как правило, загрязнены, а головки заклепок не загрунтованы. Прежде чем приступить к дальнейшей окраске, наружные и внутренние поверхности тщательно очищают от загрязнений, для чего их промывают

последовательно теплой мыльной водой (3%-ным раствором технического калийного мыла), а затем чистой водой. Промытые поверхности сначала протирают сухими хлопчатобумажными салфетками, потом салфетками, смоченными бензином БР-1 или уайтспиритом. Аналогичным образом можно обезжиривать перед окраской незагрунтованные и нелакированные ранее изделия. В этом случае для обезжиривания, кроме бензина или уайтспирита, могут быть применены смеси органических растворителей 645, Р-4, Р-5идр.

Перед окончательной лакировкой или окраской должны быть удалены все имеющиеся дефекты на покрытиях (потеки, шагрень, шероховатость), а также возможные остатки других материалов (клеи, герметики). Для этого поверхность зачищают наждачной бумагой № 3,4 или № 5 с последующей протиркой чистыми салфетками, не оставляющими ворс. В случаях когда наружные поверхности окрашивают эмалями, предварительно грунтуют головки заклепок.

Известные затруднения вызывает получение достаточно гладких покрытия при нанесении краскораспылителем быстровысыхающих лаков и эмалей, и, в частности, акриловых и перхлорвиниловых. При нанесении быстровысыхающих лакокрасочных материалов краскораспылителем давление воздуха, поступающего для распыления, должно быть $2,5 \cdot 10^6$ — $3,5 \cdot 10^6$ Па, расстояние от окрашиваемой поверхности до краскораспылителя 250—300 мм.

В результате неправильной технологии нанесения лакокрасочных материалов на покрытиях могут возникать некоторые дефекты.

Различные оттенки цвета покрытия при применении одного и того же лакокрасочного материала получаются при плохом перемешивании материалов перед нанесением, так как готовые к употреблению лакокрасочные материалы склонны к образованию осадков.

Пузыри в покрытии образуются при сушке лакокрасочных материалов при повышенной температуре без предварительной выдержки на воздухе, при нанесении покрытий на влажную поверхность, при нанесении нового слоя на недостаточно высохший слой, а также при попадании воды в окрасочный материал. Отслаивание покрытий может происходить в результате недостаточного обезжиривания поверхности, плохой очистки воздуха, применяемого для распыления, от масла и воды, пересушки грунта или промежуточного слоя лакокрасочного материала.

Проникновение нижнего слоя лакокрасочного материала через верхний слой может быть вызвано недостаточной сушкой нижнего слоя или наличием в верхнем слое сильнодействующих и медленно улетучивающихся растворителей. Поматовение покрытия может произойти в тех случаях, когда лакокрасочный материал содержит большое количество воды или покрытие высыхает при низкой температуре.

Шагрень образуется на акриловых покрытиях в результате нанесения излишне толстых слоев лака или эмали. Следует иметь в виду, что покрытия акриловыми лакокрасочными материалами склонны к образованию незначительной шагрени после нанесения последующих слоев.

Охрана труда и техника безопасности. Лакокрасочные материалы, применяемые в промышленности для защиты различных изделий, относятся к легковоспламеняющимся и горючим жидкостям.

Окраска изделий должна осуществляться в специально оборудованном помещении при обязательном выполнении правил по технике безопасности и производственной санитарии и соблюдении противопожарных мероприятий.

1. Внутренние поверхности стен подготовительных и окрасочных отделений должны быть оштукатурены и окрашены светлой масляной краской. Санитарно-техническое оборудование (приборы отопления, трубопроводы и пр.) должно иметь гладкую (для удобства очистки) окрашенную поверхность. Полы окрасочных цехов должны быть несгораемыми, ровными и уборка их не должна вызывать затруднений.

2. Все подготовительные работы (доведение лакокрасочных материалов до рабочей вязкости, фильтрование и т. д.) должны выполняться только в раздаточноподготовительном отделении, оборудованном в соответствии с требованиями по технике безопасности и пожарной безопасности.

3. К рабочему месту лакокрасочные материалы необходимо доставлять в готовом для употребления виде в количестве, не превышающем сменной потребности. Материалы следует хранить в плотно закрытой таре.

4. Хранение пустой тары в рабочих помещениях запрещается; использованные промасленные тряпки и ветошь во избежание самовоспламенения следует складывать в металлические ящики с закрывающимися крышками и в конце смены удалять из помещения.

5. Кисти, щетки, валики и краскораспылители необходимо очищать от остатков лакокрасочных материалов и хранить в закрытых сосудах под вытяжкой или в вентилируемых металлических шкафах.

6. Крупногабаритные и тяжелые изделия несерийного производства в виде исключения и по особому разрешению Главного санитарно-эпидемиологического управления допускается красить в сборочном цехе на месте сборки при соблюдении следующих условий:

огнестойкости помещения;

выключении на время окрасочных работ всех видов оборудования, вызывающего образование искр (электрических подъемных устройств, паяльных ламп и др.);

проветривании цеха во время работы и по окончании ее;

наличии необходимых средств огнетушения на участке, где проводится окраска;

снабжении маляров-пульверизаторщиков средствами индивидуальной защиты органов дыхания.

7. При проведении окрасочных работ в цехе должно одновременно находиться не менее двух человек.

8. Рабочих, производящих окрашивание изделий, следует обеспечивать спецодеждой по установленным нормам.

9. Маляров-пульверизаторщиков, работающих в зоне образования лакокрасочного тумана, для защиты органов дыхания следует снабжать масками с подачей очищенного в специальном фильтре и подогретого (в зимний период) воздуха или респираторами, обеспечивающими защиту от тумана и паров растворителей.

10. При выполнении малярных работ, связанных с сильным загрязнением рук, рекомендуется пользоваться пастой для защиты рук.

11. При проведении окрасочных работ необходимо соблюдать "Правила и нормы техники безопасности, пожарной безопасности и промышленной санитарии для окрасочных цехов".

12. При работе с эпоксидными лакокрасочными материалами необходимо соблюдать санитарные правила.

В гальванических цехах при восстановлении изношенных деталей машин применяют кислоты, щелочи и вещества, оказывающие вредное действие на организм человека. Поэтому обязательным условием при работе с ними является строгое соблюдение требований по охране труда:

своевременное, удаление из цеха паров, газов избыточной влажности и пыли путем создания общей и местной приточно-вытяжной вентиляции;

применение в цехе парового или водяного отопления и поддержание температуры в помещении в пределах 228 — 291 К;

обеспечение достаточной площади цеха и его высоты, которая должна быть не менее 5 м; пол помещения должен быть выложен метлахской плиткой, а стены на высоту 1,5 — 2 м от пола — керамической плиткой;

для работы с вредными электролитами необходимо одевать исправную спецодежду и спецобувь (резиновые перчатки, сапоги, фартук и очки).

Приточный воздух должен подаваться не ниже 2,5 — 3 м от пола равномерно через воздухораспределители, которые обеспечивают подвижность его со скоростью не более 0,3 м/с. Вытяжная вентиляция должна выключаться не менее чем за 15 мин после окончания работы. Все ванны с раствором, которые выделяют вредные вещества, после окончания работы следует закрывать специальными крышками.

Необходима систематически очищать каналы и бортовые отсосы от различных загрязнений, засоряющих вентиляционную систему, не реже одного раза в 6 мес. проводить анализ воздуха на содержание ядовитых газов; паров и пыли.

При операциях фильтрации, переливания и корректировки электролитов необходимо пользоваться защитными очками для предохранения глаз от попадания брызг. Во время приготовления кислых электролитов борот. при засыпке сухих химикатов в ванны необходимо

надевать противопыльные респираторы. Соли и кислоты в электролит следует добавлять мелкими порциями. При переливании электролита следует выключать ток и оберегать себя от попадания брызг раствора на тело и одежду.

При работе необходимо применять резиновую обувь, перчатки и фартуки. В помещении должны устанавливаться фонтанчики с водой для обмывки кожных покровов, на которые может случайно попасть электролит.

Сточные воды после мойки деталей следует пропускать через очистные сооружения.

При работе с полимерными материалами воздух может загрязняться парами или пылью, обладающими повышенной ядовитостью, поэтому помещение должно иметь вытяжную и приточную вентиляцию, а рабочие места — местную вентиляцию. Полимерные материалы должны храниться в минимальном количестве при хорошей вентиляции складов. Рабочее место следует оборудовать вытяжной вентиляцией. Размельчение, приготовление и транспортирование полимерных материалов и составов Должны быть по возможности механизированы и изолированы от основного производства.

Подтеки и излишки пластмасс с изделий необходимо снимать в полиэтиленовых перчатках на бязевой основе бумагой, затем ветошью, смоченной в растворителе. В качестве растворителей нельзя применять бензол; толуол, четыреххлористый углерод и другие токсичные растворители.

При нанесении пластмассы на изделие кистями, шпателями или лопатками их надо снабжать защитными металлическими экранами или из плотного картона, обеспечивающего защиту рук рабочего. Руки следует мыть не только во время перерывов и после окончания работы. Но и немедленно после случайного загрязнения полимерными материалами.

Глава 12 МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

12.1. БАЗИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Механическая обработка деталей при ремонте является не только способом восстановления, как, например при ремонте под ремонтный размер, но и необходимой стадией предварительной обработки для придания детали правильной геометрической формы, снятия дефектного слоя, специальной подготовки поверхности под нанесение различного рода покрытий, а также как окончательная стадия обработки восстанавливаемых деталей. Длительное время операциям механической обработки деталей до номинальных размеров при восстановлении уделялось гораздо меньше внимания, чем операциям нанесения покрытий на изношенную поверхность. При этом методы, приемы и режимы обработки деталей переносились из области изготовления в область восстановления. В то же время, механическая обработка в условиях ремонтного производства имеет ряд специфических особенностей — отсутствие или износ первичных технологических баз, нестабильность физико-механических свойств, например твердости по поверхности восстанавливаемых деталей и припусков на обработку, значительная твердость и хрупкость большинства видов покрытий, широкая номенклатура обрабатываемых деталей.

Точность обработки деталей во многом зависит от правильного выбора установочных баз и применяемых приспособлений. При восстановлении деталей желательно использовать те же базы, что и при их изготовлении. Однако ввиду их повреждения или уничтожения это условие выполнить нельзя. В этом случае установочные базы исправляют или выбирают новые. При выборе новых установочных баз необходимо исходить из условия обеспечения требований технических условий по точности, положению осей и поверхностей детали в узле, качеству обработки. Выбранные базы должны гарантировать надежное крепление и минимальные деформации детали. В качестве установочных баз следует использовать поверхности, которые изготовлены с повышенной точностью и в процессе работы были подвергнуты минимальному износу и деформации. Целесообразно в качестве технологических баз принимать поверхности больших размеров, что обеспечивает точность базирования и закрепления вторичной заготовки в приспособлении. У деталей, не подвергающихся полной обработке, установочными базами для первой операции рекомендуется принимать поверхности, которые не обрабатываются, что обеспечит наименьшее смещение обработанных поверхностей относительно необработанных.

В случае если у вторичной заготовки обработке подвергаются все поверхности в качестве технологических баз для первой операции целесообразно принимать поверхности с наименьшими припусками, чтобы при дальнейшей обработке восстанавливаемой детали исключить возможность появления на них "чернот". База для первой операции должна выбираться с учетом обеспечения наилучших условий обработки поверхностей, принимаемых в дальнейшем в качестве технологических баз.

При выборе баз для чистовой обработки необходимо учитывать, что наибольшая точность обработки достигается при соблюдении принципа единства баз, т. е. при условии использования на всех операциях механической обработки одних и тех же базовых поверхностей. Кроме того, целесообразно соблюдать также принцип совмещения баз, согласно которому в качестве базовых поверхностей используют конструкторские и измерительные базы. При совмещении технологической и измерительной баз погрешность базирования равна нулю. Базы для финишной обработки должны обладать наибольшей точностью размеров и геометрической формы, а также наименьшей шероховатостью. Они не должны деформироваться в процессе механической обработки.

Необходимо отметить, что при ремонте автомобилей используются не только детали с номинальными размерами, но и детали, имеющие допустимый износ, величина которого назначается исходя из условия возможности расширения той или иной посадки сопряжения. При этом не учитываются погрешности базирования и возможного отклонения в заданной точности обработки. Использование деталей с допустимым износом расширяет начальные посадки сопряжений в результате увеличения допусков сопрягаемых деталей, что вызывает повышение погрешности базирования и, как следствие этого, снижение точности обработки.

Выбор технологических баз при различных видах механической обработки рассмотрим на ряде примеров.

При восстановлении фрезерованием шпоночных пазов под увеличенный размер шпонок, а также при фрезеровании шлицев после наплавки и токарной обработки базирование ряда деталей

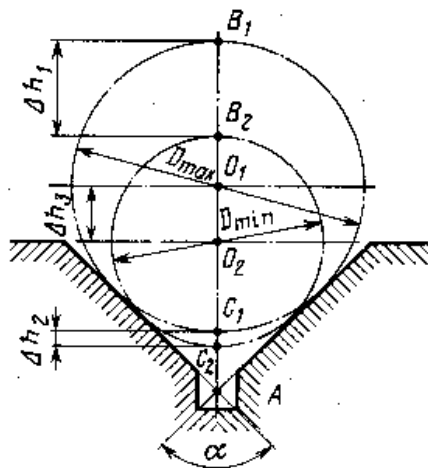


Рис. 12.1. Влияние угла призмы на точность установки

осуществляется на призму по цилиндрической поверхности шейки вала с допустимым износом. Известно, что погрешность базирования при установке на призму цилиндрической поверхности зависит от допуска на диаметр цилиндра, угла призмы и положения конструкторской базы. Погрешность базирования D_0 на призме может быть найдена при рассмотрении положения двух валов из партии деталей с допустимым износом диаметров D_{max} и D_{min} (рис. 12.1). Расстояния между верхними образующими валов Δh_1 , нижними

образующими Δh_2 и осями валов Δh_3 являются погрешностями базирования соответствующих размеров h_1 , h_2 и h_3 при установках по схемам, приведенным на рис. 12.2, а, б, в и в табл. 12.1, где даны значения коэффициентов k_1 , k_2 и k_3 для различных углов призмы:

$$\Delta_{\delta 1} = \Delta h_1 = \delta_D l + \sin \frac{\alpha}{2} / (2 \sin \frac{\alpha}{2}) = k_1 \delta_D;$$

$$\Delta_{\delta 2} = \Delta h_2 = \delta_D l - \sin \frac{\alpha}{2} / (2 \sin \frac{\alpha}{2}) = k_2 \delta_D;$$

$$\Delta_{\delta 3} = \Delta h_3 = \delta_D l / (2 \sin \frac{\alpha}{2}) = k_3 \delta_D;$$

где δ_D — допуск на диаметр вала ($\delta_D = D_{\max} - D_{\min}$).

Из приведенных зависимостей следует, что с расширением допуска, т. е. с увеличением допустимого износа, погрешность базирования возрастает. При установке деталей в приспособлениях по изношенному цилиндрическому отверстию на жесткую оправку (например, при обработке отверстий в ступицах колес при восстановлении их способом дополнительных деталей) погрешность базирования также возрастает в результате увеличения зазора между базовым отверстием и оправкой. В этом случае погрешность

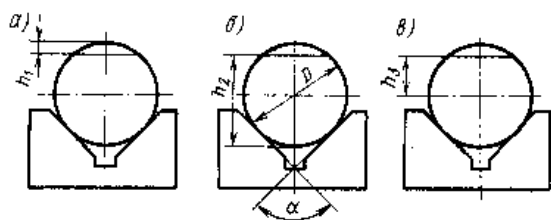


Рис. 12.2. Варианты расположения конструкторской базы при установке деталей на призму

базирования

$$\Delta_{\delta} = S_{\max} = S_{\min} + \delta_A + \delta_B,$$

где S_{\max} , S_{\min} — соответственно максимальный и минимальный зазоры между отверстиями детали и оправки; δ_A — допуск на диаметр отверстия; δ_B — допуск на диаметр оправки.

Точность обработки δ_D при рассматриваемых условиях снижается, что видно из следующей зависимости:

$$\delta_D = \delta_{\text{пр}} + \sqrt{\Delta_z^2 + \Delta_y^2},$$

где $\delta_{\text{пр}}$ — допуск на неточность изготовления установочных элементов приспособления, влияющий на качество обработки детали; Δ_z — сумма погрешностей, зависящая от принятого метода обработки (экономическая точность); Δ_y — погрешность установки; $\Delta_y = \Delta_{\delta} + \Delta_z$ (Δ_z — погрешность закрепления).

Большое число различных валов, крестовин дифференциала, а также других деталей обрабатывают в центрах. При износе центровых гнезд просадка центров возрастает, что увеличивает погрешность Δl базирования в осевом направлении, так как $\Delta l = \Delta_{\text{ц}}$ где $\Delta_{\text{ц}}$ — значение просадки центров. Износ центров имеет существенное значение особенно там, где необходимо выдерживать линейные размеры шеек валов, не говоря уже о том, что во всех случаях обработка

деталей с предварительно невосстановленными центрами недопустима, так как приводит к браку изделий. При использовании плавающего центра погрешность базирования равна нулю.

При восстановлении отверстий под наружные кольца подшипников качения в картерах коробок передач и редукторах установка последних осуществляется на плоскость и два пальца. Погрешность базирования в этом случае возникает из-за смещения детали в направлении продольной и поперечной осей или перекоса в плоскости базирования относительно осей пальцев. Погрешность базирования в направлении осей $\Delta_{\delta 1} = \Delta_{\delta 2} = S_{\max}$

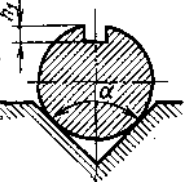
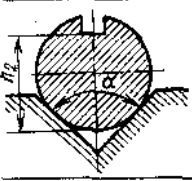
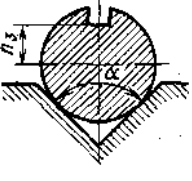
Наибольший возможный угол перекоса находится по тангенсу угла

$$\operatorname{tg} \alpha = (S_{1\max} + S_{2\max}) / l,$$

где α — угол, образуемый в результате перекоса осей; $S_{1\max}$, $S_{2\max}$ — максимальные зазоры в сопряжении с первым и вторым пальцами; l — расстояние между центрами базовых отверстий.

Для повышения точности базирования одному из пальцев придают ромбическую форму.

Таблица 12.1. Значения коэффициентов k_1 , k_2 и k_3

Эскиз	Коэффициент	Значение коэффициента для угла призмы, град			
		60	90	120	180
	k_1	1,5	1,21	1,08	1,0
	k_2	0,5	0,21	0,0	0
	k_3	1,0	0,7	0,58	0,5

При установке деталей в цанговые патроны влияние допустимых износов не сказывается на погрешности базирования, так как в радиальном направлении она равна нулю.

По всем этим причинам механическую обработку деталей необходимо начинать с исправления базовых поверхностей, а при использовании в качестве баз рабочих поверхностей деталей ориентироваться на неизношенные участки. При исправлении базовых поверхностей можно использовать другие базы, связанные с исправляемой базой жесткими размерами и другими требованиями.

При восстановлении деталей на их изношенные поверхности необходимо нанести определенный слой материала. Толщину наносимого слоя A_{cl} выбирают с учетом износов деталей и припуска на последующую механическую обработку. Толщину определяют как разность между

номинальным размером новой P_n и изношенной детали P_u с учетом припуска на последующую обработку $Z_{пр}$:

$$A_{cl} = (P_n - P_u) - Z_{пр}$$

Разность $P_n - P_u = \Delta И$ и есть износ детали. Тогда $A_{cl} = \Delta И + Z_{пр}$.

Образованный в процессе восстановления припуск есть слой материала, необходимый для выполнения всей совокупности технологических переходов при восстановлении данного элемента

детали. Различают припуски для внешних и внутренних поверхностей восстанавливаемых деталей. В процессе восстановления возможно симметричное и асимметричное образование припуска на обработку.

Погрешности геометрических форм — эллиптичность, гранность, волнистость, выпуклость, вогнутость и т. п. — должны укладываться в поле допуска на размер восстанавливаемого элемента детали, который учитывают при установлении припуска на обработку.

Пространственные отклонения — изогнутость, смещение и увод осей, непараллельность, перпендикулярность осей и поверхностей, отклонения от взаимного положения элементов детали — не связаны с допуском на размер и их следует учитывать при определении припуска отдельно в тех случаях, когда такие погрешности имеются.

Увеличение припуска, компенсирующее все пространственные отклонения, обозначим через $\Sigma\Delta$. Необходимо учитывать и погрешность установки восстанавливаемой детали при выполняемом переходе $\varepsilon_{ЗВ}$.

Одним из основных факторов, влияющих на определение припуска, является его дефектный слой C_d (рис. 12.3). Глубина дефектного слоя, мм, зависящая от способа и режимов восстановления деталей: Металлизация:

плазменно-дуговая 0,02 — 0,05

электродуговая 0,5 — 1

газовая 0,02—0,05

высокочастотная 0,025—0,05

Наплавка:

электродуговая :

автоматическая подслоем

флюса 0,2 — 0,5

порошковыми проволоками . 1,2 — 2,4

в среде защитных газон 0,4 — 0,8

в среде водяного пара 0,5 — 1

электроимпульсная 0,2 — 0,4

вибродуговая 0,2 — 0,5

ручная (электродами) 0,5 — 1

плазменная 0,05 — 0,1

индукционная 0,15—0,3

газовая 0,25 — 0,5

электрошлаковая] — 2

Электролитическое осаждение:

хромирование 0,02 — 0,03

железнение (осталивание) . . 0,03 — 0,05

никелирование 0,02 — 0,03

Нанесение полимерных материалов: напылением:

газопламенным 0,35 --0,7

в электростатическом поле . 0,02 — 0,05

в псевдосжиженном слое . . . 0,02 — 0,06

литьем под давлением 0,15 — 0,21

заливкой жидким металлом I — 2,5

Промежуточный припуск мм, на механическую обработку в процессе восстановления поверхностей деталей при симметричном припуске

$$2Z_{\text{в}} \geq \sigma_a + 2(H_a + C_d) + \Sigma \Delta a + \varepsilon_{\text{ЗВ}}$$

где σ_a — допуск на размер предшествующего перехода, мм; H_a — наибольшая высота поверхностных микронеровностей, мм.

Промежуточный, припуск, мм, на механическую обработку при асимметричном припуске.

$$Z_{\text{в}} \geq \sigma_a + H_a + C_d + \Sigma \Delta a + \varepsilon_{\text{ЗВ}}/2$$

В тех случаях, когда поверхностный изношенный слой восстанавливаемой детали не является дефектным при симметричном припуске, $2Z_{\text{в}} \geq \sigma_a + 2H_a + \Sigma \Delta a + \varepsilon_{\text{ЗВ}}$

при асимметричном припуске $Z_{\text{в}} \geq \sigma_a + H_a + \Sigma \Delta a + \varepsilon_{\text{ЗВ}}/2$

Толщина материала, наносимого на симметрично изношенные детали $A_{\text{сн}} = \Delta И + 2Z_{\text{в}}$, а для несимметрично изношенных, $A_{\text{сн}} = \Delta И + Z_{\text{в}}$.

Существующие методы восстановления при постоянных режимах обеспечивают относительно одинаковую толщину покрытия. Так как на восстановление поступают детали с разной степенью износа, то при нанесении на изношенные поверхности одинакового слоя материала припуски на их последующую механическую обработку будут различными.

Минимальные припуски $Z_{\text{мин}}$, мм, при восстановлении деталей сваркой, наплавкой и металлизацией приведены ниже:

Восстановление деталей сваркой

и наплавкой:

ручная наплавка 2 — 3

наплавка над слоем флюса 1

электроконтактная наплавка .. 0,8 — 1

Металлизация 0,4

А минимальные припуски при

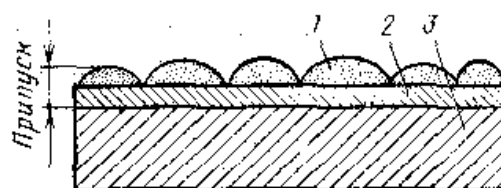


Рис. 12.3. Схема разреза восстанавливаемой детали с образованным на ней припуском и дефектным слоем:
1 — дефектный слой; 2 — качественный слой; 3 — металл восстанавливаемой детали

восстановлении деталей гальванопокрытиями и пластической деформацией приведены в табл. 12,2 и 12.3.

С увеличением припуска возрастает трудоемкость обработки детали резанием. Характер влияния глубины резания t на степень изменения машинного времени обработки T_0 определяется зависимостью $T_0=f(t)$.

При ремонте деталей под ремонтный размер минимальный припуск

$$Z_{\min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{P_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}$$

где Rz_{i-1} —глубина задигов или шероховатость поверхности, соответствующая классу ее чистоты; T_{i-1} — глубина поврежденного слоя; принимается только при наличии цветов побежалости на поверхности детали и может быть принята равной 0,05 мм; P_{i-1} — пространственные отклонения; для вала это биение, для втулки — разностенность; ε_i — погрешность установки.

Т а б л и ц а 12.2. Минимальный припуск на механическую обработку, создаваемый при гальваническом способе деталей

Вид обработки	Припуск на обработку, мм	
	предварительную	окончательную
Бесцентровое шлифование	$2z = 0,05 + 0,9\sqrt{\delta}$	$2z = 0,072 + 0,9\sqrt{\delta}$
Круглое шлифование в центрах	$2z = 0,07 + 0,9\sqrt{\delta}$	$2z = 0,099 + 0,9\sqrt{\delta}$
Чистовая расточка или внутреннее шлифование	$2z = 0,07 + 0,063\sqrt[3]{d} + 0,9\sqrt{\delta}$	$2z = 0,099 + 0,063\sqrt[3]{d} + 0,9\sqrt{\delta}$

У с л о в н ы е о б о з н а ч е н и я: δ — допуск на выполнение предшествующей операции, мм. Допуск принимают равным допуску на соответствующий диаметр для отверстия A_3 или для вала B_3 ; d — диаметр ремонтируемой поверхности.

Т а б л и ц а 12.3. Минимальный односторонний припуск на механическую обработку, мм, создаваемый при восстановлении детали способом давления

Масса ремонтируемой детали, кг	Припуск на сторону при толщине (высоте), длине или ширине детали, мм										
	до 50	50 — 120	120 — 180	180 — 260	260 — 360	360 — 500	500 — 630	630 — 800	800 — 1000	1000 — 1250	1250 — 1600
<i>Ремонт деталей осаждением, дорнированием, обжатием, вытягиванием</i>											
До 0,25	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,4	1,6	—	—
Свыше 0,25 до 0,63	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	—	—
" 0,63 " 1,60	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	—	—
" 1,60 " 2,50	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	—	—
" 2,50 " 4,00	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	—	—
" 4,00 " 6,30	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	3,1
" 6,30 " 10,00	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,6	2,9	3,2
" 10,00 " 16,00	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	3,1	3,4
" 16,00 " 25,00	2,1	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6
" 25,00 " 40,00	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,2	3,5	3,8
" 40,00 " 63,00	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5	3,8	4,1
" 63,00 " 100,00	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	3,7	3,9	4,1	4,5
" 100,00 " 125,00	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,7	3,8	4,0	4,2	4,4	4,8
" 125,00 " 160,00	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,5	4,8	5,1
" 160,00 " 200,00	4,0	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,7	4,9	5,2	5,5
<i>Ремонт деталей вдавливанием</i>											
До 0,25	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	—	—	—	—	—	—
Свыше 0,25 до 0,63	1,2	1,3	1,4	1,6	0,8	2,1	—	—	—	—	—
" 0,63 " 1,60	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	—	—	—	—
" 1,60 " 2,50	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,1	—	—	—
" 2,50 " 4,00	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	—	—
" 4,00 " 6,30	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,6	4,0	4,5	—
" 6,30 " 10,00	2,3	2,4	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,8	4,2	4,7	5,4
" 10,00 " 16,00	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	4,0	4,4	4,9	5,6
" 16,00 " 25,00	2,7	2,8	2,9	3,1	3,3	3,6	3,8	4,2	4,6	5,1	5,8
" 25,00 " 40,00	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5	3,8	4,0	4,4	4,8	5,3	6,0
" 40,00 " 63,00	3,2	3,3	3,4	3,6	3,8	4,1	4,3	4,7	5,1	5,6	6,3
" 63,00 " 100,00	3,7	3,8	3,9	4,1	4,3	4,6	4,8	5,2	5,6	6,1	6,8
" 100,00 " 125,00	4,0	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,5	5,9	6,4	7,1
" 125,00 " 160,00	4,4	4,5	4,6	4,8	5,0	5,3	5,5	5,9	6,3	6,8	7,5
" 160,00 " 200,00	5,1	5,2	5,3	5,5	5,7	6,0	6,2	6,6	7,0	7,5	8,2

12.2. ОБРАБОТКА НАПЛАВЛЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Выбор вида обработки наплавленных поверхностей зависит от их твердости и хрупкости, припуска для удаления дефектного слоя, производительности процессов, требуемой точности. Предварительная обработка деталей после наплавки, как правило, выполняется резцами с пластинами из твердого сплава Т5К.Ш и Т15К6. Заточку резцов выполняют с отрицательным передним углом $\gamma=8—10^\circ$, положительным задним углом $\alpha=10—15^\circ$ и главным углом в плане $\Phi=65—75^\circ$. Указанная геометрия резца дает возможность увеличить его износостойкость и прочность в результате улучшения отвода тепла, уменьшения усилия резания и улучшения условий работы режущей кромки.

Значительное влияние на работоспособность резцов и качество наплавленной поверхности оказывает скорость резания. В результате изменения скорости резания можно снизить шероховатость поверхности на 1 — 2 класса и повысить твердость наплавленного слоя на 15 — 20

%. При этом глубина наклепа поверхностного слоя будет 120—160 мкм, а глубина распространения остаточных тангенциальных напряжений 150—380 Н/М.

В табл. 12.4 приведены режимы обработки и материалы инструмента для обработки наплавленных поверхностей различной твердости.

Следует отметить, что при обработке наплавленных поверхностей резцами из твердого сплава ТК не всегда удается достичь высокого качества поверхности детали. Так, при электродуговой наплавке порошковой проволокой ГПРН-120 получаемая поверхность имеет макронеровности размером до 1,0—1,5 мм и значительную волнистость. В наплавленном слое вблизи от поверхности имеются раковины, неметаллические включения (флюс, оксиды и т. д.). Из-за специфических условий нанесения и охлаждения наплавленного слоя его твердость неравномерна и колеблется от 34—36 до 46—48 НС. Применение указанного вида проволоки вызывает значительные трудности из-за низкой обрабатываемости этого материала. Так, при обработке резцами Т15К6 при скорости резания 0,4—0,5 м/с, подаче 0,1—0,12 мм/об и глубине резания до 2,5 мм стойкость резцов не превышала 30 мин. При этом наблюдалось частое разрушение инструмента.

Т а б л и ц а 12.4. Режимы обработки наплавленных поверхностей

Типовая поверхность	Твердость HRC материала после наплавки	Материал инструмента	Режимы резания			Технологические среды
			скорость, м/с	подача, мм/об	глубина, мм	
Гладкая наружная цилиндрическая	Менее 30—35	Твердые сплавы: Т15К6, Т17К8, ВК60М, СТИМ-ЗБ	1,5—2,0 2,2—2,8	0,1—0,4 0,1—0,2	2,0—3,0 2,0—3,0	Эмульсол ЭТ-1
	30—45	СТИМ-ЗБ	1,7	0,2—0,2	1,5—2,5	
	Более 45	ПСТМ, киборит	2,0—2,2	0,2—0,25	1,5—2	Без охлаждения
Прерывистая наружная цилиндрическая	Менее 30—35	Твердый сплав ВК60М	0,7—0,8	0,2—0,4	1,5—2,0	Эмульсол ЭТ-1
	35—45	ПСТМ, киборит	0,8—1,2	0,15—0,2	1,0—1,5	Без охлаждения
Шлицевая, торцевая зубчатых колес	45—62	Киборит	0,7—0,8	0,1—0,15	1,0—1,2	То же
Гладкая внутренняя цилиндрическая	Менее 30—35	Твердые сплавы: Т15К6, Т17К8, ВК60М	1,0—1,5	0,1—0,2	1,5—2,5	Эмульсол ЭТ-1

Перспективным является применение в качестве материала инструмента киборита — нового поликристаллического сверхтвердого материала, что, поданным ИСМ АН Украины, позволило существенно увеличить производительность и качество точения. Применение резцов из указанного материала позволило увеличить их стойкость до 120—180 мин при увеличении скорости резания до 1,63—1,83 м/с и подачи до 0,17—0,20 мм/об с прежней глубиной резания.

Для чистовой и отделочной обработки наплавленных покрытий используют шлифование. Как правило, в качестве абразивного материала используют электрокорунд нормальный (Э),

белый (ЭБ) и монокорунд (М). При обработке наплавленных поверхностей наибольшей стойкостью обладает абразивный инструмент на бакелитовой и вулканитовой связках.

Детали, восстановленные наплавкой твердыми порошковыми материалами на железной основе, например сормайт, УС-25, ФБХ-6-2, целесообразно обрабатывать шлифованием методом врезания. Наиболее высокие показатели процесса обработки наплавки достигаются при сухом шлифовании. Шлифование без охлаждения жидкостью позволяет вести процесс обработки в условиях разупрочнения обрабатываемого материала в месте контакта круга с восстанавливаемой деталью.

Детали, восстановленные наплавкой сормайтом, целесообразно предварительно обрабатывать шлифовальным кругом из хромистого электрокорунда 34А40СМ16К, а УС-25 и ФБХ-6-2 — шлифовальным кругом из карбида кремния 64С25СМ16К.

Оптимальные значения основных показателей режима чернового шлифования: окружная скорость круга, соответствующая наибольшей его стойкости $v_k=35$ м/с; окружная скорость детали $v_d=11$ м/мин.

Оптимальные значения скоростей съема металла наплавки, соответствующие минимуму удельной себестоимости:

для сормайта $Q_m=7$ см³/мин;

для УС-25 $Q_m=4$ см³/мин;

для ФБХ-6-2 $Q_m=4,5$ см³/мин;

для ПГ-ХНЭОСРЗ $Q_m=3$ см³/мин.

Минутная поперечная подача круга, соответствующая оптимальной скорости съема металла:

$$st_m = Q_m / (\pi DL)$$

где Q_m — оптимальная скорость съема металла наплавки, мм³/мин; D — диаметр обрабатываемой поверхности, мм; L — длина обрабатываемой поверхности, мм,

В табл. 12.5 представлены данные минутной поперечной подачи в зависимости от. Диаметра и ширины шлифования поверхностей, наплавленных различными сплавами.

Шероховатость поверхности можно регулировать, улучшая качество круга, которое при его правке зависит от скорости подачи алмазно-металлического карандаша. Так, при подаче карандаша со скоростью 0,1 мм/об шероховатость поверхности составляет $Ra 0,4 — 0,8$, а при скорости 0,2 мм/об —

Т а б л и ц а 12.5. Минутная поперечная подача st_m

Диаметр обрабатываемой поверхности, мм	Частота вращения детали, об/мин	Обрабатываемый материал	Подача st_m , мм/мин, при длине шлифования, L_d , мм			
			15	25	35	45
40	95	Сормайт	3,9	2,3	1,67	1,3
50	75	"	3,1	1,85	1,3	1,0
60	65	"	2,6	1,55	1,1	0,87
70	55	"	2,2	1,3	0,96	0,74
80	50	"	1,95	1,15	0,83	0,65
40	95	ФБХ-6-2	2,2	1,3	1,0	0,74
50	75	УС-25	1,8	1,0	0,78	0,6
60	65	То же	1,5	0,9	0,64	0,5
70	55	"	1,25	0,76	0,54	0,4
80	50	"	1,1	0,66	0,47	0,37
40	95	ПГ-ХНЭОСРЗ	1,6	0,95	0,65	0,55
50	75	То же	1,25	0,75	0,55	0,45
60	65	"	1,05	0,65	0,4	0,35
70	55	"	0,9	0,55	0,4	0,3
80	50	"	0,8	0,45	0,35	0,25

Ра. 1,6. Припуск на окончательную механическую обработку не должен превышать 0,3 мм на сторону.

Чистовую обработку наплавленных поверхностей осуществляет шлифовальным кругом из электрокорунда белого повышенного качества 39А, зернистостью 24 — 40, твердостью СМ2 — С1 с керамической связкой. Для уменьшения шероховатости поверхности и снижения погрешности геометрической формы в конце цикла шлифования предусмотрено выхаживание в течение 0,1 — 0,15 мин. Режимы чистового шлифования наплавленных деталей приведены в табл. 12.6.

В режимах шлифования поверхностей восстановленных контактной наваркой ленты или проволоки особых отличий нет.

12.3. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ С ГАЗОТЕРМИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ

Чтобы увеличить прочность сцепления газотермических покрытий с основным металлом перед напылением проводят предварительную механическую обработку детали на токарных станках, которая заключается в нарезании рваной резьбы, кольцевых канавок, косой сетчатой накатки поверхности. В данном случае режим обработки и выбор материала инструмента зависят от материала и габаритов детали и от требуемой шероховатости поверхности.

В зависимости от назначения восстанавливаемой детали, требований

Примечание. Скорость вращения круга составляет 35 м/с. Скорость вращения детали При предварительном шлифовании — 15 — 20 м/мин, при окончательном — 20 — 25 м/мин, Минутная поперечная подача Не превышает 0,15 мм/мин.

к шероховатости ее поверхности и

точности применяют размерную или безразмерную механическую обработку покрытия. Если разнотолщинность газотермического покрытия превышает допуски, применяют размерную обработку резанием, шлифованием или полировкой. Если необходимо придать напыленной поверхности лишь требуемую степень чистоты, применяют различные виды безразмерной обработки.

Детали с напыленными покрытиями подвергают различным видам механической обработки — точению, шлифованию, сверлению, строганию, хонингованию, а также слесарной опиловке, шабровке, анодно-механической и электроискровой обработке. Механическая обработка металлических покрытий может осуществляться не только в результате съема материала, но и методами пластической деформации — обкаткой роликом, обработкой металлическими щетками,

Т а б л и ц а 12.6. Режимы чистового шлифования наплавленных деталей

Вид шлифования	Обрабатываемый материал	Твердость HRC	Скорость съема металла, мм/мин	Стойкость круга, мин
Предварительное	Нп-65Г	45—	10 000—	10—
	Нп-30Х	52	12 000	12
	ГСА	42—	8000 —	10 —
		54	10 000	12
Окончательное	Св-08Г	25—	1000—	40 —
	2С	45	1500	50
	Нп-65Г	45—	1000—	40 —
	Нп-30Х	55	1500	50
	ГСА	45—	1000—	40 —
		54	1500	50

дробью и т. п. Однако своеобразие структуры напыленных покрытий, сложенных из отдельных частиц, обладающих пониженными когезионной Прочностью и теплопроводностью и содержащих при напылении на воздухе включения оксидов и нитридов, требует выбора наиболее целесообразного вида инструмента и использования специальных режимов обработки.

Наиболее часто используют точение и шлифование. Выбор способа и режимов обработки зависит от свойств покрытия и его эксплуатационного назначения.

При токарной обработке покрытий из стали и цветных сплавов (кроме никелевых самофлюсующихся) обычно используют резцы из твердых сплавов ВК2, ВК6, ВК3М, Т15К6 и т. п. При точении плазменных покрытий из тугоплавких оксидов применяют инструмент с механическим креплением четырехгранных твердосплавных пластин марок ВК60М и ВК60М+TiC или резцовые вставки, оснащенные поликристаллами Эльбор-Рили ПТНБ. Покрытия из самофлюсующихся сплавов успешно обрабатывают резцами из Гексанита-Р и Эльбора-Р.

Исследования режимов точения напыленных покрытий показали целесообразность применения скорости резания в пределах 15 — 45 м/мин и подачи 0,10 — 0,15 мм/об при черновой и 0,05 — 0,08 мм/об при чистовой обточке.

Наиболее распространенным методом механической обработки плазменных покрытий является шлифование. В качестве инструмента в большинстве случаев используют алмазные круги из карбида кремния, реже — корундовые или из эльбора.

При выборе типа алмазных кругов рекомендуют 100— 125 %-ную концентрацию алмазного зерна. Высокая концентрация алмаза создает большую поверхность резания, снижает степень нагрева покрытия и обеспечивает более экономичное использование кругов. Обычно используют круги на органической (бакелитовой) или керамической связке.

Достижимая чистота обработки определяется крупностью зерна алмаза. Так, размер зерна АСВ 12 (125 — 160 мкм) позволяет получить поверхность с показателем шероховатости $Ra=0,063$ — $0,125$ мкм. При крупности зерна АСВ 5 (50 — 63 мкм) достигается $Ra=0,032$ — $0,050$ мкм, при М40 $Ra=0,020$ — $0,040$ мкм.

Шлифование должно проводиться с подачей охлаждающей жидкости. Наилучшим вариантом охладителя является вода с добавкой 5 % эмульсола Э-2 при расходе его 0,6 — 0,85 л/мин. Окружная скорость шлифовального круга — 25 — 35 м/с; поперечная подача — не более 12,5 мкм за проход; продольная подача не более 2 мм за 1 оборот; окружная скорость вращения или скорость продольного перемещения детали 12 — 36 м/мин.

Шероховатость поверхности с $Rz=0,04$ — $0,08$ мкм можно получить притиранием поверхности после шлифования кругом с зерном АСВ5. Достижимая чистота зависит от крупности применяемых алмазных микропорошков и составляет, например, для покрытия из ВК9

при крупности зерна микропорошка ACM7 $R_z = 0,080-0,100$ мкм; при ACM5 — $R_z = 0,04-0,08$ мкм; при ACM2 — $R_z = 0,0254-0,05$ мкм.

Для шлифования покрытий из самофлюсующихся сплавов после термообработки (оплавления) используют круги из зеленого карбида кремния марки КЗ зернистостью М25, М40 и твердостью СМ1 — СТ1, а также из эльбора (ЛПП СЮ Л12 100 %-ной концентрации).

Иногда для повышения экономичности процесса используют комбинированную технологию, при которой черновое шлифование проводят алмазными кругами, а чистовое — кругами из карбида кремния.

При сверлении, строгании, фрезеровании или слесарной обработке покрытий технологические приемы должны исключить нагрузку покрытий на растяжение или изгиб. При нарезании резьбы она по возможности должна начинаться в основном металле, для чего покрытие следует раззенковать и снять фаску.

В результате механической обработки в поверхностном слое покрытия возникают пластическая деформация, наклеп, нагрев, внутренние остаточные напряжения, что приводит к снижению прочности сцепления покрытия с основой (на 15 — 30 %), изменению открытой пористости покрытия (снижение пористости при черновом точении достигает 15 %, при чистовом — 25, при шлифовании — 55 %). В том случае, если необходимо сохранить открытую пористость и достичь высокой чистоты поверхности, может быть использована анодно-механическая обработка.

12.4. ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ С ГАЛЬВАНИЧЕСКИМИ ПОКРЫТИЯМИ

За последнее время все больше при восстановлении деталей стали занимать электролитические покрытия твердого железа, которые отличаются от других электролитических покрытий недефицитностью применяемых материалов, высокими эксплуатационными свойствами и технико-экономическими показателями.

В то же время механическая обработка деталей, восстанавливаемых твердым железом, представляет определенные трудности, обусловленные специфическими свойствами твердого электролитического железа, которые выражаются его двойственной природой: с одной стороны, это практически чистое железо с содержанием углерода 0,04 — 0,06 %, с другой — высокая твердость, достигающая $H_{ц} = 5500 — 6500$ МПа и выше. Специфические свойства электролитического железа определяют и своеобразие металла на внешние воздействия при механической обработке, например, температуру и давление.

Механическую обработку твердых железных покрытий выполняют на шлифовальных и в меньшей степени на токарных станках. Особенности физико-механических свойств железных покрытий определяют характер стружкообразования, шероховатость обработанных поверхностей и износ режущего инструмента. Небольшие

припуски на механическую обработку, требуемые при наращивании деталей электролитическим железом, вызывают необходимость применения в процессе обработки небольшие глубины резания $t=0,15-0,20$ мм и подачи $s=0,15-0,20$ мм/об.

При обработке на токарных станках коэффициент усадки стружки близок к единице (0,96 — 1,2), что характерно для металлов с повышенной хрупкостью и пониженной вязкостью. Характерной особенностью обработки твердого железа является уменьшение силы резания P_z с увеличением скорости резания и снижением подач. Необходимо отметить, что минимальное значение P_z принимает при переднем угле заточки $\gamma = -2^\circ - 0^\circ$, главном заднем угле $\alpha = 7^\circ - 10^\circ$, углах в плане $\varphi = 35^\circ - 40^\circ$ и $\varphi_1 = 10^\circ$ и радиусе закругления резца при вершине 0,5 — 0,8 мм.

Резцы при обработке твердого железа желательно затачивать на универсально-заточных станках алмазными чашечными кругами АЧК или плоскими кругами АПК-Зернистость алмазных кругов 125/100 — 80/63, органическая связка Б1 (карбид бора, кульверкарбит). В качестве материала для режущего инструмента целесообразно применять ТЗОК4, Эльбор-Р и Гексалит-Р.

Точение не во всех случаях обеспечивает требования по точности и шероховатости восстановленных твердым железом деталей. Более производительным методом обработки, обеспечивающим высокую точность и малую шероховатость обрабатываемых поверхностей, является шлифование.

Для обработки шлифованием твердого электролитического железа характерна работа абразивных кругов с притуплением. Возрастает округлость граней у зерен. Эта особенность проявляется в росте усилия резания на 40 % (при переходе с абразивных кругов твердости СМ1 на твердость СТ1) при постоянстве условий обработки. С-повышением твердости абразивных кругов наблюдается пере ход работы круга из области работы с притуплением в область работы круга с налипанием обрабатываемого металла на режущих гранях зерна, чем и объясняется рост шероховатости обрабатываемой поверхности твердого железа Ra . Наиболее рациональным абразивным кругом является круг 33А40СМ2К. Для получения поверхностей с шероховатостью $Da=0,16-0,32$ мкм (также шлифованием) целесообразно применять круги 24А25СМ2К-

Поперечная подача $s_{\text{поп}}$ оказывает влияние на внедрение зерен круга в металл. Увеличение контакта круга с деталью способствует возрастанию температурных полей, что снижает качество поверхности. Увеличение поперечной подачи с 0,005 до 0,025 мм вызывает рост температуры в 1,75 раза, интенсивность разупрочнения поверхностных слоев и шероховатость поверхности увеличиваются в 2,9 раза, а режущая способность абразивного круга — в 1,77 раза. При этом повышается нагрузка на абразивное зерно, оно глубже проникает в обрабатываемый материал. Это сопровождается ростом температурных полей в обрабатываемом материале до 400 — 435 °С и разупрочнением поверхностных слоев на 10— 13 %. Необходимо отметить, что применять при шлифовании продольные подачи свыше 0,012 мм нецелесообразно из-за ухудшения качества поверхностного слоя электролитического покрытия.

В качестве СОЖ при шлифовании твердого железа целесообразно применять 1 %-ный раствор соды в воде, который наибольшим образом понижает температуру в зоне резания.

12.5. ОБРАБОТКА СИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Одной из важнейших предпосылок высокого качества синтетических покрытий является соответствующая подготовка поверхностей восстанавливаемых деталей. Наиболее важным является влияние шероховатости на прочность покрытия. По мере ее увеличения прочность сцепления увеличивается как следствие увеличения площади контакта между основным металлом и покрытием. В то же время, прочность сцепления заметно снижается, если расплавленный материал из-за малой текучести не способен заполнить углубления шероховатой поверхности.

Поверхности восстанавливаемых деталей подготавливают при помощи токарной обработки или шлифования. Обработку на токарных станках проводят без применения охлаждающей жидкости, чтобы избежать загрязнения детали. При помощи шлифования подготавливают поверхности, имеющие твердость *HRC* 50 — 60.

Долговечность покрытий в значительной мере зависит от равномерности толщины слоя. На срок службы покрытия тела вращения (с максимальной овальностью 0,01 — 0,03мм) существенным образом влияют не только подготовка поверхности, но и точность обработки под номинальный размер. Неравномерная толщина слоя является источником внутренних напряжений, в результате которых происходит отслоение покрытий. Это вредное явление наблюдается главным образом у покрытий, нанесенных на стенки отверстий, в тех местах, где диаметр сверления изменяется ступенчато.

Перед обработкой под номинальный размер, выполняемой после нанесения покрытия, для точного центрирования и базирования детали в станке необходимо проверить центровые отверстия и базы, удалить случайные наплывы пластмассы, не повредив металлическую основу. Нанесение покрытий всегда целесообразно выполнять таким образом, чтобы центровые отверстия оставались совершенно чистыми. Если они находятся вблизи покрываемых поверхностей, то их следует прикрывать. С края поверхности, покрытой пластмассовым слоем, который при сборке должен соответствовать точной пек езде детали, в процессе доводки до номинального размера (вала и отверстия) -должна .быть снята .фаска 303х3 или 30°Х5мм для предупреждения перекосов при сборке.

Режим обработки резанием термопластов (в том числе покрытий из полиамида) зависит от температуры плавления материала. Параметры заточки режущего инструмента и скорость резания отличаются от условий характерных для металлов. Общее правило — режущий инструмент должен контактировать с обрабатываемым материалом на возможно меньшей поверхности и возможно меньшее время.

Охлаждение режущего инструмента:

при токарной обработке — только воздушное охлаждение или вообще без охлаждения (чтобы иметь возможность вторичного использования стружки);

при шлифовании—обильная струя охлаждающей эмульсии.

Максимальное сечение стружки ограничивается лишь допустимым усилием резания, которое зависит от подачи и глубины резания, материала заготовки, ее формы, способа закрепления детали, и жесткости резца.

Предел прочности при растяжении полиамидов — $60 \div 120 \text{ Н/мм}^2$, а металлов (от чугуна до стальных сплавов) — $120 \div 150 \text{ Н/мм}^2$. Из этого следует, что определением площади сечения стружки при обработке пластмасс можно пренебречь. При черновом обтачивании необходимо подбирать наибольшее сечение с такой глубиной резания, чтобы до достижения припуска для чистового обтачивания требовалось минимальное число проходов. При значительной глубине резания следует применять малые скорости вращения.

К пластмассовым покрытиям могут быть применены, как правило, те способы и виды обработки, которые используются для металлов. Весьма важным моментом является центрирование детали. Ее необходимо закреплять в старых центровых отверстиях, чтобы толщина покрытия была везде одинаковой.

Наиболее распространенным способом обработки пластмассовых покрытий до номинальных размеров является точение.

Частоту вращения токарного станка следует устанавливать в каждом отдельном случае, согласуясь с формой детали и принимая во внимание скорость резания, необходимую для обработки. Для трех основных групп деталей рекомендуются следующие режимы:

для фасонных, несбалансированных частота вращения станка $n=200 \div 400$ об/мин, скорость резания $v=100 \div 300$ м/мин;

для фасонных, среднесбалансированных $n=400 \div 630$ об/мин, $v=100 \div 400$ м/мин;

для сбалансированных тел вращения $n=630 \div 1800$ об/мин, $v=100 \div 800$ м/мин.

Для обработки деталей, относящихся к первым двум группам, целесообразно изготовлять зажимные приспособления, которые помимо центрирования позволяют сбалансировать неравномерное распределение массы и избежать резонансных биений даже при высокой частоте вращения. Нельзя превышать рекомендуемые значения скоростей резания, ибо увеличение скорости резания на 5 % приводит к сокращению срока службы инструмента на $20 \div 40$ %.

Достаточно хорошее качество поверхности покрытия может быть получено резцами со следующими углами заточки:

главный задний угол $\alpha = 10 \div 15^\circ$; вспомогательный задний угол $\alpha_1 = 6 \div 8^\circ$; передний угол $\gamma = 20 \div 30^\circ$; радиус при вершине резца $r = 0,5 \div 1$ мм (полированный).

При обработке твердых вязких материалов, при небольшой рабочей подаче и при обработке пластмасс целесообразно переднему углу придавать отрицательное значение на длине 1 мм и

режущую кромку полировать. Отрицательный угол усиливает режущую кромку и вершину резца. При обточке деталей, поверхность которых не является непрерывной, угол наклона всегда должен быть отрицательным, что избавляет вершину резца от ударов. При отрицательном угле режущей кромки создается усилие, направленное не на изгиб, а на сжатие, в результате чего снижается вибрация, обусловленная эластичностью материала. Твердосплавный материал при сжатии выдерживает в 5 раз большую нагрузку, чем при изгибе. Придав отрицательное значение переднему углу, предупреждают разрушение головки резца.

Рекомендуемое сечение резца — 20X20 мм, расстояние между вершиной резца и местом крепления должно находиться в пределах 20 — 50 мм. При большем выносе необходимо увеличить сечение резца; в противном случае даже при обработке пластмассы резец может получить недопустимую вибрацию.

Известны следующие способы крепления обрабатываемых деталей:

токарная обработка детали в поводковом хомуте между двумя центрами обеспечивает наилучшее центрирование. Иначе при обтачивании длинных, пустотелых деталей или деталей с малым диаметром появляется сильная вибрация;

зажим детали в патрон с использованием центра обеспечивает более прочное закрепление детали. Этот способ может быть применен только в том случае, если перед нанесением покрытия была подготовлена база для точной установки детали;

зажим детали лишь в патрон применяют при обработке коротких изделий большого диаметра.

Шероховатость поверхностей, обеспечиваемая точением, зависит от многих факторов. К ним, в частности, относится установка резца относительно оси обрабатываемого изделия, которая изменяет значения углов резания. Эффективность углов резания определяется положением инструмента относительно оси обрабатываемой детали (в зависимости от того, зажимается ли резец выше или ниже осевой линии).

Передний и задний углы резца изменяются следующим образом;

если резец расположен выше осевой линии, то угол γ будет больше, а угол α меньше;

если резец располагается ниже осевой линии, то меньше будет угол γ и больше угол α .

Чистовое точение под номинальный размер (или тонкое растачивание) необходимо для пластмассовых покрытий. Цель чистовой обработки — обеспечение заданных формы, допусков и шероховатости поверхности. Предъявляемые требования обычно могут быть выполнены только при малых силах резания, т.е. при малых его глубине, подаче и соответствующем радиусе при вершине резца.

На пластмассовых покрытиях нецелесообразно создавать зеркально гладкую поверхность. Обработка поверхностей, совершающих прямолинейные движения, шлифовальной шкуркой строго запрещена, поскольку отделяющиеся абразивные частицы проникают в толщу мягкого

(податливого) материала, что при эксплуатации приводит к ускоренному износу поверхности контртела. В результате подбора целесообразного вида обработки пластмассового покрытия имеется возможность повысить способность смазочного вещества удерживаться на поверхности детали, что исключает сухое трение и облегчает приработку валов и подшипников.

Высота шероховатостей h_{\max} уменьшается при увеличении скорости резания. При небольшой скорости резания материал начинает прилипать к резцу, в то время как при значительной скорости резания поверхность плавится, и стружка обламывается.

Шероховатость поверхности в микронах

$$h_{\max} = s^2 / (8r)$$

где s — подача, мм/об; r — радиус при вершине резца, мм.

Шероховатость поверхности растет с увеличением подачи и уменьшается с увеличением угла резания.

При обработке синтетических покрытий шлифованием необходимо учитывать, что предпочтительными являются круги, изготавливаемые из электрокорунда или карбида кремния на керамической связке с плотностью 3 — 5. Диаметр круга — 300 — 400 мм, ширина — 35 — 60 мм.

Рекомендуемые технологические параметры: скорость круга — 20 — 40 м/с, скорость обрабатываемой поверхности детали — 20 — 30 м/мин, глубина резания — 0,008 — 0,015 мм. Допускается применять малую глубину резания, в противном случае в результате сильного нагрева пластмассовое покрытие может отслоиться от металлической поверхности.

Осевая подача на один оборот детали $\llcorner = (0,4 \text{ — } 0,8) B$, где B — ширина шлифовального круга.

Тонкое (алмазное) точение значительно более рентабельно, чем шлифование. С его помощью можно обеспечить шероховатость поверхности, отвечающую как монтажным, так и эксплуатационным требованиям. Прибегать к шлифованию допускается в исключительных случаях.

Окончательно обработанные детали подвергают тщательному контролю. С поверхностей резьб, отверстий, монтажных поверхностей (например, с поверхностей скольжения, из проточек для масла и консистентного смазочного материала, шпоночных пазов и т. д.) удаляется случайно попавшая пластмасса. Натекший в отверстие для смазочного материала расплав можно удалять сверлением, но так, чтобы не повредить покрытие. При зенковании необходимо следить за тем, чтобы не затронуть металлическую поверхность, поскольку нарушение сплошности может привести к отслоению покрытия. У деталей, имеющих отверстия для смазочного материала, переходящие в плоский смазконакопитель, сплошность покрытия тока не должна быть нарушена,

Смазочные канавки обычно выполняют на детали еще до нанесения покрытия, чтобы после этой операции проводить окончательную (по размеру) обработку, не обнажая металлической поверхности.

Для правки резьбы целесообразно использовать метчики и плашки, поскольку при очистке скребком или металлической щеткой резьба может быть нарушена.

12.6. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

К перспективным способам механической обработки восстанавливаемых деталей следует отнести абразивно-лезвийную обработку, заключающуюся в разупрочнении наплавленного металла. Источником нагрева является специальный абразивный круг, работающий в режиме самозатачивания с дополнительным выделением тепла в контактную зону и расположенный таким образом с учетом режима резания лезвия. Это обеспечивает местный прогрев на глубину, не превышающую глубины резания. Оптимальные условия нагрева соответствуют

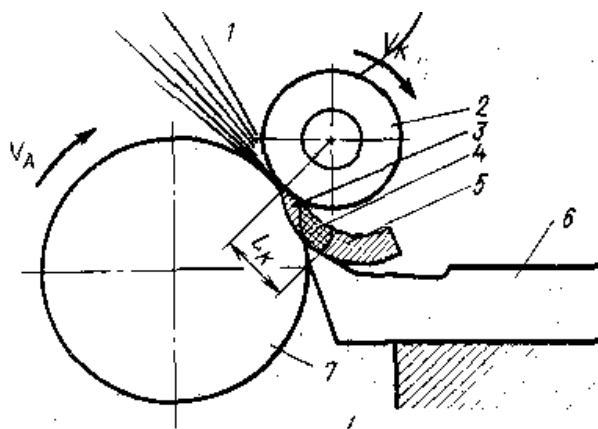


Рис. 12.4. Схема абразивно-лезвийного способа обработки:

1 — металлоабразивный факел; 2 — абразивный "тепловой" силовой круг; 3 — зона сдвиговых деформаций; 4 — нагретая зона; 5 — холодная зона; 6 — резец; 7 — восстанавливаемая деталь; L_K — длина дуги контакта; v_A — скорость круга

минимальному теплоотводу в обрабатываемую деталь, и, что особенно важно, тепло нагрева не поступает к передней поверхности резца (рис. 12.4).

В результате смещения круга по его высоте (на $1/3$ — $1/2$ по отношению к поверхности резания резца) удаляется корка наплавленного металла, что позволяет вести резание восстанавливаемых деталей твердосплавным инструментом.

Обрабатывают детали кругами горячего прессования ЭФ МИСиС с характеристикой: ПП150Х20Х32, 38А200ВТБ. Резец, оснащенный напайкой пластиной из твердого сплава ВК.8, имеет следующие геометрические размеры, главный передний угол $\gamma=0$; главный задний угол $\alpha=8^\circ$; углы в плане $\phi=\phi_1=45^\circ$. Скорость резания при обработке составляет 8 м/мин, скорость шлифования — 47 м/с, диапазон регулирования усилия прижима круга — 10 — 500 Н.

От абразивного круга требуется высокое тепловыделение в зоне контакта с обрабатываемым материалом, т. е. он должен работать аналогично диску трения. С другой стороны, круг должен обеспечивать интенсивный сьем металла на глубину $\sim 1,5$ мм для удаления корки. Оба эти требования должны выполняться при условии высокой стойкости инструмента.

Производительность при абразивно-лезвийной обработке повышается в результате увеличения скорости резания и подачи, что, в свою очередь, создает ограничения по пластической износостойкости инструмента.

Производительность при абразивно-лезвийном способе равна:

$$Q_{ал} = Q_{л} + Q_{ш}$$

где $Q_{\text{л}}$ — съем металла в минуту резцом, г/мин; $Q_{\text{ш}}$ —съем металла в минуту абразивным кругом, г/мин;

$$Q_{\text{л}} = \gamma v s t_{\text{л}}$$

γ — плотность обрабатываемого металла, г /см³; v — скорость резания, м/мин; s — подача, мм/об; $t_{\text{л}}$ — глубина резания, мм;

$$Q_{\text{ш}} = \gamma v_{\text{д}} s_0 t_{\text{ш}}$$

$v_{\text{д}} = v$ — скорость вращения восстанавливаемой детали м/мин; $s_0 = 8$ — подача мм/об; $t_{\text{ш}}$ — глубина шлифования, мм.

При восстановлении деталей износостойкими материалами последующая обработка лезвийным инструментом затруднена из-за высокой стойкости покрытия, наличия ударных нагрузок в результате значительной микронеровности покрытия и шлаковых включений в слое.

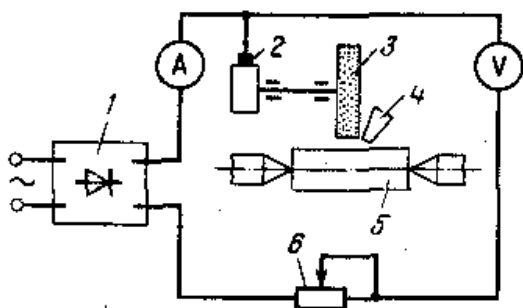


Рис. 12.5. Схема электрохимического шлифования

Способ электрохимического шлифования, схема которого представлена на рис. 12.5, в значительной степени позволяет повысить эффективность обработки восстанавливаемых деталей. Токопроводящий круг 3 при помощи скользящего контакта 2 соединяют с отрицательным полюсом источника постоянного тока 1, а обрабатываемую деталь 5 — с положительным полюсом. В зону обработки подают электролит 4. Силу тока регулируют реостатом 6.

Абразивные или алмазные зерна, выступая из электропроводной связки, создают зазор между связкой и поверхностью обрабатываемой детали. В зазор подают электролит. Под действием электрического тока происходит анодное растворение поверхности детали, а зерна вращающегося круга удаляют продукты растворения. В качестве режущего инструмента применяют абразивные и алмазные круги на токопроводящих связках типа М1, М5, СЭШ-1, СЭШ-2, основными компонентами в которых являются медь, цинк, алюминий.

В качестве рабочей среды используют токопроводящие растворы электролитов, обеспечивающие необходимое качество поверхности, требуемые точность и производительность и не вызывающие коррозии незащищенных частей оборудования. Этим условиям отвечают растворы нейтральных солей с различными добавками ингибиторов для придания им антикоррозионных свойств.

Хорошие результаты дает применение электролита, содержащего 2 — 3 % NaNO_3 и 0,2 — 0,3 % NaNO_2 . Присутствующий в этом электролите нитрит натрия является одновременно и антикоррозионной добавкой. Применяют также другие электролиты, в состав которых наряду с азотнокислым натрием входят сегнетовая соль, сульфиты и фосфаты натрия, олеиновая кислота и

другие компоненты. Обработку проводят при окружной скорости круга 20 — 25 м/мин и скорости детали 5 — 6 м/мин.

Эффективность процесса шлифования зависит от плотности тока,

удельного давления круга и состава электролита.

Рекомендуемые режимы для различных видов обработки приведены в табл. 12.7.

Т а б л и ц а 12.7. Режимы обработки твердых покрытий электрохимическим шлифованием

Вид шлифования	Напряжение, В	Плотность тока, А/дм ²	Давление круга, МПа	Скорость съема металла, мм ³ /мин	Расход электролита, л/мин
Предварительное	10 — 12	150 — 200	1,2 — 1,5	800 — 1200	2,0 — 2,5
Окончательное	6 — 8	90 — 12	0,4 — 0,6	200 — 300	—

Для чернового шлифования крупных деталей, например шеек коленчатых валов автотракторных двигателей, восстановленных наплавкой твердосплавными материалами, разработан способ электроконтактного шлифования чугуном кругом. В качестве рабочей жидкости применяют 5 %-ный раствор эмульсола в воде. Шлифование проводят при оптимальных режимах: напряжении источника постоянного тока 25 В, силе тока 600— 1500 А прямой полярности, скорости вращения инструмента (чугунного диска) 40 — 50 м/с, детали 0,30 — 0,60 м/с. При соблюдении указанных режимов интенсивность снятия припуска достигает 0,23— 0,60 см³/с, а зона термического воздействия не превышает 0,1 мм. При обработке электроконтактным методом продолжительность черновой обработки одной шейки вала сокращается в 3 — 5 раз.

Глава 13 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

13.1. ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

При выборе наиболее рационального технологического процесса восстановления деталей следует учитывать ряд исходных данных: размеры, форму и точность изготовления Детали, ее материал, термическую обработку, условия работы, вид и характер дефекта, производственные возможности ремонтного предприятия и др.

Выбор технологического процесса восстановления деталей существенно зависит от вида дефекта и причины его возникновения. Например, наличие забоины вызывает необходимость ее "разгонки", т. е. снятия концентратора напряжения сглаживанием резких переходов. Разгонку можно выполнить обработкой забоины резанием. Другим примером может служить заделка трещины в стальной детали. Здесь, как правило, необходимо использовать сварку,

При разработке технологии восстановления деталей важно знать, является ли дефект локальным, т. е. затрагивает лишь относительно небольшой объем металла детали или же он носит общий характер.

Характерным примером являются трещины. Трещина может появиться как следствие единичной статической перегрузки или накопившейся усталости. Если трещина появилась вследствие статического (хрупкого) разрушения металла, то дефект охватывает локальный объем металла, т.е. только участок появления трещины. В данном случае для восстановления можно прибегнуть к сварке, заботясь при этом об усилении поврежденного места (наложении усиленного шва, накладке, поверхностный наклеп и т. д.).

Если же трещина появилась в результате усталости материала, то дефект (накопление усталости) затронул, очевидно, большие участки металла и тогда заделка трещины не приведет к восстановлению прочности. Необходимо внимательно изучить условия образования трещины. В частности, очень важно выяснить причину ее появления. Если имеется острый концентратор напряжений, то можно предположить, что усталость в основном накапливается в близких к нему участках металла. Тогда устранение концентрации напряжений и заделка трещины могут восстановить прочность конструкции. Если же острого концентратора нет, то, очевидно, усталость накапливается на больших участках металла. Восстановить деталь в этом случае можно, лишь удалив этот участок целиком.

При выборе оптимального способа восстановления деталей руководствуются тремя категориями: применимости, долговечности и технико-экономическим.

Критерий применимости является технологическим критерием и определяет принципиальную возможность применения различных способов восстановления по отношению к конкретным деталям. При этом должны быть учтены условия работы детали в узле (нельзя восстанавливать детали механизмов управления и детали, воспринимающие при работе большие

удельные в динамические нагрузки: коленчатые валы дизельных двигателей, цапфы управляемых колес и т.д. вибродуговой наплавкой); износ (например, если позволяют условия эксплуатации детали, то износ 0,1 — 0,2 мм можно устранять хромированием, 0,2 — 0,8 мм — железнением, 0,3 — 1,0 мм — вибродуговой наплавкой, 1,5 — 4,0 мм — наплавкой подслоем флюса и т. д.); конструктивные особенности; габариты детали (например, крупногабаритные детали наплавляют ручной электродуговой наплавкой, средние — под слоем флюса, мелкие, диаметром менее 50 мм, — вибродуговой). Твердость материала, геометрические размеры, их допуски, точность геометрической формы, шероховатость поверхности должны соответствовать техническим требованиям на восстановление детали.

$$K_n = f_1(M_d; \Phi_d; D_d; H_d; \sum_{i=1}^m Ti)$$

Критерий применимости того или иного способа восстановления определяется функцией

где M_d — материал детали; Φ_d — форма восстанавливаемой поверхности детали; D_d — диаметр восстанавливаемой поверхности детали; H_d — износ детали; H_d — значение и характер воспринимаемой деталью нагрузки; $\sum_{i=1}^m Ti$ — сумма технологических особенностей способа, определяющих область его рационального применения.

По данному критерию выбирают конкурентные способы для последующей оценки их при помощи других критериев.

Критерий долговечности определяет работоспособность восстанавливаемых деталей. Он выражается через коэффициент долговечности, под которым понимается отношение долговечности восстановленной детали к долговечности новой детали данного наименования.

Коэффициент долговечности определяется как функция

$$k_d = f_2(k_n; k_b; k_{сц};)$$

где k_n — коэффициент износостойкости; k_b — коэффициент выносливости; $k_{сц}$ — коэффициент сцепляемости.

Численные значения коэффициентов износостойкости и выносливости могут определяться на основании стендовых и эксплуатационных сравнительных испытаний новых и восстановленных деталей или соответствующих им образцов на специальных установках или стандартных машинах (машинах трения, машинах для испытания на усталость).

Коэффициент сцепляемости

$$k_{сц} = i_o / i_s$$

где i_o — опытное значение для данной детали прочности сцепления наплавленного слоя с основным металлом, кгс/мм²; i_s — эталонные значения прочности сцепления, кгс/мм².

В качестве эталонных могут быть приняты следующие значения прочности сцепления: для наружных стальных поверхностей, воспринимающих значительные ударные или звукопеременные

нагрузки, — 50 кгс/мм^7 ; для наружных стальных или чугунных поверхностей, не воспринимающих значительные ударные или знакопеременные нагрузки, — 20 кгс/мм^2 ; для внутренних посадочных поверхностей под подшипники из стальных, чугунных или из алюминиевых сплавов, не воспринимающих знакопеременные и значительные ударные нагрузки, — 5 кгс/мм^2 ; для наружных или внутренних стальных и чугунных поверхностей, не воспринимающих значительные ударные или знакопеременные нагрузки слоем, характеризующимся пористостью, при работе сопряжения в условиях обильной смазки — 4 кгс/мм^2 .

Опытное значение прочности сцепления наросшего слоя с основным металлом определяют методом отрыва штифта (предпочтительнее конической формы) от покрытия.

Исходя из специфики рассматриваемого параметра следует иметь в виду, что значения коэффициента сцепляемости не могут быть выше единицы; напротив, численные значения $k_{\text{и}}$ и $k_{\text{в}}$ могут быть больше единицы, так как в принципе можно в результате применения специальных покрытий и упрочняющих операций обеспечить более высокие значения износостойкости поверхностей и усталостной выносливости восстановленных деталей, чем у новых деталей.

Коэффициент долговечности только в общем случае является функцией трех аргументов, применительно к конкретным деталям он может являться функцией только двух или одного из них. Например, для деталей, не имеющих в процессе эксплуатации усталостных разрушений, нет необходимости вычислять значения коэффициента выносливости ($k_{\text{в}}$); не имеет также смысла понятие коэффициента сцепляемости ($k_{\text{сц}}$) по отношению к способам, не связанным с наращиванием металла (механическая обработка, пластическое деформирование и др.); в некоторых случаях прочность сцепления наросшего слоя с основным металлом заведомо настолько надежна (например, при механизированной наплавке под флюсом), что значение $k_{\text{сц}}$ можно априорно принимать равным единице.

В большинстве случаев параметры, характеризующие износостойкость и сцепляемость наросшего слоя и усталостную выносливость восстановленной детали, не имеют явной связи друг с другом. Вместе с тем исчерпание ресурса по какому-либо параметру, характеризующему одним из рассмотренных коэффициентов долговечности, следует принимать равным значению того из коэффициентов (аргументов), который имеет минимальное значение; при этом, если коэффициент сцепляемости $k_{\text{сц}} = 1$, а другие коэффициенты имеют еще большее значение, то его значение при определении $k_{\text{д}}$ во внимание принимать не следует.

Ориентировочные значения коэффициентов долговечности при различных способах восстановления деталей приведены в табл. 13.1.

Так как ресурс восстановленной детали должен обеспечивать нормативный пробег того агрегата, в конструкцию которого входит деталь (не менее 80 % от нормы для новых автомобилей и агрегатов), численные значения коэффициента долговечности детали не должны быть ниже 0,8.

Технико-экономический критерий является функцией двух аргументов

$$k_{тэ}=f_3(k_{пр};\mathcal{E})$$

где $k_{пр}$ — коэффициент производительности способа; \mathcal{E} — показатель экономичности способа.

Экономический эффект от внедрения разработанного технологического процесса восстановления детали

$$\mathcal{E} = (C_{пб}^B - C_{пi}^B) E_n (k_i - k_6) N_B$$

где $C_{пб}^B$ — полная себестоимость восстановления по базовому варианту технологического процесса; $C_{пi}^B$ — полная себестоимость восстановления по 1-му (внедряемому) технологическому процессу; E_n — нормативный коэффициент эффективности капиталовложений; $E_n=0,15$; k_i и k_6 — соответственно капиталовложения по внедряемому и базовому техпроцессам (затраты на оборудование, приспособления, -Технологическую оснастку, инструмент, его проектирование, изготовление, монтаж по месту и т. п.); N_B — программа восстановления деталей,

Срок окупаемости от внедрения новой технологии

$$\tau_{ок} = \Delta k / (C_{пб}^B - C_{пi}^B) N_B$$

где $\Delta k = k_i - k_6$ — дополнительные капиталовложения.

13.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИИ

Технологическим процессом восстановления детали называется часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по последовательному качественному изменению состояния восстанавливаемой детали. Существуют три вида технологических процессов: единичный, типовой и групповой.

Единичный технологический процесс разрабатывается для восстановления изделий одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства.

Типовой технологический процесс характеризуется единством содержания и последовательностью большинства технологических операций и переходов для восстанавливаемых изделий, имеющих общие конструктивные и технологические признаки.

Т а б л и ц а 13.1. Ориентировочные значения коэффициентов долговечности k_d

Вид и характер работы сопряжения	Материал сопряженных деталей	k_d при								
		хромирования	железнении	виброударной наплавкой	наплавке под флюсом	наплавке в среде углекислого газа	электроконтактном наплавании	электроискровым наплаванием	ручной электродуговой наплавке	способе ремонта с учетом размеров
Вал — подшипник скольжения при статической нагрузке (кулачковые валы и т. п.)	Баббит—бронза	1,5—1,8 1,1—1,3	1,0—1,2 1,1—1,2	0,9—1,0 0,9—1,0	0,8—1,1 0,85—1,0	0,85—0,9 0,8—0,85	1,1—1,5 1,2—1,5	— —	— —	0,95—1,0 0,9—1,0
Вал—подшипник скольжения при знакопеременной нагрузке (коленчатые валы)	Баббит—бронза	1,1—1,25 1,1—1,1	0,95—1,0 0,85—0,95	0,7—0,8 0,75—0,8	0,75—0,85 0,75—0,85	0,8 —	— —	— —	— —	0,9—1,0 0,85—1,0
Вал—втулка	Сталь—бронза	1,2—1,3	1,1—1,2	0,9—1,0	0,8—0,9	0,75—0,9	1,2—1,5	0,7—0,75	—	0,9—1,0
Ось—втулка	Сталь—бронза	1,2—1,3	1,1—1,2	0,9—1,0	0,8—0,9	0,75—0,9	1,3—1,5	0,7—0,75	—	0,9—1,0
Стержни с возвратно-поступательным перемещением — направляющие (клапаны, толкатели)	Серый чугун	2,5—3,0	1,5—2,0	—	—	—	—	—	—	0,95—1,0
Фиксированные стержни—втулки	Чугун—бронза	1,5—1,8 1,1—1,3	1,0—1,2	—	—	—	—	—	—	— 0,9
Цилиндрические поверхности крестовин, карданных валов, сателлитов	Легированная сталь	0,9—1,0	1,1—1,2	0,8—0,9	—	0,7—0,8	—	—	—	—
Цилиндрические поверхности деталей, сопряженных с внутренним кольцом подшипника с натягом	Шарикоподшипниковая сталь	1,5—1,8	0,8—1,10	0,8—1,0	0,95—1,0	0,8—0,95	0,8—1,1	1,4—1,5	0,9	0,9—0,95

Групповой технологический процесс предназначен для совместного восстановления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками в конкретных условиях производства. Основой разработки групповых технологических процессов является разбивка восстанавливаемых деталей на классы. Установлено пять классов восстанавливаемых деталей: корпусные детали, круглые стержни, полые цилиндры, диски и некруглые стержни.

Корпусные детали изготавливают в основном из чугуна или алюминиевых сплавов. К ним относятся блоки, картеры, головки, крышки, корпуса, кронштейны. Наиболее распространенными дефектами этих деталей являются: износ внутренних посадочных поверхностей под вкладыши, гильзы и подшипники качения; отклонения в правильности взаимного положения посадочных поверхностей; трещины и отколы; повреждения резьб.

Детали класса "круглые стержни" характеризуются цилиндрической формой при длине, значительно превышающей их диаметр. Материалом для этих деталей чаще всего являются углеродистые или высококачественные легированные стали, а также высокопрочный чугун. Рабочие поверхности зачастую подвергают термической или химико-термической обработке. К этому классу деталей относятся коленчатые и распределительные валы; гладкие, ступенчатые и шлицевые валы; валы с фасонными поверхностями; пустотелые валы, крестовины. Наиболее распространенными дефектами этих деталей являются износ их рабочих поверхностей, деформация, повреждение резьб, шпоночных канавок и др.

Конструкция деталей класса "полые цилиндры" представляет собой несколько концентрично расположенных полых цилиндров. В качестве материала для изготовления этих деталей используется модифицированный, ковкий, специальный чугун или углеродистые стали. К деталям

этого класса относятся гильзы цилиндров, чашки дифференциала, ступицы колес, фланцы, муфты и т. д. Основным дефектом является износ внутренних цилиндрических рабочих поверхностей.

Диски характеризуются короткими цилиндрическими поверхностями при значительном диаметре. Изготавливают диски из модифицированного чугуна или листовой стали. Представителями деталей этого класса являются разнообразные диски, маховики, тормозные барабаны. Характерные дефекты — износ торцовых или внутренних цилиндрических поверхностей, деформация.

К деталям класса "некруглые стержни" относятся прямые и кривые стержни, поперечное сечение которых не имеет круглой формы, и длина более чем вдвое превышает размеры поперечного сечения. Перечень деталей этого класса и материал, из которого они изготовлены, весьма разнообразны. Характерными дефектами являются деформации, трещины, обломы, взносы рабочих поверхностей.

Перечень автомобильных деталей различных классов приведен в табл. 13.2. В зависимости от степени детализации технологические процессы делятся на маршрутные, операционные и маршрутно-операционные.

Маршрутный технологический процесс выполняют по документации, в которой указывается только содержание операции, без указания переходов и режимов обработки. Операционный технологический процесс выполняют по документации, в которой содержание операций излагается с указанием переходов и режимов обработки. Маршрутно-операционный технологический процесс выполняют по документации, в которой содержание отдельных операций излагается без указания переходов и режимов обработки.

Т а б л и ц а 13.2. Групповая номенклатура автомобильных деталей

Номер клас- са	Класс деталей	Наименование деталей
I	Корпусные детали	Блок цилиндров, картер сцепления, картер коробки передач, картер ведущего моста, картер главной передачи, головка цилиндров, крышка распределительных шестерен, блок компрессора, картер компрессора, головка компрессора, картер рулевого механизма, корпус масляного насоса, корпус водяного насоса, верхняя крышка коробки передач, корпус насоса гидроусилителя рулевого управления, корпус масляного фильтра, кронштейн педалей, кронштейн рессоры, кронштейн передней подвески, корпус вентилятора, крышка масляного насоса
II	Круглые стержни	Коленчатый вал, распределительный вал, шкворень, поворотный кулак, тормозной вал, карданный вал, вилка карданного вала, вал рулевой сошки, ведомый вал коробки передач, ось блока шестерен заднего хода, поршневой палец, крестовина кардана, крестовина дифференциала, полуось, кожух полуоси, клапан двигателя, вал насоса гидроусилителя рулевого управления
III	Полые цилиндры	Гильза цилиндра, ступица колеса, чашка дифференциала, картер подшипников ведущей шестерни главной передачи, крышка подшипника ведущего вала коробки передач, фланцы валов коробки передач и заднего моста, тормозной цилиндр, ступица ведомого диска сцепления, муфта подшипника выключения сцепления
IV	Диски	Маховик, тормозной барабан, нажимной диск сцепления, ведомый диск сцепления, диск колеса
V	Некруглые стержни	Шатун, балка передней оси, лонжерон и поперечина рамы, вилка выключения сцепления, тормозная колодка, педали выключения сцепления и тормоза, впускной и выпускной трубопроводы, коромысло клапана, вилка переключения передач, рычаг переключения передач, рычаг нажимного диска сцепления

Исходными данными для разработки технологических процессов восстановления деталей являются: ремонтный чертеж детали, выполненный в соответствии с требованиями стандартов на ремонтную документацию: перечень дефектов детали; основные сведения об условиях работы детали в ремонтируемом узле и видах изнашивания; справочные материалы о технологических методах, при помощи которых возможно устранение дефектов; технологическая документация на восстановление данной детали (при модернизации существующего технологического процесса на данном предприятии); сведения об опыте восстановления деталей данного наименования на передовых предприятиях (при разработке нового технологического процесса); технологический процесс изготовления и рабочий чертеж новой

детали (для технологической преемственности между изготовлением и ремонтом детали); программа выпуска деталей; различные справочные материалы (каталоги технологического оборудования, приспособлений, инструмента, справочники по режимам обработки, технологическому нормированию операций и т. п.).

13.3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

При разработке технологического процесса ремонта детали представляется ремонтный чертеж (прилож. 1) и карта технических требований на дефектацию детали (см. табл. 2.2). Места на детали, подлежащие восстановлению, выполняют на чертеже утолщенной линией, остальные изображения — сплошной тонкой линией.

На ремонтных чертежах предельные отклонения размеров проставляют в виде числовых значений в виде условных обозначений. Допуски на свободные размеры 14-, 15-, 16-квалитетов представляют на ремонтных чертежах с округлением до десятой доли-миллиметра.

На ремонтных чертежах изображаются только те виды, размеры и сечения, которые необходимы для проведения восстановления детали или сборочной единицы. На чертеже детали, восстанавливаемой сваркой, наплавкой, нанесением металлопокрытий; рекомендуется выполнять эскиз подготовки соответствующего участка детали к ремонту. При применении сварки, пайки на ремонтном чертеже указывают наименование, марку, размеры материалов, используемых при ремонте, а также номер стандарта на этот материал.

На ремонтных чертежах категорийные (ремонтные) и пригоночные размеры, а также размеры детали, ремонтируемой снятием минимально необходимого слоя металла обозначают буквами, а их числовые значения и другие данные указывают на выносных линиях или в таблице, помещенной в правой верхней части чертежа. При этом для ремонтных размеров сохраняется класс точности и посадка, предусмотренные в рабочих чертежах.

Для определения способа ремонта на ремонтных чертежах деталей помещают технологические требования и указания.

Требования, относящиеся к отдельному элементу детали, помещают на ремонтном чертеже рядом с соответствующим элементом или участком детали.

Рекомендуемая последовательность при проектировании технологических процессов восстановления деталей:

- 1 Анализ технологического процесса изготовления новой детали.
2. Анализ условий работы детали в сопряжении, видов и процессов ее изнашивания.
- 3,-Анализ дефектов детали и выбор возможных технологических методов восстановления, выбор технологических баз для обработки,
4. Разработка предварительного маршрута восстановления, расчленение его на технологические операции.
5. Выбор технологического оборудования, приспособлений, рабочего инструмента, средств контроля и измерений.
6. Обоснование общих и операционных припусков и допусков на обработку.
7. Установление режимов и норм времени выполнения операций.
8. Техничко-экономическое обоснование рационального варианта технологического процесса восстановления детали.
9. Разработка технологической документации на восстановление детали.

Базовые поверхности для обработки необходимо выбирать с таким учетом, -чтобы при установке и зажиме обрабатываемая деталь не смещалась с положения, приданного ей, и не деформировалась под действием усилий от резания и зажимов. Необходимо помнить, что

наибольшей точности при механической обработке можно достигнуть в том случае, если вся обработка детали ведется от одной базы с одной установки. Если на детали сохранилась базовая поверхность, по которой она обрабатывалась при изготовлении, следует при ремонте также базировать по этой поверхности. Поврежденные базовые поверхности необходимо исправить.

Разработка плана операций, входящих в технологический процесс ремонта детали, зависит от вида производства. При единичном и мелкосерийном производстве план операций строится по принципу, групповой технологии, при серийном — разрабатываются маршрутные технологические процессы и при массовом — организуется обработка на непрерывных поточных линиях.

Применительно к авторемонтным предприятиям, для которых характерным является серийное производство, разработка плана операций технологического процесса ремонта детали должна быть нацелена на устранение комплекса дефектов, объединенных общим маршрутом. При этом технологический маршрут составляют не простым сложением технологических процессов устранения каждого дефекта в отдельности, а с учетом следующих требований:

одноименные операции по всем дефектам маршрута должны быть объединены;

каждая последующая операция должна обеспечить сохранность качества рабочих поверхностей детали, достигнутого при предыдущих операциях;

вначале должны идти подготовительные операции, затем сварочные, кузнечные, прессовые и в заключение шлифовальные и доводочные.

Технологический процесс восстановления деталей составляют, как правило, по операциям. После назначения баз для обработки, выбора способов устранения дефектов и разработки схемы и порядка выполнения операций составляется маршрутная карта. Для этого по каждой операции предварительно намечается оборудование, приспособления, вспомогательные, режущие и измерительные инструменты.

При выборе оборудования для действующего производства ориентируются на имеющееся в цехе оборудование с учетом фактической загрузки отдельных его групп. При проектировании технологических процессов для вновь создаваемых предприятий возможности технолога ограничены только экономическими соображениями. Выбор оборудования во многом определяется типом производства. Согласно классификации станков по технологическим признакам станочное оборудование делится на следующие виды: станки широкого или общего назначения (универсальные), станки высокой производительности, станки специализированные и специальные.

Станки широкого или общего назначения предназначены для применения в серийном или единичном производстве. Станки высокой производительности имеют ограниченные технологические возможности. Однако, благодаря своей повышенной мощности и жесткости, на них можно вести обработку на более высоких режимах резания и более концентрированными методами. К станкам этого вида относятся: токарные многолезцовые, гидрокопировальные, одно-

и многошпиндельные автоматы и полуавтоматы, круглошлифовальные, работающие методом поперечной подачи, бесцентрово-шлифовальные, барабанно- и карусельно-фрезерные и др. Такие станки предназначены для крупносерийного и массового производства.

Специализированные станки получают на базе станков высокой производительности установкой дополнительных шпинделей и других узлов, при помощи которых они могут быть приспособлены для выполнения конкретных операций при обработке конкретных деталей в условиях массового производства. Специальные станки проектируют и изготавливают по особому заказу и используют для выполнения определенной операции. Проектирование и изготовление станков этой группы обычно обходится дорого. Поэтому они оправдывают себя только в массовом производстве.

Особые группы составляют агрегатные станки, применяемые в серийном и массовом производствах, и станки с числовым программным управлением, применяемые в условиях мелко- и среднесерийного производства. В каждом конкретном случае при выборе модели станка пользуются паспортами станков, а при их отсутствии — каталогами металлорежущего и другого оборудования.

Оборудование выбирают по главному параметру, являющемуся наиболее показательным для выбираемого оборудования, т. е. в наибольшей степени выявляющему его функциональные значения и технические возможности. Физическая величина, характеризующая главный параметр, устанавливает взаимосвязь оборудования с размером обрабатываемого на нем изделия.

Выбор вариантов оборудования, характеризующихся степенью механизации и автоматизации, должен выполняться исходя из следующих условий:

приведенные затраты на выполнение технологического процесса должны быть минимальными;

период окупаемости оборудования при его механизации и автоматизации должен быть минимальным.

Годовая потребность в оборудовании определяется из годового объема работ, устанавливаемого статистическим анализом затрат средств и времени на обработку изделия. Годовые приведенные затраты на использование оборудования определяются размерами затрат на его эксплуатацию и изготовление. Затраты на эксплуатацию и изготовление должны характеризовать оборудование, классифицированное по производительности и точности, одного и того же функционального назначения и года освоения производства. Производительность оборудования необходимо определять, анализируя время на обработку изделия заданного качества.

Одна из важнейших задач разработки технологических процессов — установление вида и конструкции приспособления. Приспособление — технологическая оснастка, предназначенная для направления предмета труда или инструмента при выполнении технологической операции. При

выборе оптимального варианта приспособления должны учитываться: технологические требования на восстановление детали — число деталей и сроки их обработки; требования техники безопасности и промышленной санитарии; затраты на изготовление приспособления. В практике современного производства сложились следующие системы приспособлений.

Универсально-сборные приспособления (УСП) komponуют из окончательно обработанных взаимозаменяемых стандартных универсальных элементов. Их используют в качестве специальных обратимых приспособлений кратковременного действия. Они обеспечивают установку и фиксацию различных деталей в пределах габаритных возможностей комплекта УСП.

Специальные сборно-разборные приспособления (СПП) komponуют из стандартных элементов в результате дополнительной *ни* механической обработки и используют как специальные необратимые приспособления долгосрочного действия из обратимых элементов.

Неразборные специальные приспособления (НСП) komponуют с применением стандартных деталей и узлов общего назначения как необратимые приспособления долгосрочного действия из необратимых деталей и узлов. Они состоят из двух частей: унифицированной базовой части и сменной насадки. Приспособления этой системы используют при групповой обработке деталей.

Универсально-безналадочные приспособления (УБП) — наиболее распространенная система в условиях серийного производства. Эти приспособления обеспечивают установку и фиксацию обрабатываемых деталей любых изделий малых и средних габаритов. При этом установка детали связана с необходимостью контроля и ориентации в пространстве. Такие приспособления обеспечивают выполнение широкой номенклатуры операций обработки.

Универсально-наладочные приспособления (УНП) обеспечивают установку при помощи специальных наладок, фиксацию обрабатываемых деталей малых и средних габаритов и выполнение широкой номенклатуры операций обработки.

Специализированные наладочные приспособления (СНП) обеспечивают по определенной схеме базирования при помощи специальных наладок и фиксацию родственных по конструкциям деталей для осуществления типовой операции. Все перечисленные системы приспособлений относятся к категории унифицированных.

Выбор унифицированного приспособления во многом отличается от выбора обычной оснастки. Обычно эту работу выполняет конструктор по оснастке. Технолог указывает требуемую систему приспособлений.

При выборе приспособлений проводится комплекс взаимосвязанных работ:

1. Анализ конструктивных характеристик обрабатываемой или обрабатываемых (при групповой обработке) деталей: габаритных размеров, материала, точности, конструктивных характеристик обрабатываемых поверхностей и т. д. Параллельно анализируют организационные и технологические условия восстановления детали (схемы базирования, вид технологической операции, организационную форму обработки и т. д.).

2. Группирование технологических операций для определения наиболее приемлемой системы приспособлений и повышения коэффициентов и их использования.

3. Установление принадлежности выбираемых конструкций приспособлений к определенной системе приспособлений.

4. Определение или уточнение исходных требований, предъявляемых к конструкции приспособления.

5. Отбор конструкций приспособлений, соответствующих принятой схеме базирования деталей, из имеющейся номенклатуры.

6. Выдача технического задания на разработку и изготовление приспособления.

Группирование технологических операций, осуществляемое в серийном производстве, проводится с учетом обеспечения рациональной загрузки каждой конструкции приспособления и на основе анализа объемов выпуска изделий на заданный период (партионность и периодичность запусков, суммарная трудоемкость сгруппированных на конструкцию приспособлений технологических операций). При выборе приспособлений необходимо использовать следующую документацию:

нормативно-технологическую — стандарты на приспособления и их детали, стандарты на термины и определения технологической оснастки;

техническую — альбом типовых конструкций приспособлений, каталоги и паспорта на технологическое оборудование, инструктивно-методические материалы по выбору технологической оснастки.

При технико-экономическом обосновании выбора приспособлений рассчитывают коэффициент загрузки приспособлений и затраты на оснащение операций. Коэффициент загрузки приспособлений

$$k_{пз} = T_k N / F_d$$

где T_k — штучно-калькуляционное время выполнения технологической операции, мин; N — планируемая месячная программа (число повторов операции); F_d — действительный месячный фонд времени, ч.

При выборе типа и конструкции режущего инструмента следует учитывать характер производства, метод обработки, тип станка, размер, конфигурацию и материал обрабатываемой детали, требуемое качество поверхности, точность обработки. Характер

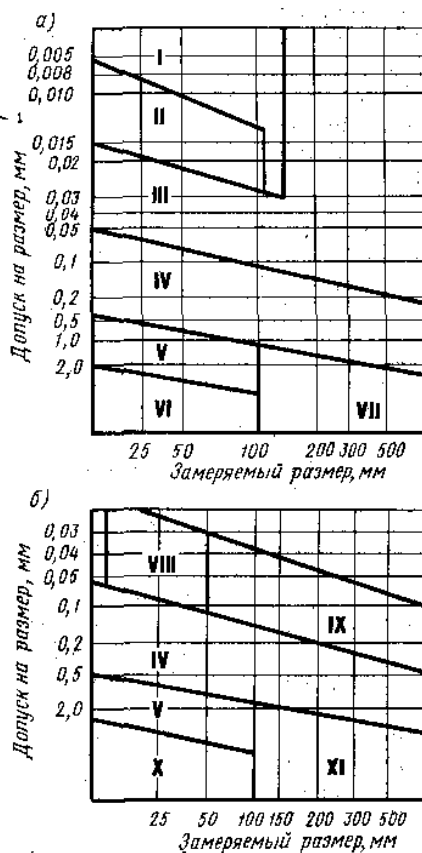


Рис. 13.1. Диаграмма для выбора универсального измерительного инструмента для внутренних (а) и наружных (б) поверхностей: I — оптиметр-миниметр; II — рычажная скоба; III — микрометр с делениями 0,01 мм; IV — штангенциркуль с нониусом 1:5 мм; V — штангенциркуль с нониусом 1:50 мм; VI — пружинный кронциркуль; VII — обыкновенный кронциркуль; VIII — индикатор-нутромер; IX — микрометрический нутромер с делениями 0,01 мм; X — пружинный нутромер; XI — обыкновенный нутромер

производства влияет на выбор режущего инструмента с экономической точки зрения.

Особое значение имеет выбор материала режущей части инструмента. С учетом экономической целесообразности необходимо применять новые марки материалов, отличающиеся повышенной износостойкостью. Обеспечивая высокое качество обрабатываемых поверхностей, они применяются для чистовой обработки вместо малопроизводительного и дорогостоящего шлифования. К таким материалам относятся сверхтвердые материалы.

Лезвийные режущие инструменты, оснащенные пол и кристаллами сверхтвердых материалов, весьма перспективны. Они позволяют обрабатывать практически все материалы, обеспечивая при этом высокую производительность и размерную стойкость, параллельно с выбором режущего

инструмента выбирают вспомогательный инструмент. Лучшим вариантом является такой, при котором вспомогательный инструмент не используется. В этом случае достигаются более короткие технологические размерные цепи и точность обработки повышается. В тех случаях, когда невозможно обойтись без вспомогательного инструмента, предпочтение отдают стандартам и нормализованным вспомогательным инструментам (переходным конусам Морзе, цангам, оправкам для цилиндрических, червячных и шлицевых фрез и т. д.). При отсутствии стандартного инструмента прибегают к специальному.

Измерительный инструмент применяют для межоперационного и окончательного контроля детали. В зависимости от типа производства он может быть стандартным или специальным.

В ремонтном производстве применяют предельные калибры (пробки, скобы, кольца, шаблоны) и универсальные инструменты {микрометры, штангенциркули, индикаторы, нутромеры). Могут быть также спроектированы простейшие контрольные приборы и приспособления.

Выбрать универсальный измерительный инструмент для контроля внутренних и наружных поверхностей можно по диаграммам, приведенным на рис. 13.1.

Заполнение колонок маршрутной карты, определяющих затраты времени, до разработки операционных карт, не проводится. Краткое содержание операции в маршрутной карте должно отражать, полный объем работы. Заканчивается заполнение маршрутной карты после составления всех операционных карт, определения по всем операциям подготовительно-заключительного и штучного времени.

Операционные карты составляют на все операции в последовательности, указанной в маршрутной карте. Операция расчленяется на переходы. Содержание переходов должно быть, выражено в повелительном наклонении. В наименовании переходов точно указывается способ установки и крепления детали, проводимая при переходе работа с указанием номера поверхности обработки.

По каждому переходу указывают вспомогательные, режущие, рабочие и измерительные инструменты и их заводской код; расчетные да иные, режим обработки и затраты времени по каждому переходу определяют и заносят в операционную карту при техническом нормировании операции. На каждую разрабатываемую операцию составляют карту эскизов технологического процесса, на которой указывают размеры обработки.

13.4. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Оформление технологической документации при разработке процессов восстановления деталей начинается с составления титульного листа.

Для комплектования технологических документов, применяемых при восстановлении деталей, и отражения их состава составляют ведомость технологических документов (ВТД). ВТД следует оформлять по формам 1 и 1б маршрутной карты (МК) по ГОСТ 3.1118—82. Условное обозначение такого документа будет МК/ВТД. Записывают документы в МК./ВТД в их последовательности в технологическом процессе.

Следующий документ технологического процесса — ведомость оснастки (ВО). ВО следует выполнять по формам 1 и 1б МК по ГОСТ 3.1118— 82, используя для этого строку, имеющую символ Т. Условное обозначение такого документа будет МК/ВО.

При разработке МК/ВО следует:

указывать информацию "Номер цеха, участка, рабочего места, операции" совместно с данными по технологической оснастке;

указывать постоянную информацию, характерную для всего технологического процесса один раз с привязкой к первой операции, например, "Номер цеха", "Номер участка";

проставлять служебный символ Т на первой строке, где указан номер операции, не заполняя эту графу на последующих строках;

оставлять одну свободную строку между операциями для внесения последующих изменений (при необходимости);

указывать данные по технологической оснастке в начале документа без привязки к номеру операции, если она является общей для всей операции, например, средства индивидуальной защиты, средства измерений и т. д.;

указывать количество одновременно применяемой на операции технологической оснастки после наименования и обозначения оснастки, например, Патрон 7108-0025;

записывать информацию о технологической оснастке, общую для нескольких операций, 1 раз в первой операции с указанием в скобках номеров последующих операций перед наименованием оснастки;

для наглядности отделять информацию "Номер цеха, участка, рабочего места и операции" от данных по технологической оснастке разделительной вертикальной линией — при рукописном

заполнении и знаком ":" —при машинописном. При этом записывать данные по технологической оснастке для каждой операции рекомендуется с интервалом в 5 или 6

символов от разделительного знака ":"

Основной и обязательный документ комплекта документов на технологический процесс, на котором описывается весь процесс в технологической последовательности выполнения операций, — маршрутная карта (МК). Выполняют ее по формам 1 и 16 по ГОСТ 3.1118—82.

Информацию по применяемой на операции технологической оснастке следует записывать в такой последовательности:

приспособления; вспомогательный инструмент; режущий инструмент; слесарно-монтажный инструмент; специальный инструмент, применяемый при выполнении специфических технологических процессов или операций, например при сварке, штамповке и т. д. средства измерений.

Запись информации следует выполнять по всей длине строки с возможностью переноса ее на следующие строки. Разделение информации по каждому средству технологической оснастки следует выполнять через знак ";". Оформление основных надписей в формах МК — по ГОСТ 3.1103—82.

Информацию общего характера, например, общие требования к выполнению технологического процесса, общие требования по безопасности труда и т. п., следует указывать перед первой операцией по всей длине строки. Операции технологического контроля в МК следует записывать в конце технологического процесса.

Для описания технологических операций с указанием последовательного выполнения переходов, данных о средствах технологического оснащения, технологических режимах и

трудозатратах предназначена операционная карта (ОК). ОК следует оформлять по формам 1 и 16 МК по ГОСТ 3.1118—82. Условное обозначение такого документа будет МК/ОК.

В МК/ОК необходимо указывать данные по технологическим режимам. При этом запись данных по технологическим режимам выполняют после записи содержания операции (перехода) и указания данных по технологической оснастке, используя служебный символ (Р).

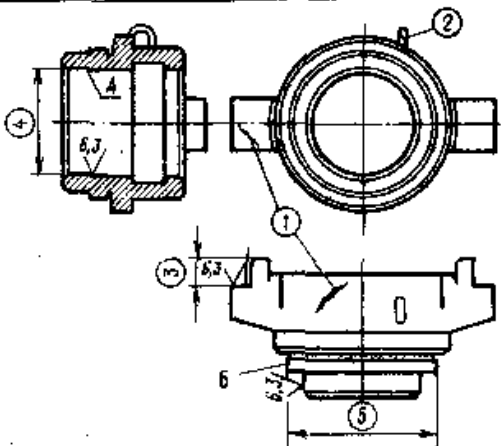
Допускается (при необходимости) простановку данных по технологическим режимам выполнять в тексте содержания операции (перехода).

Для пояснения выполнения технологического процесса, операции или перехода восстановления детали, включая контроль и перемещения, составляют карту эскизов (КЭ) — графический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы.

КЭ выполняют по формам 7 и 7а по ГОСТ 3.1105—84.

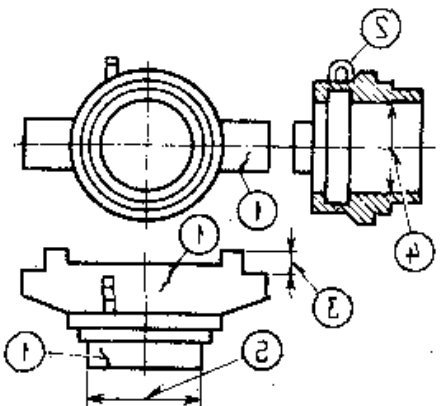
ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ I

			Условное обозначение размеров	Размеры на рабочем чертеже	Категория ремонтного размера
			3	$15 \pm 0,25$	
			4	$47,4^{+0,15}_{-0,10}$	
			5	$55^{+0,035}_{-0,002}$	

Киевский автомобильно-дорожный институт				КР.06—02.06—21.03.23.92			
Кафедра "Ремонтное производство и материалов"				Ремонт муфты сцепления автомобиля ЗИЛ-130	Лист	Масса	Масшт.
Исполн.	Макаров				КР	2,2	1:2
Руковод.	Иванов						
Н. контр					Ремонтный чертеж		
				АА—IV—3			

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

		Деталь				
		Муфта выключения сцепления				
		Номер детали				
		130—1602051				
		Материал			Твердость	
Чугун СЧ 15			НВ 163...229			
Позиция на эскизе	Возможные дефекты	Способ установления деф., измер. инструмента	Размеры, мм			Заключение
			по раб. чертежу	допустимый без ремонта	допустимый для ремонта	
1	Трещины и обломы любого характера и расположения, кроме трещин и обломов ушка под натяжную пружину	Осмотр	—	—	—	Браковать
2	Трещины и обломы ушка под натяжную пружину	"	—	—	—	Ремонтировать наплавкой
3	Износ поверхности лап по высоте	Осмотр, шаблон 16,0 мм	15+ +0,25	16	Более 16	То же
4	Износ отверстия под крышку подшипника первичного вала коробки передач	Пробка пластинчатая 47,9 мм или нутромер индикаторный 35 — 50 мм	47,5	17,9	—	Браковать при размере более 47,9 мм
5	Износ шейки под подшипник выключения сцепления	Скоба или микрометр 50 — 70 мм	55	55	Менее 55	Ремонтировать наплавкой

