



**Теоретические основы  
ремонта и  
восстановления  
автотранспортных  
средств**

**СКИФ**



**Кафедра «Эксплуатация транспортных систем  
и логистика»**

**Лекционный курс**

**Автор**

**Апальков А.Ф.**

## **Аннотация**

Лекционный курс предназначен для магистрантов. Раскрывает базовые знания для ведения научно-исследовательской работы и закладывает основы для подготовки к государственному экзамену и защите магистерской диссертации.

## **Автор**

**Апальков Александр Федосеевич**

**к.т.н., профессор**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛЕКЦИЯ №1 .....	7
ЛЕКЦИЯ №2 .....	17
ЛЕКЦИЯ №3 .....	27
ЛЕКЦИЯ №4 .....	39

## ЛЕКЦИЯ №1

### ВВЕДЕНИЕ. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ.

Коренная организация и техническая реконструкция народного хозяйства России обусловила интенсификацию использования машин природообустройства. В этой связи весьма актуально и перспективно совершенствовать методы и технологии ремонта машин. При этом необходимо комплексное проведение мероприятий по следующим направлениям:

а) Разработка территорий восстановления машин и проведение исследований, направленных на повышение эффективности ремонта в результате научного обоснованного выбора методов продления долговечности и оптимизации сроков службы;

б) Разработка новых технологических методов ремонта машин, использования передового опыта и оказание помощи ремонтным предприятиям в повышении эффективности их работы.

Восстановление деталей машин является одним из основных источников повышения эффективности ремонтного производства. Качество и эффективность восстановления деталей в значительной степени зависят от соответствия применяемых способов устранения дефектов объектам ремонта. Современное ремонтное производство располагает множеством различных способов восстановления деталей, обеспечивающих надёжную работу деталей в течение установленных межремонтных сроков службы машин природообустройства.

Около 70% объёма работ по восстановлению деталей занимают сварка и наплавка. В последние годы эти процессы значительно усовершенствованы: появились более качественные электроды, самофлюсующиеся проволоки, более совершенное оборудование. Многие процессы, ранее выполнявшиеся вручную, механизированы.

Всё шире применяется в ремонтном производстве газотермическое напыление (металлизация). Высокая производительность процесса, возможность автоматизации, процесса и получения покрытий с высокой износостойкостью - основные преимущества металлизации.

Большинство повреждений может быть устранено несколькими способами. Выбор того или иного способа зависит от материала детали, степени и характера повреждения, толщины материала, технологических требований, оснащённости производственно-технической базы, экономических соображений и ряда других факторов.

Настоящее пособие призвано помочь студентам разобраться с существующем многообразием способов восстановления деталей, а также дать практические рекомендации по разработке технологических процессов восстановления деталей.

### **1.1 Исходные данные и общая последовательность работ**

Для разработки технологического процесса восстановления детали необходимы следующие исходные данные и материалы:

- ремонтный чертеж детали;
- техническая характеристика детали;
- возможные дефекты детали и способы их устранения;
- технические требования для восстановления эксплуатационных параметров детали;
- паспорта стандартного и нестандартного оборудования;
- каталоги режущего, измерительного и вспомогательного инструментов;
- справочная литература по расчетам норм времени и режимам обработки деталей;
- документация на действующие типовые технологические процессы.

Проектирование технологического процесса восстановления детали включает в себя следующие этапы:

- описание технической характеристики и условий работы детали;
- анализ дефектов и технические условия на восстановление;
- выбор рационального способа и вида технологии восстановления детали, а также последовательность устранения дефектов;
- расчет режимов выполнения операций;
- расчет технических норм времени;
- выбор средств технологического оснащения;
- оформление технологической документации (графический лист).

### **1.2 Техническая характеристика и условие работы детали**

В этом разделе необходимо указать: наименование детали, материал, вид термообработки, твёрдость, массу, для чего она предназначена.

Размеры восстанавливаемой детали, предельные отклонения, шероховатость и технические требования показывают на ремонтном чертеже.

Далее описывают краткое устройство сборочной единицы, в которую входит данная деталь, функции детали в сборочной единице; указывают, с какими деталями сопрягаются поверхности, подлежащие восстановлению, характер их соединения; рассматривают условия работы детали (вид трения, характер действия нагрузки и агрессивность среды).

**Пример 1.** Деталь - Блок цилиндров двигателя ЗМЗ-24.

Блок цилиндров двигателя ЗМЗ-24 отливается из алюминиевого сплава АЛ ГОСТ 2685-75, гильза - из серого чугуна СЧ22-44 ГОСТ 1421-79, вставка из легированного чугуна №1 по ТУ завода-изготовителя, твёрдость вставки НВ 156-197.

Основные конструктивные элементы блока цилиндров: стенки рубашки охлаждения и верхнего картера, посадочные отверстия под втулки распределительного вала, посадочные отверстия под гильзу, гнезда под вкладыши коренных подшипников; привалочные поверхности под головку блока; крышку распределительных шестерён, картера сцепления и др.

Конструктивные элементы гильзы - отверстие под поршень, посадочная и наружная поверхности, буртик.

Блок цилиндров относится к классу «толстостенных корпусных деталей», гильза - к классу «полых цилиндров». Заготовки получают отливкой и подвергают низкотемпературному отжигу и старению.

Требования к точности размеров в пределах квалитетов 4-7, отклонения формы (нецилиндричность, неплоскостность и др.) не должны превышать 0,010-0,020 мм, отклонения расположения (непараллельность, перпендикулярность и др.) - 0,020-0,050 мм.

**Пример 2.** Коленвал двигателя.

Основные конструктивные элементы коленчатого вала - коренные и шатунные шейки, носок вала (посадочные поверхности под шкив и шестерню), шпоночная канавка, резьба под храповик, фланец вала (отверстия под болты крепления маховика и под подшипник ведущего вала коробки передач).

Требования к точности размеров: в пределах квалитетов 4-5 (для шеек валов) и квалитетов 6-7 для остальных конструктивных элементов, отклонения форм и расположения не должны выходить за пределы поля допуска 5-го квалитета. Отклонения радиуса кривошипа  $\pm 0,05$  мм. Шероховатость поверхности шеек не грубее  $Ra = 0,32$  мкм. Коленчатые валы должны быть динамически сбалансированы.

Установочной базой служат фаски в отверстиях под храповик и под подшипник ведущего вала коробки передач.

### 1.3 Обзор методов восстановления деталей

В этом разделе необходимо отразить возможные методы восстановления, изложенные в [1; 3; 5; 6].

При этом следует усвоить, что слесарно-механическую обработку широко применяют в сочетании с другими способами восстановления деталей, а также как самостоятельный технологический процесс, направленный на восстановление номинальных размеров посадок и других параметров изношенных и поврежденных деталей. Понять, что это достигается обработкой деталей под ремонтный размеры, постановкой дополнительных деталей, заменой их частей и балансировкой. Необходимо изучить особенности каждого из этих способов. Усвоить методику назначения и выбора ремонтных размеров, способы закрепления добавочных деталей и технологию статической и динамической балансировки деталей. Понять, что обработка давлением позволяет восстановить форму и номинальные размеры изношенных и деформированных частей машин.

Уяснить, что при ремонте применяют такие виды обработки давлением, как правку, накатку, раздачу, обжатие, осадку, вытяжку и электромеханическую обработку. Следует изучить особенности и возможности каждого из этих способов. Изучить технологию холодной правки деталей под действием системы внешних сил, местным поверхностным наклепом, горячую правку под действием системы внешних сил и горячую правку без воздействия внешних сил.

Следует усвоить, что сварка и наплавка, как самостоятельные технологические процессы, а также в сочетании с другими параметрами изношенных и поврежденных деталей. Уяснить, что при ремонте машин сварка и наплавка получили очень широкое распространение вследствие высокой прочности соединения и относительно несложной технологии получения наплавленного слоя. Одновременно следует усвоить, что в процессе сварки возникают структурные превращения, внутренние напряжения и деформации как в сварном шве, так и основном металле, которые могут являться причиной появления деформации и трещин. Поэтому необходимо детально изучить причины, вызывающие эти нежелательные явления, и пути их уменьшения. Усвоить, что химический состав и структура металла определяют его чувствительность к термическому воздействию при сварке и во многом определяют качество сварочных работ. Поэтому следует подробно изучить особенности сварки и наплавки деталей из малоуглеродистых, среднеуглеродистых и легированных сталей, способы сварки деталей из чугуна и цветных металлов.

Уяснить, что механизированные способы (автоматические и полуавтоматические) наплавки значительно повышают производительность и

качество металла шва. Понять, что высококачественное восстановление поверхностей изношенных деталей может быть только при правильном выборе и соблюдении режимов наплавки. Поэтому необходимо досконально разобраться в технологии и режимах наплавки изношенных деталей под слоем флюса сварочными, наплавочными и порошковыми проволоками, а также стальными и порошковыми лентами. Изучить технологию вибродуговой наплавки в жидкой среде, среде защитного газа и под флюсом, наплавки деталей в среде инертных газов, углекислого газа, водяного пара и плазменной наплавки.

Следует понять, что с помощью пайки, возможно восстанавливать поврежденные детали системы охлаждения двигателей, электрооборудования и других систем, усвоить, что технология пайки зависит от конструкции и назначения детали. Необходимо подробно изучить технологию восстановления работоспособности деталей из различных материалов пайкой легко- и тугоплавкими припоями.

Усвоить, что электролитические покрытия обладают высокими физико-механическими свойствами, высокой прочностью сцепления с основанием, не вызывают структурных изменений в металле детали и позволяют качественное восстанавливать детали с небольшими износами. Понять, что в основе электролитических способов нанесения покрытий лежит электролиз. Уяснить, что перед нанесением электролитических покрытий детали тщательно подготавливают. Необходимо усвоить сущность процесса электролиза и изучить технологию подготовки поверхностей перед нанесением электролитических покрытий. Уяснить, что в практике ремонта получили распространение ванный и безванный способы нанесения электролитических покрытий. Следует изучить сущность и технологию нанесения хромовых, стальных, никелевых, медных и цинковых покрытий ванным способом, а также усвоить сущность контактного, проточного и струйного способов нанесения электролитических покрытий. Уяснить, что электрические покрытия снижают предел выносливости деталей. Поэтому необходимо изучить технологию обработки деталей после нанесения покрытий.

Усвоить, что при ремонте машин полимерные материалы принимают при заделке вмятин в деталях из тонколистового, металла, трещин и раковин в корпусных деталях, восстановлении изношенных поверхностей и многих других случаях. Уяснить, что для устранения указанных повреждений применяют способы склейки и наращивания. Необходимо подробно разобраться в сущности процесса склеивания деталей. Уяснить, что понимается под адгезионной и когезионной прочностью углевого шва, и изучить технологию склейки фенольными, - эпоксидными и резиновыми клеями. Понять, что наращивание полимерных материалов на изношенные и

поврежденные поверхности деталей машин можно выполнять намазкой, а также газопламенным и вихревым способом прессованием и литьем под давлением. Следует изучить сущность и технологические возможности указанных способов наращивания полимерных материалов.

## 2.1 Выбор рационального способа восстановления деталей

При выполнении раздела необходимо уяснить, что рациональный способ восстановления деталей определяют, пользуясь критериями:

- технологическим (применяемости);
- техническим (долговечности);
- технико-экономическим (обобщающим).

**Технологический критерий:** определяет принципиальную возможность применения восстановления исходя из конструктивно-технических особенностей деталей: геометрической формы и размеров, материала, термической или другого вида поверхностной обработки, твердости характера нагрузки, вида трения, шероховатости поверхности и качества точности изготовления детали.

Известно, что сварка, механизированные способы наплавки, способ ремонтных размеров и дополнительных деталей применимы практически для всех групп деталей. Однако этими способами трудно устранить повреждения в деталях из алюминия и цинковых сплавов, где наиболее эффективно применение аргоно-дуговой сварки.

Детали топливной аппаратуры дизелей, гидравлических систем, тормозов, имеющие небольшие износы, значительную поверхностную твердость и работающие в условиях агрессивных сред, целесообразно восстанавливать химическим или электролитическим покрытием.

Обработка деталей под ремонтный размер снижает их долговечность и ухудшает их взаимозаменяемость.

**Технический критерий:** оценивает каждый способ (выбранный по технологическому признаку) устранения дефектов детали с точки зрения восстановления (иногда и улучшения) свойств поверхностей, т.е. обеспечение работоспособности.

Для каждого выбранного способа дают комплексную качественную оценку по значению коэффициента долговечности ( $K_d$ ), которое определяют по формуле:

$$K_d = K_i \cdot K_B \cdot K_c \cdot K_n,$$

где  $K_i$ ,  $K_B$  и  $K_c$  - соответственно коэффициенты износостойкости, выносливости и сцепляемости покрытий;

$K_n$  - поправочный коэффициент, учитывающий фактическую работоспособность восстановления деталей в условиях эксплуатации,  $K_n = 0,8 - 0,9$ .

По физическому смыслу коэффициент долговечности пропорционален сроку службы деталей в эксплуатации, и, следовательно, рациональным по этому критерию будет способ, у которого  $K_d \rightarrow \max$ . (см. таблицу 2.1)

Выбрав один или несколько способов устранения дефектов, которые обеспечивают необходимую твердость, износостойкость, выносливость и другие показатели, окончательное решение о целесообразности выбранного способа восстановления детали принимают по технико-экономическому критерию.

**Технико-экономический критерий:** связывает себестоимость восстановления детали с ее долговечностью после устранения дефектов. Условие технико-экономической эффективности способа восстановления детали было предложено профессором В. К. Казарцевым:

$$C_B \leq K_d C_H \text{ или } \frac{C_B}{K_d} \leq C_H,$$

где  $C_B$  - стоимость восстановления детали, руб.;

$C_H$  - стоимость новой детали, руб.

Установив рациональный способ устранения дефектов (группы дефектов) детали, приступают к разработке схемы технологического процесса устранения каждого дефекта и составлению плана выполнения всех операций, предусмотренном маршрутом.

**Таблица 2.1**

Постановка дополнительной детали		0	0	1	0	5	2
Обработка под ремонтный размер		,90	,90	,0	,81	0	98
Пластическое деформирование		0	0	1	0	0	3
Электромеханическое высаживание		,95	,90	,0	,86	,2	1,8
Клеевая композиция		1	0	1	0	2	6
Электродное покрытие		,0	,90	,0	,9	0	5,2
Осталивание		1	1	1	1	0	1
Хромирование		,1	,0	.0	,1	,2	3,8
Хромирование		-	-	-	-	5	-
Электродное покрытие	Осталивание	0	0	0	0	0	5
	Хромирование	,91	.82	,65	,58	,5	2,0
Электродное покрытие	Хромирование	1	0	0	1	0	5
	Хромирование	,67	,97	,82	,72	,3	1,5

	В среде пара	0,90	0,75	1,0	0,62	2,3	6,48
Механическая наплавка	Вибродуговая	1,0	0,62	1,0	0,62	2,3	8,38
	Под слоем флюса	0,91	0,87	1,0	0,79	2,3	6,15
	В среде	0,72	0,9	1,0	0,63	3	7,22
Ручная сварка	Аргондуговая	0,70	0,70	1,0	0,49	4	1,87
	Газовая	0,70	0,70	1,0	0,49	3	2,38
	Электродуговая	0,70	0,60	1,0	0,42	5	2,32
Размерность	-	-	-	-	м	м	руб. / м <sup>2</sup> / п.на
Оценочный показатель	Коэффициент износоустойчивости	Коэффициент выносливости	Коэффициент сцепления	Коэффициент долговечности	Расчетная толщина покрытия	Коэффициент технико-экономической эффективности	

При этом необходимо учитывать, что в первую очередь устраняют дефекты в базовых поверхностях, затем дефекты, требующие нагрева, деформации и наращивания размера. Чистовые и доводочные операции обработки деталей выполняют в конце маршрута.

Последовательность выполнения операций должна исключать повторное поступление на посты восстановления.

## 2.2 Классификатор восстанавливаемых деталей

Детали, подлежащие восстановлению, классифицируют в зависимости от их геометрической формы, характера дефектов и общности технологической характеристики.

Система классов и подклассов разделяется на детали тел вращения и пространственных форм.

Классификация деталей позволяет:

- распределить детали для разработки типовых, и групповых технологических процессов;
- создать универсальное ремонтно-технологическое оборудование, оснастку для использования его при восстановлении группы подобных деталей;
- рационально организовать рабочие места;
- устранить разницу в нормативных показателях на одинаковые и подобные детали при их восстановлении;
- механизировать расчетные, планово-производственные и другие операции;
- создать наиболее целесообразную схему внутрицехового и межцехового транспорта;
- организовать межзаводскую и внутризаводскую поддетальную специализацию ремонтного производства;
- выбрать оптимальную производственную структуру участка и цеха по восстановлению деталей ремонтного предприятия.

Все это создаст условия для внедрения методов серийного и крупносерийного производства восстановления деталей на ремонтных предприятиях.

Все дефекты деталей автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин разбиты на 14 групп по видам изнашивающихся поверхностей: износ цилиндрической наружной поверхности; износ конической и сферической поверхностей; износ шлицев; износ пазов, канавок, лысок; износ, повреждение резьбы; износ отверстий; износ и коробление плоской поверхности; износ профильной и фасонной поверхности; износ зубьев цилиндрических шестерен; износ зубьев конических шестерен; износ поверхности червяка; трещины, изломы; скручивание; изгиб.

### **2.3 Особенности нормирования обточка торцовых поверхностей**

Подачу при черновой и чистовой обточке можно выбирать по таблице.

Скорость резания определяют так же, как и при продольном точении, но вводят дополнительный поправочный коэффициент на направление движения, отношение диаметров и тип резца (таблица 2.2).

**Таблица 2.2**

Глубина резания	Подача, мм/об					
	Диаметр обрабатываемой детали, мм					
	до 30	3-50	5-80	81-120	1-210	18-260
До 2мм (чистовая обработка)	0,0 8-0,13	0, -0,15	0, 13-0,2	0,1 8-0,25	0, 3-0,3	0, 25-0,35
Черновая обработка: 2мм	0,2 5-0,45	0, 4-0,8	0, 5-1,0	0,8 -1,2	0, 9-1,3	1, 1-1,5
3мм	0,2 -0,35	0, 35-0,7	0, 45-0,9	0,7 -1,1	0, 8-1,2	1, 0-1,4
4мм	0,1 7-0,3	0, 3-0,6	0, 4-0,8	0,6 5-1,0	0, 75-1,1	0, 9-1,3
5мм	-	0, 25-0,5	0, 35-0,7	0,3 5-0,85	0, 6-0,9	0, 8-1,2

**Таблица 2.2**

Направление резания и тип резца	Поправочный коэффициент		
	Отношение диаметров $\frac{D-d}{D}$		
	до 0,8	от 0,8 до 0,9	от 0,9 до 1
Прямое резание правым отогнутым резцом	0,75	0,85	1
Обратное резание правым прямым резцом	1,75	1,25	1,4
Обратное резание подрезным резцом	1,45	1,55	1,65

Примечание:

$d$  – диаметр отверстия на торцевой поверхности;

$D$  – максимальный диаметр торцевой поверхности.

Основное (технологическое) время может быть определено по формуле:

$$T_o = \frac{\frac{D-d}{2} + l_1 + l_2 + l_3}{n \cdot S} \cdot i,$$

где  $\frac{D-d}{2}$  – длина обработки.

## ЛЕКЦИЯ №2

### ГАЗОВАЯ СВАРКА ПРИ НАПЫЛЕНИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НАПЛАВОЧНЫМ МАТЕРИАЛОМ

#### 3.1 ГАЗОВАЯ СВАРКА

Техника выполнения газовой сварки и режимы процесса в значительной степени влияют на качество сварного соединения. При ручной сварке пламя направляют на свариваемые кромки так, чтобы они находились в восстановительной зоне на расстоянии 2...6 мм от конца ядра.

Положение горелки (угол наклона ее мундштука к поверхности свариваемого металла) зависит от толщины соединяемых кромок реноизделия и теплопроводности металла. Чем толще металл и чем больше его теплопроводность, тем угол наклона мундштука горелки должен быть больше.

Различают два основных способа газовой сварки: правый и левый.

При правом способе процесс сварки ведется слева направо. Горелка перемещается впереди присадочного прутка, а пламя направлено на формирующийся шов. Этим обеспечивается хорошая защита сварочной ванны от воздействия атмосферного воздуха и замедленное охлаждение сварного шва. Такой способ позволяет получить швы высокого качества. Углы наклона мундштука горелки выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла.

При левом способе процесс сварки выполняют справа налево. Горелка перемещается за присадочным прутком, а пламя направляется на не сваренные кромки и подогревает их, подготавливая к сварке.

Правый способ применяют при сварке металла толщиной более 5 мм. Пламя горелки при этом способе ограничено с двух сторон кромками изделия, а позади — наплавленным валиком, что значительно уменьшает рассеивание теплоты и повышает степень ее использования. Однако при левом способе внешний вид шва лучше, так как сварщик отчетливо видит шов и может получить его равномерным по высоте и ширине. Это особенно важно при сварке тонких листов. Поэтому тонкий металл сваривают левым способом. Кроме того, при левом способе пламя свободно растекается по поверхности металла, что снижает опасность его пережога.

Выбор способа сварки зависит от пространственного положения шва. При сварке швов в «нижнем положении» выбор способа сварки, как указывалось ранее, зависит от толщины металла. Сварку вертикальных швов снизу-вверх выполняют левым способом.

Сварку на вертикальных поверхностях горизонтальными швами выполняют левым способом, направляя пламя горелки на заваренный шов.

Для получения сварного/шва с высокими механическими свойствами необходимо хорошо подготовить свариваемые кромки очисткой, правильно подобрать мощность горелки, отрегулировать сварочное пламя, выбрать

присадочный материал, установить положение горелки и направление перемещения ее по свариваемому шву.

Подготовка кромок состоит в очистке их от масла, окалины и других загрязнений, разделке под сварку и прихвате короткими швами. Скос кромок выполняют ручным или пневматическим зубилом, а также на кромкострогальных или фрезерных станках. Экономичным способом подготовки кромок является ручная или механизированная кислородная резка.

Основные параметры режима сварки выбирают в зависимости от свариваемого металла, его толщины и типа реноизделия. Определяют необходимую мощность пламени, вид пламени, марку и диаметр присадочной проволоки, технологию сварки. Швы накладывают одно- и многослойные. При толщине металла до 6-8 мм применяют однослойные швы, до 10 мм - в два слоя, более 10мм - в три слоя и более.

После сварки рекомендуют проковку металла шва в горячем состоянии и последующую нормализацию при температуре 800-900 °С. После этого металл приобретает достаточную пластичность и мелкозернистую структуру.

### 3.2 Сварка чугуна

Все виды горячей сварки проводят при нагреве до 680°С и более.

Структура сложных чугунных ренодеталей, например, блоков картеров, головок цилиндров двигателей внутреннего сгорания, задних мостов и корпуса коробок передач тракторов, в разных частях этих деталей неодинакова. К сварным соединениям чугунных ренодеталей предъявляются следующие требования: возможность обработки обычным режущим инструментом, прочность металла шва должна быть не ниже прочности основного металла, зона термического влияния (часть основного металла, которая в процессе сварки поддается термическому влиянию) должна быть минимальной, равнопрочность соединения, однородность наплавленного и основного металла ренодетали по химическому составу и структуре,

По состоянию свариваемых ренодеталей выделяют два способа сварки - *горячий и холодный*.

*Горячая сварка чугуна* — операция, при которой деталь нагревают (в печи или другим способом) до температуры 650-680 °С.

Во время сварки местную температуру ренодетали поддерживают не ниже 500°С. Подогрев освобождает свариваемую ренодеталь от внутренних напряжений литейного и эксплуатационного характера и предупреждает появление сварочных напряжений и трещин. В некоторых случаях для отдельных деталей (например, головок блоков цилиндров дизельных двигателей, блоков автомобильных двигателей), имеющих большую жесткость и сложную конфигурацию, при сварке обязателен общий нагрев. Применение многослойного сварного шва оказывает большое влияние на его структуру и среднее количество углерода по сечению сварного шва и термическое воздействие (отжиг и отпуск) на предыдущие слои.

При сварке обязательно применение флюса, который повышает свариваемость чугуна; предохраняет от окисления расплавленную ванну; увеличивает жидкотекучесть сварочных шлаков.

При сварке трещин в чугунных ренодеталях выполняют следующие операции. С кромок трещин снимают фаски так, чтобы угол разделки равнялся 70-80°, которые грубо обрабатывают (желательно с образованием насечки). Очищают места сварки от грязи, масла и ржавчины. Температура сварки 900-950°C.

Преимущества газопламенного нанесения состоят в высокой производительности процесса, локальности обработки, незначительном влиянии на подложку, возможности нанесения покрытий на изделия больших размеров, отсутствии ограничений на сочетание материалов покрытия и подложки, что позволяет охватить большую номенклатуру восстановления изношенных ренодеталей. Рассматриваемый способ позволяет восстанавливать детали типа вала с износом до 2,5 мм на сторону. Восстановленные детали устойчивы против коррозии, абразивного изнашивания, действия высоких температур.

Технологический процесс газопламенного нанесения в основном состоит из трех этапов: нагрева поверхности детали до 200-250°C; (нанесения подслоя, который дает основу, необходимую для наложения основных слоев; нанесения основных слоев, позволяющих получить покрытия с необходимыми физико-механическими свойствами. К основным факторам, влияющим на прочность сцепления покрытия с основой, относятся: способ подготовки поверхности и используемый при этом абразивный материал, параметры струйной обработки поверхности, время выдержки после обработки, наличие предварительного подогрева, применение подслоя и использование термореагирующих порошков, способ распыления, эффективная мощность пламени, параметры- процесса распыления, состав материала покрытия (наличие поверхностно-активных добавок в покрытии зависит и от применяемого оборудования и от присадочных материалов). Основой конструкции аппаратов для напыления и горелок для наплавки является базовая схема сварочной горелки. Сварочная горелка служит для смешивания горючего газа с кислородом и получения газового пламени. Мощность, состав и форма сварочного пламени зависят от мундштуков наконечников горелок. Сварочные горелки подразделяют по способу подачи горючего газа и кислорода в смесительную камеру на инжекторные и безынжекторные; по роду применяемого горючего газа на ацетиленовые и для газов заменителей; по назначению на универсальные (сварка, наплавка) и специализированные (выполнение одной операции); по форме пламени на однопламенные и многопламенные; по мощности пламени на микромощные (до 60 л/ч), малой мощности (до 700 л/ч), средней мощности (до 2500 л/ч), большой мощности (до 7000 л/ч); по способу применения - на ручные и машинные.

Горелки для газопорошковой наплавки, выполненные на базе сварочных горелок, отличаются от этих горелок принципом работы и конструкцией (в аппаратах и горелках предусмотрен питатель (бункер) с порошковым материалом). Основное назначение аппарата для напыления – подавать порошок в ядро факела пламени.

### 3.3 Газотермическое напыление

При ремонте оборудования с помощью газотермического напыления восстанавливают размеры изношенных деталей оборудования (шек валов лесопильных рам, валов деревообрабатывающих станков, шек осей конвейеров и тележек и т.д.), уменьшают внутренние размеры изношенных посадочных отверстий под подшипники, втулки и другие детали; наносят на подшипники и втулки антифрикционные покрытия из псевдосплавов, образуемых в результате одновременного распыления двух или разных металлов. Этот вид напыления характеризуется своей простотой, технологической доступностью и компактностью. Газотермическое напыление дает стойкие антикоррозионные, жаростойкие, электроизоляционные и износостойкие покрытия.

Существуют дуговые и газопламенные способы нанесения покрытий. Дуговые способы покрытия энергетически выгодны, однако пригодны лишь для распыления металлических стержней. Для порошковых материалов применим только газопламенный способ. Перед началом напыления поверхность деталей необходимо очищать механическим, а если потребуется, то и химическим путем.

В данной области используются установки и аппаратура порошкового и проволочного типов. Остановимся на их характеристиках:

- установка УГПЛ предназначена для ручного напыления термопластовых, цинковых и других материалов с температурой плавления 800°С. Используют в качестве напыляемого материала порошок. При работе используют ацетилен и воздух;
- установка УГПТ - для ручного напыления тугоплавких покрытий из хромборникелевых сплавов. Напыляемый материал — порошок. Рабочие газы - ацетилен или кислород;
- установка МГИ-4П - ручное напыление деталей из алюминия, стали, цинка. Напыляемый материал - проволока. Используемые газы — кислород, воздух, бутан, пропан;
- установка МГИ-4 имеет те же характеристики, что и МГИ-4П, но использует только ацетилен, кислород и воздух.

Газопитание аппарата МГИ-4 горючим газом, как правило, осуществляется от баллона для разрядной рампы. В обоих случаях давление горючего газа должно поддерживаться не менее 0,06 МПа (0,6 кгс/см<sup>2</sup>).

### 3.4 Особенности нормирования нарезания резьбы резцами

Для нарезания резьбы резцами рекомендуются скорости резания и числа проходов, указанные в таблице.

При нарезании резьбы в деталях из чугуна с твердостью, превышающей НВ 190, и при нарезании резьбы в деталях из стали с пределом прочности  $\sigma_s = 70 \text{ кГ/мм}^2$  табличные скорости резания следует умножить на коэффициент 0.7. В таблице 3.1 приведены данные для резцов из быстрорежущей стали. При нарезании резьбы резцами из углеродистой стали скорости резания нужно умножить на коэффициент 0.5.

**Таблица 3.1**

Проходы	Скорость резания, м/мин при											
	шаге наружной крепежной метрической резьбы, мм			числе ниток на 1 дюйм наружной крепежной дюймовой резьбы			шаге внутренней крепежной метрической резьбы, мм			числе ниток на 1 дюйм внутренней крепежной дюймовой резьбы		
	,5	,5	,5	1	9	6	2,5	3,5	4,5	1	9	6
Черновые проходы	$\frac{36}{6}$	$\frac{30}{7}$	$\frac{25}{7}$	$\frac{40}{5}$	$\frac{35}{56}$	$\frac{28}{6}$	$\frac{29}{7}$	$\frac{24}{9}$	$\frac{20}{9}$	$\frac{32}{6}$	$\frac{28}{6}$	$\frac{21}{8}$
Чистовые проходы	$\frac{64}{3}$	$\frac{50}{4}$	$\frac{44}{4}$	$\frac{65}{3}$	$\frac{57}{4}$	$\frac{49}{4}$	$\frac{51}{4}$	$\frac{40}{4}$	$\frac{35}{4}$	$\frac{52}{4}$	$\frac{45}{5}$	$\frac{37}{5}$
Зачистные проходы	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Примечание: в числителе указана скорость резания, а в знаменателе – ориентировочное число проходов.

Основное (технологическое) время может быть определено по формуле:

$$T_o = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{n \cdot S} \cdot i,$$

где  $S$  – шаг резьбы, мм/об;

$i$  – число проходов. Необходимое для нарезания полного профиля резьбы.

### 3.5 Наварка ленты

В зависимости от вида и формы присадочного материала различают контактную наварку контактных - лента, проволока - и порошковых - гранулированных - материалов, а также лент, армированных твердосплавным

порошком. Контактная наварка порошкообразных материалов является одним из способов припекания.

Процесс контактной наварки ленты производится на специальных установках совместным деформированием навариваемого металла и поверхностного металла, нагретых в очаге деформации до пластического состояния короткими (0,02 - 0,16 с) импульсами тока 7-30 мА. Образующиеся при этом сварочные точки располагаются по винтовой линии и частично перерывают друг друга, что достигается вращением детали со скоростью, пропорциональной частоте импульсов, и продольным перемещением сварочных клещей.

Наибольшее распространение контактная наварка проволоки нашла для восстановления резьбовых участков валов. Диаметр проволоки подбирают таким, чтобы при наварке она полностью заполнила впадину резьбы и выступала на величину припуска, необходимого для последующей обработки. Учитывая износ витков резьбы, продольную подачу сварочных клещей принимают равной шагу резьбы.

Частота вращения детали, продольная подача сварочных клещей и частота следования импульсов являются важными параметрами процесса, определяющими его производительность. Соотношение этих величин подбирают так, чтобы обеспечить 6 или 7 сварочных точек на 1 см длины сварного шва.

Частоту вращения детали, норму времени на наплавку рассчитывают аналогично расчету этих параметров при наплавке под слоем флюса.

## РУЧНАЯ ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ СВАРКА

### 4.1 Сущность процесса

Технологические процессы сварки и наплавки занимают ведущее место при восстановлении изделий, поскольку с их помощью восстанавливают почти 70% всех деталей.

*Сваркой* называется получение неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между соединяемыми частями при их нагревании и (или) пластическим деформированием.

Такое определение понятия «сварка» содержит ГОСТ 2601-84.

В условиях ремонтно-восстановительного производства сварку следует рассматривать как процесс установления неразъемных соединений между восстанавливаемым слоем и основной частью материала ренодетали или ее элементами.

Большое разнообразие форм и размеров ренодеталей обуславливает необходимость применения в ремонтно-восстановительном производстве разных видов сварки. Среди них ручная дуговая и газовая сварка и т.д.

*Ручную дуговую* сварку выполняют, как правило, металлическими электродами при питании дуги постоянным или переменным током. К электроду и свариваемому изделию для образования и поддержания сварочной дуги от источников сварочного тока подводится постоянный или переменный сварочный ток. Сварочная дуга горит между металлическим стержнем электрода и основным металлом. Под действием тепла дуги металл дуги электрода, покрытие электрода и основной металл расплавляются, образуя сварочную ванну. Капли жидкого металла с торца расплавленного электродного стержня переносятся в ванну через дуговой промежуток. Вместе со стержнем плавится покрытие электрода, образуя вокруг дуги газовую защиту и жидкую шлаковую ванну. По мере движения дуги металл сварочной ванны затвердевает, образуется сварочный шов и шлаковая корка на поверхности шва.

Источниками постоянного тока при ручной, автоматизированной сварке и наплавке являются преобразователи, выпрямители и агрегаты с приводом от двигателя внутреннего сгорания; источниками переменного тока - сварочные трансформаторы.

Сварку выполняют электродами с обмазкой. При выборе электродов необходимо учитывать их назначение. Если электроды применяют для сварки разрушенных деталей, то их выбирают исходя из условий максимального приближения качества и свойств материала шва к металлу восстанавливаемой детали, чтобы твердость была одинаковой на всех участках.

Электроды для сварки обозначают буквой Э и двумя цифрами, например, Э-42. Цифры после буквы свидетельствуют о прочности шва на разрыв. Электроды для наплавки обозначают двумя буквами ЭН и цифрами, показывающими гарантированную твердость наплавленного слоя. Наплавочные электроды специального назначения обозначают тремя буквами. Например, электрод типа ЭНР-62 расшифровывается так: электрод для наплавки режущего инструмента обеспечивает твердость слоя 62-63 HRC.

Каждому типу электрода может соответствовать несколько марок обмазки. Обмазки электродов по составу подразделяют: на рудно-кислые - Р, рутиловые - Т, фтористо-кальциевые - Ф, органические - О. Наибольшее распространение в реновационной практике получили группы Р, Т и Ф.

*Сварка чугуна.* Все виды горячей сварки проводят при нагреве до 680°C и более.

Структура сложных чугунных ренодеталей, например, блоков картеров, головок цилиндров двигателей внутреннего сгорания, задних мостов и корпуса коробок передач тракторов, в разных частях этих деталей неодинакова. К сварным соединениям чугунных ренодеталей предъявляются следующие требования: возможность обработки обычным режущим инструментом, прочность металла шва должна быть не ниже прочности основного металла, зона термического влияния (часть основного металла, которая в процессе сварки поддается термическому Влиянию) должна быть

минимальной, равнопрочность соединения, однородность наплавленного и основного металла ренодетали по химическому составу и структуре.

По состоянию свариваемых ренодеталей выделяют два способа сварки - *горячий и холодный*.

*Горячая сварка чугуна* — операция, при которой деталь нагревают (в печи или другим способом) до температуры 650-680 °С.

Во время сварки местную температуру ренодетали поддерживают не ниже 500°С. Подогрев освобождает свариваемую ренодеталь от внутренних напряжений литейного и эксплуатационного характера и предупреждает появление сварочных напряжений и трещин. В некоторых случаях для отдельных деталей (например, головок блоков цилиндров дизельных двигателей, блоков автомобильных двигателей), имеющих большую жесткость и сложную конфигурацию, при сварке обязателен общий нагрев. Применение многослойного сварного шва оказывает большое влияние на его структуру и среднее количество углерода по сечению сварного шва и термическое воздействие (отжиг и отпуск) на предыдущие слои.

При сварке обязательно применение флюса, который повышает свариваемость чугуна; предохраняет от окисления расплавленную ванну; увеличивает жидкотекучесть сварочных шлаков.

При сварке трещин в чугунных ренодеталях выполняют следующие операции. С кромок трещин снимают фаски так, чтобы угол разделки равнялся 70-80°, которые грубо обрабатывают (желательно с образованием насечки). Очищают места сварки от грязи, масла и т.д.

## **4.2 Нормирование строгальных работ**

Методика нормирования строгальных работ не отличается от методики нормирования токарных работ. Глубину резания для чернового строгания выбирают с учетом припуска для чистового строгания. При строгании под последующее шабрение оставляют припуск 0.5 мм.

Для окончательного чистового строгания, после которого не будет производиться обработка поверхности, припуск оставляют до 0.3 мм.

Подачу выбирают в зависимости от глубины резания и обрабатываемого материала. В качестве примера в таблице 4.1 приведены при черновом строгании.

**Таблица 4.1**

Обрабатываемый материал	Подача за двойной ход S, мм		
	Глубина резания t, мм		
	1	2	3
Углеродистая сталь ( $\sigma_B = 60$ кГ/мм <sup>2</sup> ) и чугун (НВ 181...220)	1...1,2	0,8...1	0,6...0,8
Легированная сталь ( $\sigma_B = 70$ кГ/мм <sup>2</sup> ) и чугун (НВ 180)	0,8...1 1,2...1,4	0,6...0,7 1...1,2	0,5...0,6 0,8...1

Примерные подачи для чистового строгания приведены в таблице 4.2.

**Таблица 4.2**

Обрабатываемый материал	Подача за двойной ход S, мм		
	Глубина резания t, мм		
	1	2	3
Углеродистая сталь ( $\sigma_B = 30...40$ кГ/мм <sup>2</sup> ) и чугун (НВ 100...140)	1...6	1...4	0,25...0,5
Углеродистая и легированная сталь ( $\sigma_B = 41...70$ кГ/мм <sup>2</sup> ) и чугун (НВ 141...180)	1...5	1...3	0,2...0,4
Углеродистая и легированная сталь ( $\sigma_B = 70$ кГ/мм <sup>2</sup> ) и чугун (НВ 181...220)	1...4	1...2,5	0,15...0,3

Скорость резания определяют, как и при точении. Найденную скорость умножают на коэффициент 0.75, учитывающий более тяжелые условия работы резца при строгальных работах по сравнению с токарными. Полученная скорость резания должна соответствовать скорости рабочего хода резца.

Фактическая скорость резания, принимают для нормирования, определяют по формуле:

$$V = \frac{l \cdot (1 + \frac{V_p}{V_x}) \cdot n}{1000} \text{ м/мин,}$$

где  $l$  – длина хода резца, мм;

$V_p$  – скорость рабочего хода, м/мин;

$V_x$  – скорость холостого хода, м/мин;

$n$  – число двойных ходов в минуту.

Число двойных ходов находят по формуле:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{(l_1 + l_3) \cdot (1 + \frac{V_p}{V_x})}$$

Значение  $l_2$  (перебег резца) зависит от  $l_1$  (длина обрабатываемой поверхности).

Длина обрабатываемой поверхности, мм	до 100	101-200	201-300	301-500
Перебег резца, мм	35	50	60	75

Основное (технологическое) время определяют по формуле:

$$T_o = \frac{B + l_4}{n \cdot S},$$

где  $B$  – ширина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_4$  – боковое врезание и сход резца, мм;

$S$  – подача за один двойной ход резца, м.

Принимают следующие значения  $l_4$  в зависимости от глубины резания:

Глубина резания, мм	до 2	2-4	4-6	6-8	8-10
Боковое врезание и сход резца $l_4$	4	6	8	10	

Вспомогательное время на установку и снятие детали принимают от 0,5 до 3,2 мин, в зависимости от веса детали и сложности ее установки. Вспомогательное время, связанное с переходом (установка резца по размеру, взятие пробной стружки и т.п.), составляет 0,5-1,2 мин.

Дополнительное время составляет 8-10% оперативного времени.

Подготовительно - заключительное время принимают от 8 до 15 минут.

**ЛЕКЦИЯ №3****МЕХАНИЗИРОВАННАЯ НАПЛАВКА ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА. СХЕМА НАПЛАВКИ. НАПЛАВКА ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ. ЛАЗЕРНАЯ СВАРКА И НАПЛАВКА.****5.1 Схема процесса автоматической наплавки под слоем флюса**

Для наплавки под слоем флюса применяют устанавливаемые на токарных станках или специальных установках головки типов А-580, ОКС-Ю31Б, ОКС-1252М. Качество наплавленного металла и его износостойкость зависят от марки ' электродной проволоки, флюса и режима наплавки.

**Таблица 5.1** – Некоторые рекомендации по применению наплавочных материалов

Наименование быстро-изнашивающихся деталей	Условия работы деталей в эксплуатации	Рекомендуемый вид наплавки	Марка присадочного материала	Характер присадочного материала
Опорные и натяжные катки тракторов, оси катков, звенья гусениц	Трение с абразивной прослойкой	Порошковой проволокой	ПП-АН1, ПП-АН3 и т.д.	Наплавочная порошковая проволока
Гладкие валы, оси, шлицевые валы, пальцы, фланцы, муфты	Трение в смазке	В среде углекислого газа	Св-08Г2С, Св-12ГС6, Св-10Г2С и т.д.	Наплавочная и сварочная проволока
Молотки, дробилок, прижимы, ножи	Сухое трение, абразивный и коррозионный и эрозионный износ	Электродуговая под слоем флюса	Св-08, Св-08ГЛ, Св-08ГС, НП-25, НП-45, НП-65, НП-80 и т.д.	Наплавочная и сварочная проволока

**5.2 Наплавка порошковой проволокой**

Хорошие результаты при наплавке дает использование порошковой проволоки, в состав которой входят феррохром, ферротитан, ферромарганец, графитовый и железный порошки.

Наплавку выполняют под слоем флюса или в среде защитного газа, но при введении в проволоку соответствующих компонентов возможна наплавка и без флюсовой или газовой защиты.

Исходным материалом порошковой проволоки служит лента из низкоуглеродистой стали и порошок, содержащий необходимые элементы.

Этот способ обладает преимуществами перед другими: он позволяет увеличить силу тока, т.е. производительность процесса в 2 раза и более; исключается операция отделения шлаковой корки от ренодетали после наплавки.

При этом способе микроструктура металла при наплавке, например, на сталь 45 (материал коленчатых валов) обеспечивается трооститномартенситная структура металла, твердость 51,5...57 HRC; возрастает износостойкость в 1,6...2 раза больше, чем у стали 45, закаленной токами высокой частоты (ТВЧ).

На рисунке 5.1 представлена схема процесса наплавки порошковой проволокой.

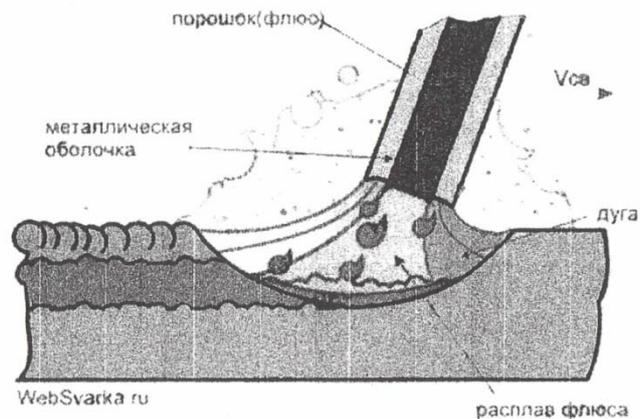


Рисунок 5.1 – Схема процесса наплавки порошковой проволокой

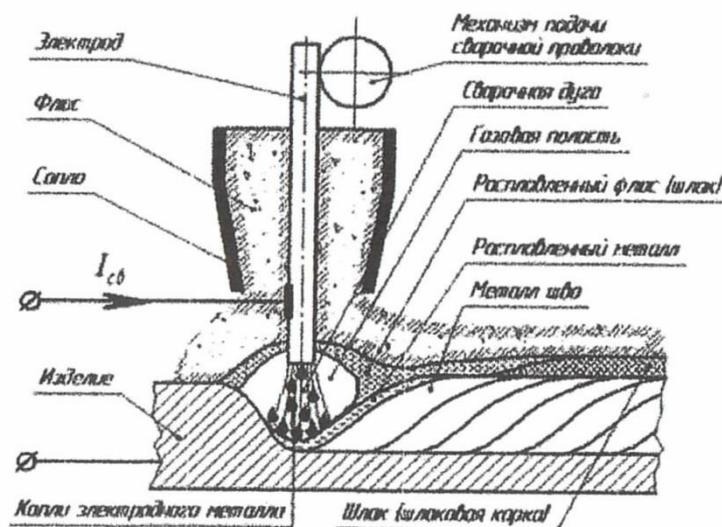


Рисунок 5.2 – Схема процесса автоматической наплавки под слоем флюса

### 5.3 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/см<sup>2</sup>. Энергия может передаваться материалу бесконтактно, на значительные расстояния от генератора и строго дозирована.

Для восстановления и упрочнения деталей можно использовать серийно выпускаемые промышленностью лазеры. ВНПО "Ремдеталь" разработало комплект оборудования для восстановления гидро- и топливной аппаратуры, включающий в себя газовый лазер ЛГЛ-702 с номинальной мощностью 800 Вт, установку для наплавки СКС-011-1-02 с оснасткой для лазерной обработки, приспособление для управления лучом, систему газообеспечения.

Наплавка осуществляется самофлюсующимися порошками типа СНГН и ПГСР цилиндрических и плоских поверхностей, изношенных на глубину до 1 мм, с припуском на дальнейшую обработку шлифованием. Установка обеспечивает производительность наплавки до 10 см<sup>2</sup>/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 м<sup>2</sup>.

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.

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.

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ СЛЕСАРНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ  
ОБРАБОТКОЙ ПОД РЕМОНТНЫЕ РАЗМЕРЫ.  
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ НАПЛАВКА. НОРМИРОВАНИЕ  
СТРОГАЛЬНЫХ РАБОТ.**

**6.1 Механическая обработка**

Механическая обработка применяется для восстановления геометрической формы: размеров и шероховатости изношенных поверхностей деталей; изготовления новых деталей, а также для подготовки и завершения обработки деталей, восстанавливаемых другими методами.

При восстановлении деталей используют следующие виды механической обработки:

- для наружных цилиндрических поверхностей - обтачивание, шлифование, притирание, полирование;
- для внутренних цилиндрических поверхностей - растачивание, развертывание, рассверливание, шлифование, хонингование;
- для плоских поверхностей - строгание, фрезерование, шлифование, точение применяют для обработки (обдирки) шеек коленчатых и других валов после наплавки, растачивания гильз, гнезд вкладышей коренных подшипников блоков цилиндров. Алмазное точение используют для деталей и алюминиевых сплавов, меди, латуни, чугуна и пластмасс, втулок верхних головок шатунов, гильз двигателей, отверстий в бобышках.

Шлифование применяют для деталей с высокой твердостью, а также для получения высокой точности обработки и малой шероховатости. Шлифуют деталь непосредственно после нанесения покрытия или после предварительного точения. Шлифованию подвергают шейки коленчатых валов, шейки и кулачки распределительных валов, стержни клапанов, толкатели.

Хонингование (обработка деталей абразивными брусками, совершающими сложное движение по отношению к обрабатываемой поверхности) применяют для восстановления гильз двигателей, отверстий нижних головок шатунов, тормозных цилиндров.

Фрезеруют плоскости головок блоков, крышек нижних головок шатунов, а также обрабатывают фрезами шпоночные пазы коленчатых и распределительных валов, шлицы валов коробок передач, раздаточных коробок, полуосей.

Сверление применяют для рассверливания отверстий крышек коробок передач, распределительных шестерен, фланцев полуосей, а также для высверливания изношенной резьбы в корпусных деталях (блоков цилиндров, головок блоков, картеров агрегатов трансмиссии).

Притирают изношенные поверхности тарелок клапанов и седел, запорных игл и распылителей форсунок, плунжеров и гильз топливных насосов высокого давления.

Полированию подвергают шлифованные шейки коленчатых валов, детали, подлежащие хромированию.

## 6.2 Постановка дополнительных деталей

Сущность метода заключается в том, что изношенную или поврежденную часть детали удаляют механической обработкой, а на ее место устанавливают вновь изготовленную дополнительную ремонтную деталь (ДРД), которую обрабатывают под номинальный размер.

Этим методом восстанавливают посадочные отверстия под подшипники качения в картерах коробок передач, раздаточных коробок, ведущих мостов, ступиц колес; резьбовые отверстия в корпусных деталях; блоки шестерен и другие детали.

В зависимости от вида восстанавливаемой поверхности ДРД могут иметь форму гильзы, кольца, шайбы, резьбовой втулки, зубчатого венца. ДРД обычно изготавливаются из того же материала, из которого изготовлена восстанавливаемая деталь.

ДРД крепится к основной детали напрессовкой с гарантированным натягом, приваркой, стопорными винтами, клеевыми композициями, на резьбе.

После постановки и закрепления ДРД их окончательно подвергают механической обработке до требуемых размеров.

Процесс восстановления изношенного отверстия включает: рассверливание отверстия, нарезание в нем резьбы под спиральную вставку, ввертывание спиральной вставки ключом, удаление технологического поводка зубилом, контроль внутренней резьбы вставки. Этот метод применим для восстановления резьбы в сквозных и глухих отверстиях диаметром от 6 до 24 мм.

При восстановлении изношенных отверстий в качестве дополнительных деталей могут использоваться компенсационные пластины, изготовленные из инструментальных и легированных сталей с приданием им соответствующей формы.

Процесс восстановления изношенных отверстий (гильз цилиндров, отверстий блока и крышек коренных подшипников, отверстий в картерах) включает следующие операции:

- расточку отверстий на величину, равную толщине компенсационной пластины с учетом припуска на окончательную обработку отверстия до установленного размера;
- изготовление компенсационных пластин с помощью специальных штампов;

– придание пластинам формы цилиндра и запрессовку их в отверстия на прессе или вручную с использованием необходимых приспособлений;

– обработку отверстий шлифованием или протягиванием.

*Метод замены части детали.* Некоторые детали имеют несколько рабочих поверхностей, изнашивающихся в разной степени. Одни рабочие поверхности изнашиваются незначительно, зато другие изнашиваются очень сильно. Эту сильно изношенную часть детали отрезают и изготавливают новую.

### 6.3 Способы восстановления

В ремонтных мастерских выполняются следующие виды работ:

- обработка под ремонтные размеры;
- постановка дополнительных деталей;
- замена части детали;
- припиловка и шабровка;
- притирка;
- шлифовка;
- постановка заплат.

Обработкой под ремонтный размер восстанавливают кинематические пары типа вал - втулка, поршень - цилиндр т.д.

Под ремонтный размер обычно обрабатывают наиболее сложную и дорогостоящую деталь пары, а вторую заменяют новой или восстановленной также до ремонтного размера.

Различают ремонтные размеры – *регламентированные и нерегламентированные.*

Регламентированные ремонтные размеры и допуски на них устанавливает предприятие – изготовитель. Детали с нерегламентированными размерами выпускает промышленность. К ним относятся поршни, поршневые кольца. Поршневые пальцы, тонкостенные вкладыши подшипников шеек коленчатого вала.

Примеров регламентированных ремонтных размеров являются размеры шеек коленчатых валов автомобильных двигателей, приведенные в таблице 6.1.

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.

**Таблица 6.1** – Номинальные и ремонтные размеры коренных шатунных шеек коленчатых валов автомобильных двигателей

Размеры	Уменьшение диаметра, мм	Диаметр шеек, мм	
		коренных	шатунных
ЗМЗ-53 и ЗМЗ-66			
Номинальный	-	70,00 <sup>-0,013</sup>	60,00 <sup>-0,013</sup>
Ремонтные:			
1-й	0,25	69,75 <sup>-0,02</sup>	59,75 <sup>-0,013</sup>
2-й	0,50	69,50 <sup>-0,02</sup>	59,50 <sup>-0,013</sup>
3-й	0,75	69,25 <sup>-0,02</sup>	59,25 <sup>-0,013</sup>
4-й	1,00	69,00 <sup>-0,02</sup>	59,00 <sup>-0,013</sup>
5-й	1,25	68,75 <sup>-0,02</sup>	58,75 <sup>-0,013</sup>
6-й	1,50	68,50 <sup>-0,02</sup>	58,50 <sup>-0,013</sup>

Метод определения значения и количества ремонтных размеров для вала и отверстия был впервые разработана проф. В.В. Ефремовым. Если обозначить через  $d_n$  и  $D_n$  соответственно размеры вала и отверстия по рабочему чертежу,  $d_{p1}$ , и  $D_{p2}$ , - первые ремонтные размеры вала и отверстия.  $I_{min}$  и  $I_{max}$  – минимальный и максимальный износ поверхности детали на сторону, а через  $d_{p1} = d_n - 2(I_{max} + z)$  механическую обработку на сторону, то первый ремонтный размер может быть определен по формуле  $D_{p1} = D_n - 2(I_{max} + z)$ .

Число ремонтных размеров может быть найдено по формулам:

$$\text{для валов: } n_B = \frac{(d_n - d_{min})}{\gamma};$$

$$\text{для отверстий: } n_{отв} = \frac{(D_n - D_{max})}{\gamma};$$

где  $d_{min}$  - минимально допустимый диаметр вала, мм;

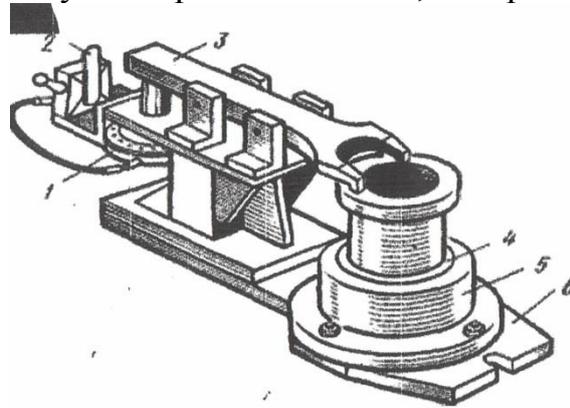
$D_{max}$  – максимально допустимый диаметр отверстия, мм.

Предельные значения диаметров определяют по условиям прочности, из конструктивных соображений.

Обработка под ремонтный размер широко практикуется при восстановлении изношенных поверхностей цилиндров или гильз цилиндров автомобильных двигателей. Технологический процесс включает в себя расточную и хонинговальную операции.

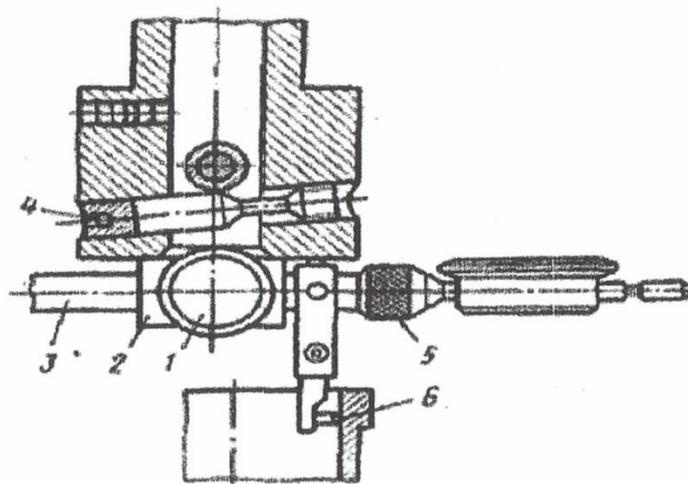
Базовыми поверхностями при установке блока для растачивания цилиндров служат нижняя привалочная плоскость и фаска в верхней части

цилиндра. При установке гильз на расточку базовыми поверхностями служат наружный чисто обработанный поясok и верхний торец гильзы. Блок цилиндров устанавливают непосредственно на столе расточного станка. Для установки гильзы используется приспособление, которое крепится на столе.



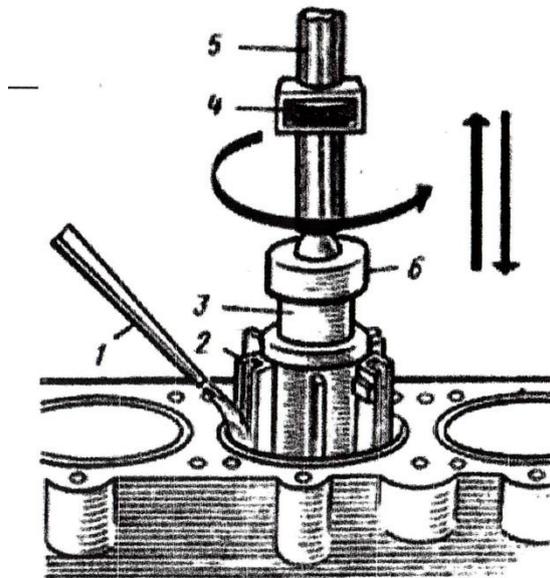
**Рисунок 6.1** – Приспособление для установки и крепления гильз:

1 - пневматический привод; 2 – кран управления; 3 – прижим; 4 – центрирующее кольцо; 5 – корпус; 6 – основание



**Рисунок 6.2** – Резцовая головка станка 2А78Н с приспособлениями для центрирования гильз: 1 – винт; 2 – колодка; 3 – рычаг; 4 – шариковая оправка; 5 – гайка; 6 – упор рычага

Доводку цилиндров выполняют на вертикально-хонинговальных или вертикально-сверлильных станках специальными хонинговальными головками 3 (рисунок 6.3) с подачей охлаждающей жидкости 1 в зону трения. На головке по окружности установлены четыре, пять или шесть сменных мелкозернистых брусков 2. Головка, соединенная с хвостовиком 5 через шарнир 6, закрепляется в шпинделе станка.



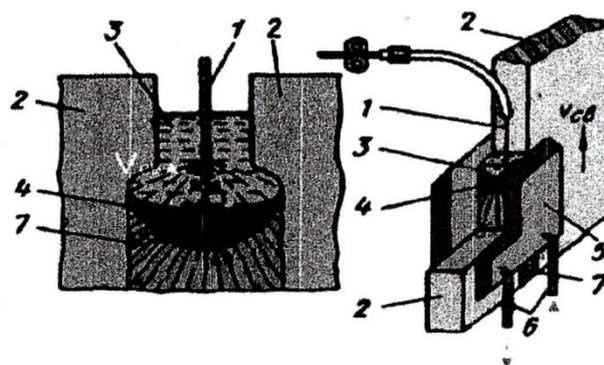
**Рисунок 6.3** – Схема процесса хонингования цилиндров блока

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.

#### 6.4 Электрошлаковая наплавка

Для изготовления биметаллических деталей с износостойким слоем значительной толщины (более 10 мм) применяют электрошлаковую наплавку. В этом процессе используют теплоту, выделяющуюся при прохождении электрического тока через расплавленный шлак. Электрошлаковая наплавка обеспечивает наибольшую производительность по сравнению со всеми другими способами наплавки. С помощью легированных присадок получают наплавленный слой нужного химического состава.

Представлена схема электрошлаковой наплавки.



**Рисунок 6.4** – Схема электрошлаковой наплавки

Наплавку можно выполнять на плоских поверхностях, а также на поверхностях тел вращения. Особенность электрошлаковой наплавки состоит в том, что можно получать гладкие, ровные поверхности наплавленного слоя. Это дает возможность использовать ренодетали без последующей механической обработки. В начале процесса в зазор между ренодеталью и водоохлаждаемой формой заливают расплавленный флюс и возбуждают дугу между электродной проволокой и ренодеталью. После образования шлаковой ванны достаточной глубины дуга потухает, и ток проходит через расплавленный шлак — начинается электрошлаковый процесс. Расход флюса при этом способе в 15-20 раз меньше, чем при электродуговом.

Режимы электрошлаковой наплавки при восстановлении опорных катков тракторов класса 30 кН имеют следующие (оптимальные) значения: напряжение 36-40 В; сила тока 800-900 А; скорость подачи проволоки 3-3,5 м/мин; глубина шлаковой ванны 80 мм; число электродов 2; скорость подачи сормайта 60-85 г/мин; диаметр электродной проволоки, используемой в этом случае, 3 мм.

Наплавляемый металл, шлаковая и металлическая ванны удерживаются от вытекания обычно специальными формирующими устройствами - подвижными или неподвижными медными ползунами 5, охлаждаемыми водой 6, или остающимися пластинами. Кристаллизующийся в нижней части металлической ванны расплавленный металл образует шов 7. Шлаковая ванна, находясь над поверхностью металлической ванны, соприкасаясь с охлаждаемыми ползунами, образует на них тонкую шлаковую корку, исключая тем самым непосредственный контакт расплавленного металла с поверхностью охлаждаемого ползуна и предупреждая образование в металле шва кристаллизационных трещин.

## 6.5 Нормирование строгальных работ

Методика нормирования строгальных работ не отличается от методики нормирования токарных работ. Глубину резания для чернового строгания выбирают с учетом припуска для чистового строгания. При строгании под последующее шабрение оставляют припуск 0.5 мм.

Для окончательного чистового строгания, после которого не будет производиться обработка поверхности, припуск оставляют до 0.3 мм.

Подачу выбирают в зависимости от глубины резания и обрабатываемого материала. В качестве примера в таблице 6.2 приведены при черновом строгании.

**Таблица 6.2**

Обрабатываемый материал	Подача за двойной ход S, мм		
	Глубина резания t, мм		
	1	2	3

Углеродистая сталь ( $\sigma_B = 60$ кГ/мм <sup>2</sup> ) и чугун (НВ 181...220)	1...1,2	0,8...1	0,6...0,8
Легированная сталь ( $\sigma_B = 70$ кГ/мм <sup>2</sup> ) и чугун (НВ 180)	0,8...1 1,2...1,4	0,6...0,7 1...1,2	0,5...0,6 0,8...1

Примерные подачи для чистового строгания приведены в таблице 6.3.

**Таблица 6.3**

Обрабатываемый материал	Подача за двойной ход S, мм		
	Глубина резания t, мм		
	1	2	3
Углеродистая сталь ( $\sigma_B = 30...40$ кГ/мм <sup>2</sup> ) и чугун (НВ 100...140)	1...6	1...4	0,25...0,5
Углеродистая и легированная сталь ( $\sigma_B = 41...70$ кГ/мм <sup>2</sup> ) и чугун (НВ 141...180)	1...5	1...3	0,2...0,4
Углеродистая и легированная сталь ( $\sigma_B = 70$ кГ/мм <sup>2</sup> ) и чугун (НВ 181...220)	1...4	1...2,5	0,15...0,3

Скорость резания определяют, как и при точении. Найденную скорость умножают на коэффициент 0.75, учитывающий более тяжелые условия работы резца при строгальных работах по сравнению с токарными. Полученная скорость резания должна соответствовать скорости рабочего хода резца. Фактическая скорость резания, принимают для нормирования, определяют по формуле:

$$V = \frac{l \cdot (1 + \frac{V_p}{V_x}) \cdot n}{1000} \text{ м/мин,}$$

где  $l$  – длина хода резца, мм;

$V_p$  – скорость рабочего хода, м/мин;

$V_x$  – скорость холостого хода, м/мин;

$n$  – число двойных ходов в минуту.

Число двойных ходов находят по формуле:

$$n = \frac{V \cdot 1000}{(l_1 + l_3) \cdot (1 + \frac{V_p}{V_x})}$$

Значение  $l_2$  (перебег резца) зависит от  $l_1$  (длина обрабатываемой поверхности).

Длина обрабатываемой поверхности, мм	до100	101-200	201-300	301-500
Перебег резца, мм	35	50	60	75

Основное (технологическое) время определяют по формуле:

$$T_o = \frac{B + l_4}{n \cdot S},$$

где  $B$  – ширина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_4$  – боковое врезание и сход резца, мм;

$S$  – подача за один двойной ход резца, м.

Принимают следующие значения  $l_4$  в зависимости от глубины резания:

Глубина резания, мм	до 2	2-4	4-6	6-8
Боковое врезание и сход резца $l_4$	4	6	8	10

Вспомогательное время на установку и снятие детали принимают от 0,5 до 3,2 мин, в зависимости от веса детали и сложности ее установки. Вспомогательное время, связанное с переходом (установка резца по размеру, взятие пробной стружки и т.п.), составляет 0,5-1,2 мин.

Дополнительное время составляет 8-10% оперативного времени. Подготовительно - заключительное время принимают от 8 до 15 минут.

## ЛЕКЦИЯ №4

### КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ. ВЫБОР ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС. НОРМИРОВАНИЕ ШЛИФОВАЛЬНЫХ РАБОТ.

#### 7.1 Классификация способов восстановления деталей

Для восстановления изношенных и поврежденных деталей применяются различные способы ремонта деталей, которые отличаются друг от друга технологическими приемами воздействия на дефектную деталь в зависимости от применяемого при этом оборудования и результатами обуславливающими различное количество восстановления.

Способы ремонта деталей классифицируются:

1) Слесарно-механическая обработка деталей.

В войсковых ремонтных мастерских выполняются следующие виды работ:

- обработка под ремонтные размеры;
- подготовка дополнительных деталей;
- замена части детали;
- припиловка и шабровка;
- притирка;
- шлифовка;
- постановка заплат.

2) Сварка и наплавка широко используются при ремонте деталей в войсковых ремонтных мастерских. Как правило, используются следующие виды сварки:

- газовая;
- электродуговая;
- кузнечная.

3) Обработка давлением используется в виде следующих работ:

- правка;
- осадка;
- раздача;
- вдавливание;
- обжатие;
- вытяжка;
- накатка.

4) Пайка в войсковых ремонтных мастерских может выполняться:

- мягким припоем;
- твердым припоем.

5) Склеивание, при восстановлении детали, является перспективным способом, обеспечивающим надежную работу отремонтированных деталей. В ВРМ выполняются следующие работы:

- заделка трещин мастиками и пластиками;
- постановка заплат на клей;
- приклеивание фрикционных накладок;
- выравнивание вмятин и неровностей;
- склеивание частей детали.

## 7.2 Выбор пластических масс для подшипников скольжения

В качестве исходного сырья для подбора рецептур пластмасс были приняты следующие материалы:

- связующая основа: смола К-18; КМ-9 (кремнеорганическая) и НР-30;
- наполнители: хлопковые очесы, древесная крошка и графит;
- графит: вводится в пластмассу для повышения ее теплопроводности, снижения коэффициента трения и повышения износостойкости;
- фторопласт-4: использовался для повышения антифрикционных свойств пластика. Он обладает исключительно химической стойкостью по отношению ко всем агрессивным средам. Имеет очень низкий коэффициент трения (0,01-0,05) при работе без смазки и высокую износостойкость. Недостатком его является малая твердость (НВ=3-4 кг/мм), трудность переработки изделий из-за высокой вязкости, холодной текучести, возникающей при давлении свыше 30 кг/см при обычной температуре.

Пластмассы некоторых композиций можно изготавливать на волокнистой основе. Для лучшего сцепления волокнита с графитом, волокнит предварительно смачивается спиртом и «оживляется».

Можно добавлять в некотором количестве фторопласт-4, перед прессованием их нужно тщательно перемешать. В таблице 7.1 приведена рецептура смеси и ее механическая прочность.

**Таблица 7.1** – Рецептура смеси и ее механическая прочность

Наименование материала	Механические свойства пластмасс в % отношении			
	<b>В-9</b>	<b>В10</b>	<b>В-11</b>	<b>В-12</b>
Волокнит	95	95	97,5	95,5
Графит	5	5	2,5	2,5

Фторопласт-4	-	2	-	2
Удельная ударная вязкость, кгсм/см <sup>2</sup>	7,82	6,83	8,84	6,98
Предел прочности при статическом изгибе, кг/см <sup>2</sup>	532	467	534	462
Предел прочности при сжатии, кг/см <sup>2</sup>	614	655	681	715
Твердость по Бринеллю, кг/мм <sup>2</sup>	21,4	23,8	23,5	26,8

Подшипники из указанных пластмасс, в отличие от металлических, быстро прирабатываются, могут длительно работать при первоначальной смазке, при уменьшении смазки и временно без нее.

Пластмассы отличаются высокими антифрикционными свойствами, однако, вследствие низкой их теплопроводности, применение пластмассовых подшипников без смазки ограничено. Низкая теплопроводность в некоторых случаях является причиной накопления тепловой энергии в узлах трения, которая при предельных (критических) давлениях и скоростях приводит к оплавлению поверхности подшипников из полиамидов и подгоранию из реактопластов. Для улучшения теплопроводности можно при изготовлении подшипников и реактопластов вводить до 5% графита или фторопласта, подшипники из полиамидов изготавливать металлопластмассовыми (стальной или чугунный корпус) с запрессовкой капроновой втулки толщиной 2 мм.

В эксплуатационных условиях целесообразно испытать следующие материалы: капрон, древпресскрошка, волокнит в композиции с графитом и фторопластом-4.

Подшипники из капрона, волокнита и древпресскрошки обладают более высокими антифрикционными свойствами по сравнению с подшипниками из бронзы, поэтому износ трущихся деталей (втулки и вала) в паре с указанными пластмассами, обычно значительно меньше, чем износ деталей в паре с бронзой.

Подшипники, с применением капрона, должны конструироваться так, чтобы деталь из антифрикционного материала не вращалась. В противном случае, капронированные подшипники вначале имеют меньший износ по сравнению с бронзовыми, а при длительной эксплуатации их износ становится больше бронзовых.

Для обеспечения лучшей теплопроводности и предупреждение деформации капрона в продольном направлении подшипника, целесообразно применять комбинированные конструкции, состоящие из чугунного или стального корпуса и тонкостенной капроновой втулкой.

Волокнит и особенно в композиции с 2,5% графита или 2% фторопласта-4, обладает хорошими антифрикционными свойствами, но в подшипниках, работающих при больших ударных нагрузках имеет недостаточную прочность. Поэтому применение его возможно для малонагруженных подшипников без ударных воздействий.

Древпресскрошка, отличается высокой износостойкостью в абразивной среде при больших ударных нагрузках. Однако, для установления целесообразной области применения, необходимо испытывать этот материал более длительно на большом количестве машин.

### 7.3 Приготовление эпоксидного клея

Для изготовления эпоксидного клея применяют следующие материалы: эпоксидная смола ЭД-6 (ВТУ МХП 646-85) или ЭД-5 (ВТУ МХП-М 688-75)-вязкая жидкость светло-коричневого цвета; является основным связующим материалом, обладающим клеящим свойством при введении в него отвердителя.

*Плоизтиленполиамин* (ВТУ №10-57) - вязкая маслянистая жидкость от светло-желтого до темно-бурого цвета; играет роль отвердителя, способствующего переходу эпоксидных составов из тестообразного состояния в необратимое твердое.

*Наполнители* - тонкоизмельченные порошки (чугунные, стальные, алюминиевые, кварцевая мука, графит, портланд-цементит, асбест измельченный, слюдяной порошок). Наиболее применяемые для восстановления блоков цилиндров являются металлические порошки в смеси со слюдяной пылью и сажой. Наполнители повышают адгезию (прочность сцепления клея с металлом) и придают составу требуемую вязкость, снижают усадку состава и придают ему цвет, близкий к материалу детали, улучшают теплопроводность.

*Дибутилфталат* (ГОСТ 3863-47) - слегка желтоватая маслянистая жидкость; играет роль пластификатора, который повышает эластичность клеевой пленки и ударную вязкость и прочность отвержденного эпоксидного состава. Различные составы эпоксидного клея для заделки трещин и пробоин приведены в таблице 7.2 (состав приведен в весовых частях).

**Таблица 7.2** – Состав и компоненты эпоксидного клея

Компоненты	Состав				
	№1	№2	№3	№4	№5
Эпоксидная смола ЭД-6	100	100	100	100	100
Дибутилфталат	15-20	15-20	20	20	20

## «Теоретические основы ремонта и восстановления»

Металлический порошок и слюдовая пыль	-	85	-	-	-
Железный порошок	-	-	160	-	-
Графит	-	-	-	43	-
Железный или чугунный порошок	80	-	-	-	-
Газовая сажа	40	-	-	-	-
Слюдяной порошок	40	-	-	-	-
Алюминиевая пудра	-	-	-	-	20
Полиэтиленполиамин	15-20	10-12	10	10	10

Лучшие результаты для заделки трещин в корпусных деталях дает состав №1. Состав №5 применяется для алюминиевых деталей.

Для получения эпоксидного клея целесообразно готовить в начале тройную смесь из смолы ЭД-6, дибутилфтолата и наполнителей. Без полиэтиленаполиамин эта смесь может храниться в закупоренной таре в течение 2-3 лет. Полиэтиленполиамин вводят непосредственно перед работой, т.к. через 20-30 минут начинается постепенное отверждение эпоксидного клея.

Для приготовления тройной смеси смолу предварительно нагревают до 60-70°C в водяной ванне, после чего в нее вводят дибутилфтолат и тщательно перемешивают клеешалкой в течение 1-2 мин. Затем в полученную смесь вводят заранее перемешанные наполнители. Тройную смесь перемешивают в течение 4-5 минут, после чего помещают в закрытую тару и хранят до употребления. Перед работой в тройную смесь вводят отвердитель (полиэтиленполиамин) и все перемешивают, если клей должен храниться более 20 минут, то его необходимо охладить до 5°C. При температуре 1-2°C эпоксидный клей может храниться до 8 часов. После более продолжительного хранения, наносить клей становится труднее, в следствие его значительного отверждения. При введении в эпоксидные смолы отвердителей происходит выделение тепла, поэтому эпоксидные клей могут отвердевать без внешнего нагрева.

Самопроизвольное отверждение клея при температуре не ниже 20°C происходит в течение 48 часов. Это время может быть сокращено путем подогрева нанесенного слоя.

Подготовка блока цилиндров к заделке трещин эпоксидным клеем аналогична подготовке его к сварке. Трещины разделяют при помощи шлифовального круга и на концах трещины насверливают отверстия диаметром 3 мм, поверхность блока зачищают металлической щеткой вдоль трещины по обе ее стороны на расстояние 10-15 мм. Затем все обезжиривают

ацетоном или бензином насухо. Заклеивание трещины составами №3, №4, №5 производят после нагрева блока 70-80°С в сушильной камере или дефектного участка паяльной лампой. При заделке трещины составами №1 и №2 предварительного подогрева не требуется. Клей наносят шпателем сначала тонким слоем, втирая его в трещину и по обеим сторонам от нее на ширину 10-15 мм. После небольшой выдержки (3-6 минут) наносят второй слой. После окончания заделывания блок выдерживают при комнатной температуре 20-24 часа до полного отверждения клея. При нагревании блока время затвердевания значительно сокращается. Так при нагреве до 40°С продолжительность отверждения составляет 8-10 часов, при 60°С - 4-6 часов, а при 100°С - около 3 часов (для составов №1 и №2).

При использовании составов №3-5 после заклеивания, блок необходимо выдержать до отверждения: при 18-20°С - 48 часов; при 70-80°С - 3 часа; при 100°С - 1 час.

При нагреве свыше 100°С, механическая прочность эпоксидного клея снижается. Широкие трещины более 400 мм заделывают заплатами из сетчатой стеклоткани, являющейся как бы стеклянной арматурой. Число заплат может достигать до четырех. Первую заплату шириной 15-50 мм кладут на эпоксидный клей, предварительно нанесенный при помощи шпателя в разделительную канавку. Заплата должна пропитаться клеем. С целью уплотнения клея и заплат производится прикатка их специальными роликами. Аналогичным способом накладываются и другие заплата.

Заплаты для заделки пробоин изготавливают из листового железа толщиной 1-1,5 мм и подгоняют по месту, с тем, чтобы границы пробоины были перекрыты на 10-15 мм. При большой площади заплата, ее целесообразно прикрепит к блоку винтами.

После полного отверждения эпоксидного клея, блоки цилиндров необходимо испытать на герметичность под давлением 3-4 атм, 0,3-0,4 МПа.

В таблице 7.3 приведены свойства эпоксидных смол в зависимости от типа отвердителя.

**Таблица 7.3** – Свойства эпоксидных смол в зависимости от типа отвердителя

Свойства	Смола ЭД-6		
	+30% малеинового ангидрида	6,5% полиэтилен полиаминм	+7% гексаметилен диамин
Предел прочности при изгибе, кгс/см <sup>2</sup>	1000	1000	700
Ударная вязка, кгс·см/см <sup>2</sup>	8,65	7,10	7,0

«Теоретические основы ремонта и восстановления»

Твердость по Бринеллю, кгс/мм <sup>2</sup>	17,2	18,3	-
Теплоемкость по Мартенситу, °С	100	-	-
Водопоглощение, %	-	-	-
Усадка, %	-	-	-
Диэлектрическая проницаемость	4,1	4,3	4,85
Удельное объемное сопротивление, см·см	$1,5 \cdot 10^{14}$	$3,6 \cdot 10^{14}$	$3,0 \cdot 10^{15}$
Удельное поверхностное сопротивление, Ом	$2,1 \cdot 10^{14}$	$1,1 \cdot 10^{14}$	$4,1 \cdot 10^{13}$
Пробивная напряженность, кв/мм	13,6	27,4	2.2

**Таблица 7.4** – Состав для приготовления композиции

Эпоксидная смола	Пластиф. дибутилфталат	Полиэтилен полиамин	$\sum_1$	Капро-н	Фторо-пласт	$\sum_2$	На 1/2
100	15	5	130	85	10	226	
88,5	13	13	115	76	9	200	Коренные
80	11-12	11-12	104	69	8	180	Коренные Упорные
ЭД-6	<b>П</b>	<b>П</b>		<b>К</b>	<b>Ф</b>		

Весовые части принимать в граммах.

Удельный вес композиции - 1,2 г/см<sup>3</sup>.

Консталин - масло (солидол) не > 16,5% по весу от композиции.

Вместо фторопласта использовать алюминиевый порошок, баббитовый графит:

$$\Delta = \Delta M - 0,0165^2 + 0,058 \cdot \delta + 4,5 \cdot \alpha \cdot \delta \cdot \Delta t; \text{ при } \delta \leq 2 \text{ мм,}$$

$$\Delta = \Delta M + 0,05 + 4,5 \cdot \alpha \cdot \delta \cdot \Delta t; \text{ при } \delta \geq 2 \text{ мм.}$$

где  $\Delta M$  - зазор, устанавливаемый для металлических подшипников, работающих в тех же условиях (конструктивный зазор);  
 $\delta$  - толщина полимерного слоя, (1,5-2,5 мм);  
 $\alpha$  - коэффициент линейного расширения полимера, равный  $10^{-4}$  1/град;  
 $\Delta t$  - перепад температур между линейной температурой воды и номинальной температурой подшипника в эксплуатации;  
 Зазор не более 0,2 мм во избежание биения.

#### 7.4 Нормирование шлифовальных работ

При проведении шлифовальных работ различают следующие подачи:

- 1) подача, которая создается за счет скорости вращения обрабатываемой детали или поступательно-возвратного движения детали (м/мин);
- 2) подача в направлении, перпендикулярном к поверхности детали (м/мин, мм/двойной ход и мм/мин);
- 3) подача вдоль поверхности обрабатываемой детали (мм/об или доли ширины круга).

В условиях ремонтных предприятий для определения числа оборотов шлифовального круга нужно исходить из того, что скорость на рабочей поверхности круга при наружном круговом, центровом и бесцентровом шлифовании должна находиться в пределах 25-35 м/сек, при плоском шлифовании периферией круга 20-35 м/сек и при плоском шлифовании торцом сегментом круга 20-30 м/сек.

Рекомендуемая стойкость шлифовальных кругов при круглом наружном, бесцентровом и плоском шлифовании периферией круга составляет 15 мин, при внутреннем шлифовании составляет 3 мин.

Проще всего основное (технологическое) время может быть определено по формуле:

$$T_o = \frac{A}{W} \text{ мин,}$$

где  $A$  - объем металла, который должен быть снят с обрабатываемой поверхности, м<sup>3</sup>;

$W$  - минутный съем металла, мм<sup>2</sup>/мин.

Объем металла, который должен быть снят с обрабатываемой поверхности, подсчитывают по формуле:

$$A = \pi \cdot D \cdot l_d \cdot \frac{h}{2} \text{ мм}^3,$$

где  $D$  - диаметр обрабатываемой поверхности детали, мм;

$l_d$  - длина обрабатываемой поверхности, мм;

$h$  - припуск на шлифование, мм.

«Теоретические основы ремонта и восстановления»

Минутный объем металла при шлифовании наружных цилиндрических поверхностей на проход (с продольной подачей шлифовального круга):

$$W = C_w \cdot D^{0,75} \cdot h^{0,5},$$

где  $D$  - диаметр обрабатываемой поверхности детали, мм;

$h$  - припуск на шлифование, мм;

$C_w$  - коэффициент. Принимают следующие значения  $C_w$ :

Классы точности	1	2	3	4 и 5
Коэффициент $C_w$	139	169	272	483

При шлифовании наружных поверхностей методом врезания минутный объем вычисляют по формуле:

$$W = C_w \cdot D^{0,34} \cdot l^{0,6} \cdot h^{0,5} \text{ мм}^3/\text{мин.}$$

В этом случае значение коэффициента  $C_w$  подбирают по таблице 7.5.

**Таблица 7.5**

Класс точности	Коэффициент $C_w$ для поверхности								
	цилиндрической и конической			цилиндрической с одной галтелью			цилиндрической с двумя галтелями		
	при количестве врезания								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	6	4	3	3	2	1	3	2	1
	6	4	4,8	7	5	9,5	4,8	3,2	7,4
2	7	5	4	4	2	2	4	2	2
	7,8	1,8	1	3,6	9	3	1	7,4	0,5
3	1	7	5	6	4	3	5	3	2
	11	4	8,5	2,4	1,5	3,5	8,6	9	9,4
4 и 5	1	1	9	9	6	5	9	6	4
	73	15	1,2	6,8	4,3	1,2	1	0,7	5,5

Вспомогательное время для взятия, установки, закрепления и выверки детали, пуска и остановки станка, открепления, снятие детали и укладки ее на место принимается из справочных таблиц.

**ДЕФЕКТАЦИЯ И СОРТИРОВКА ДЕТАЛЕЙ.  
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИМИ  
ПОКРЫТИЯМИ. НОРМИРОВАНИЕ ГАЗОСВАРОЧНЫХ РАБОТ.**

**8.1 Дефектация деталей**

Дефектацию деталей проводят с целью определить их техническое состояние и оценки ренопригодности: деформацию и износ поверхностей, целостность материала, изменение свойств и характеристик рабочих поверхностей, сохранность формы.

Дефектацию деталей осуществляют в соответствии с таблицами дефектации технических условий или требований на ремонт машин.

Процесс дефектации в значительной мере определяет качество восстановленных деталей. При дефектации выполняют следующие операции. Вначале внешним осмотром невооруженным глазом или с применением лупы, проверкой на ощупь, простукиванием выявляют следующие повреждения деталей: трещины, забоины, риски, обломы, пробоины, вмятины, задиры, коррозию, ослабление плотности посадки.

Далее, используя универсальный и специальный измерительный инструмент; определяют геометрические параметры деталей. Для обнаружения скрытых дефектов, проверки на герметичность, упругость, контроля взаимного положения элементов деталей используют специальные приборы и приспособления.

Помещение, где проводится дефектация, должно иметь хорошее освещение. Инструмент и детали перед измерением должны быть одинаковой температуры равной температуре внутри помещения (рекомендуемая температура 18- 20°C). Весь измерительный инструмент должен быть исправным и проверенным службой метрологии. Измерения и контроль деталей выполняют теми инструментами и средствами, которые указаны в таблицах дефектации технических требований на ремонт. Классификация средств дефектации приведена в таблице 8.1.

Универсальные средства измерения размеров выбирают в зависимости от допусков на изготовление деталей и конструктивных особенностей деталей. Погрешность измерения, которая может быть получена при применении того или иного инструмента, не должна превышать поля допуска размера детали.

**Таблица 8.1 – Классификация средств дефектации деталей**

Назначение средств дефектации	Контролируемые показатели	Используемые средства дефектации
Измерение размеров деталей	Линейные размеры (диаметр, длина, глубина, расстояние между осями отверстий и др.)	Штангенциркуль, штангенинструменты, микрометрические

«Теоретические основы ремонта и восстановления»

		инструменты и рычажно-зубчатые приборы
	Углы между плоскостями, осями, образующими	Угломер с нониусом, шаблоны, угловые меры
	Линейные размеры отдельных элементов	Резьбомер
	Комплексные показатели деталей	Комплексный шлицевой калибр
Контроль отклонения формы	Отклонение от цилиндричности	Индикаторные приспособления, призмы
	Отклонение от прямолинейности	Поверочные линейки
	Отклонение от плоскости	Поверочные плиты
	Отклонение от формы заданного профиля	Шаблоны

Продолжение – Таблица 8.1

Контроль отклонения расположения поверхностей	Радиальное и торцевое биение	Прибор ПБ, струбина с индикатором
	Расположение осей	Специальная схема с индикатором
	Расположение поверхностей	Индикаторные приспособления, угломеры
Контроль параметров шероховатости	Снятие профилограмм с последующей их обработкой	Профилометр
Контроль твердости поверхности	Определение твердости путем вдавливания стального шарика или алмазной пирамиды	Твердомеры НИ и ТК
Контроль целостности деталей	Способы выявления трещин и других дефектов поверхностей:	
	магнитный	Магнитный дефектоскоп
	люминесцентный	Люминесцентный дефектоскоп
	ультразвуковой	Ультразвуковой дефектоскоп

Классификация дефектов позволяет правильно выбрать технологические процессы восстановления деталей, особенно типовые, обосновать рациональную специализацию подразделений, занятых восстановлением, производить укрупненные расчеты трудовых и материальных затрат, связанных с восстановлением; планировать производство.

*Дефект* – отдельное несоответствие конструкций какому-либо параметру, установленному проектом или нормативным документом (по ГОСТ 15467-79).

*Устранимый дефект* – это дефект, устранение которого технически возможно и экономически целесообразно (по ГОСТ 15467-79).

*Величина (масштаб) дефектов* – количественная характеристика отклонения фактических размеров и (или) формы деталей и их поверхностей от номинальных значений с учетом припуска на подготовительную обработку перед восстановлением.

Дефекты относятся как к отдельным поверхностям, так и к деталям в целом.

Дефекты поверхностей деталей классифицируются по несоответствию размеров (74,9%), формы (19,5%), шероховатости (4,9%), физико-механических свойств (0,2%) и нарушению целостности (0,5%).

Различают следующие группы дефектов, относящихся к деталям в целом:

- нарушение целостности (трещины, обломы, разрывы и др.);
- несоответствие формы (изгиб, скручивание, вмятины и др.) и размеров деталей.

Может быть и сочетание дефектов.

При выборе способа и технологии восстановления большое значение имеют размеры дефектов; выделяются три группы размеров - до 0,5 мм; 0,5-2 мм и свыше 2 мм.

*Технологическое оборудование* может, представлять собой установку, металлорежущий станок, стенд и другие устройства, предназначенное для технологического воздействия на ренозаготовку. Это воздействие носит разнообразный характер: нанесение наращиваемого слоя (покрытия), зачистка поверхности от всплесков, очистка от загрязнений и т.д. По стоимости и функциональным характеристикам технологическое оборудование является одним из основных компонентов ТС.

*Приспособление в ТС* имеет широкий диапазон назначения: от произвольного закрепления обрабатываемой ренодетали в процессе мойки на промывочной установке до точной ориентации изделия относительно режущего инструмента после предварительной подготовки дефектной поверхности к обработке (поверхности, например, методом резания или обработке восстановленного слоя путем дополнительного вложения материалов) в процессе размерной обработки. В зависимости от видов технологического воздействия приспособления имеют свои особенности:

наличие базовых элементов для установки ренодетали или ренозаготовки и их закрепления. Правила выбора технологической оснастки устанавливает ГОСТ 14.305-73. В соответствии с ГОСТом при обработке ренозаготовок можно воспользоваться одной из следующих систем установочно - зажимных приспособлений: неразборной специальной оснастки (НСО), универсально - наладочной оснастки (УНО); универсально - сборочной оснастки (УСО); сборочно-разборочной оснастки (СРО); универсально - бесподналадочной оснастки (УБО), специализированной наладочной оснастки (СНО).

*Инструментальная технологическая среда.* Инструменты (режущий, зачистной, промывочный и др.) и технологические среды (абразивные порошки, пасты, дробь для зачистки и упрочнения, СОТС и др.), применяют в зависимости от особенности технологического воздействия на ренозаготовку.

*Технологическая зона.* К технологической зоне во многих случаях предъявляются требования по промышленной температуре электробезопасности, санитарно-гигиеническим условиям, БЖД, а также отдельные экологические требования, предъявляют к ТС в части загрязнения территории производственных помещений, воздушного и водного бассейнов близлежащих территорий.

*Средства измерения и контроля* обеспечивают функцию контроля характеристик технологических режимов формообразования, состояние инструментов и технологической среды, линейно-угловых параметров восстанавливаемой детали, состояние и толщину нанесённого слоя или покрытия.

*Средства механизации и автоматизации* могут участвовать в процессе технологического воздействия на восстанавливаемое изделие. К их числу относят средства механизации подготовки элементов технологической среды (устройство, аппараты, дозиметры и т.д.). Рассматриваемые средства могут иметь и вспомогательное назначение, например, для установки и снятия на станке ренозаготовки (РТК, автооператоры и др.).

Технологические системы различают по объектам и методам технологического воздействия, стадиям восстановления ренодеталей, а также этапам жизненного цикла изделия.

По объектам технологического воздействия ТС делятся на системы, действие которых направленно:

- на участки отдельных поврежденных поверхностей ренозаготовки;
- на полную поверхность ренозаготовки, например, на обработку внутренней поверхности в целом отдельной ренозаготовки или на группы подобных ренозаготовок.

По стадиям изготовления ренодеталей выделяют следующие ТС:

- разборка, дефектация, очистка и промывка;
- наращивание утраченного в процессе эксплуатации слоя материала;
- предварительная и окончательная механическая обработка.

## 8.2 Этапы и исходные данные для проектирования процессов

Проектирование технологического процесса восстановления детали включает в себя следующие этапы: анализ технологического процесса изготовления детали; изучение информации о частоте и характере повреждений деталей; анализ возможных способов устранения отдельных дефектов; разработку технологических операций; определение оптимальных объемов ремонтных работ; выбор технологических баз и схем базирования; выбор средств технологического оснащения; разработку оригинальной оснастки; выбор режима резания; обоснование допусков.

Выбор рационального способа восстановления деталей производят в следующем порядке: рассматривают разные способы восстановления и выбирают те, которые удовлетворяют критерию применимости; из числа выбранных способов определяют такие, которые обеспечивают межремонтный ресурс восстановленных деталей, т.е. удовлетворяют значению коэффициента долговечности. Если установлено, что требуемому значению коэффициента долговечности для данной детали соответствуют несколько способов восстановления, то выбирают из них тот, у которого наилучшие показатели технико-экономической эффективности. Руководствуясь данными значениями оценочных показателей выбирают рациональный способ устранения дефектов.

Таким образом, дефект в детали устраняется каким-либо технологическим способом, а восстановление деталей осуществляется совокупностью способов, составляющих маршрут движения деталей в производстве.

Исходными данными, которыми необходимо располагать при проектировании технологических процессов восстановления деталей, служат:

- годовая производственная программа ремонта автомобилей, агрегатов и деталей;
- чертеж узла или сборочной единицы, в который входит деталь и который позволяет анализировать условия работы детали, требования к сборочной единице;
- рабочий чертеж детали, необходимый для получения сведений о ее материале, допустимых погрешностях на размеры, форму, о взаимосвязях отдельных рабочих поверхностей, точности и шероховатости обработки, твердости и термической обработке;
- технологический процесс изготовления детали, необходимый для обеспечения технологической преемственности процессов их изготовления и восстановления;
- ремонтный чертеж детали, выполненный в соответствии с требованиями ГОСТа на ремонтную документацию, содержащий необходимое количество проекции и размеров поверхностей, допуски на

погрешности формы и расположения поверхностей, дополнительные требования к детали;

– данные о числе повреждаемых поверхностей, характере повреждений, вероятных сочетаниях дефектов у изношенных деталей, количестве деталей с определенными сочетаниями дефектов (эти данные нужны для установления рациональной последовательности устранения дефектов, формирования оптимальных размеров партий, определения числа технологических маршрутов восстановления деталей, выбора способов устранения дефектов).

### 8.3 Нормирование газосварочных работ

Сумма основного и вспомогательного времени, т.е. оперативное время, связанное с переходом, при проведении наплавки металла на деталь с помощью ацетиленовой сварки определяют по формуле:

$$T_o + T_b = F \cdot (0,55 + 0,04 \cdot N) \text{ мин,}$$

где  $F$  - наплавляемая поверхность, см<sup>2</sup>;

$N$  - номер наконечника горелки.

Например, для наплавки 1 см<sup>2</sup> третьим номером горелки необходимое оперативное время равно:

$$T_o + T_b = 1 \cdot (0,55 + 0,04 \cdot 3) = 0,67 \text{ мин.}$$

Оперативное время, связанное с переходом, при заварке трещин рассчитывают, исходя из объема металла, который должен заполнить разделенную трещину.

$$T_o + T_b = t \cdot Q \text{ мин,}$$

где  $Q$  - объем наплавленного металла, см<sup>2</sup> (при разделе трещины фасками

под углом 45° объем 1 пог. см шва можно принимать равным 1.54 Н<sup>2</sup>,

где  $H$  - глубина разделки трещины в см);

$t$  - норма оперативного времени, связанного с переходом на наплавку 1 см<sup>3</sup>, в мин, ориентировочно можно брать следующие значения.

№ наконечника горелки	1	2	3	4	5	6	7	8
Значение $t$	2,52	1,33	0,93	0,55	0,43	0,34	0,28	0,20

Можно принимать следующие значения вспомогательного времени, связанного со сменой присадочных прутков.

Диаметр присадочного прутка, мм	2	3	4	5	6
---------------------------------	---	---	---	---	---

Время на смену прутков, отнесенное к 1 см <sup>3</sup> , мин	0,135	0,063	0,043	0,034	0,027
--	-------	-------	-------	-------	-------

Вспомогательное время на тушение, охлаждение, очистку, зажигание и регулирование горелки через каждые 15 мин работы принимают от 1.3 до 1.7 мин.

Во вспомогательное время следует включать также время на зачистку шва и смену баллона. На зачистку 1 пог. м шва стальных проволочным кругом затрачивается от 0.4 до 1 мин, на смену баллона 6-8 мин.

Подготовительно-заключительное время при работе на стационарном посту принимают равным 15-25 мин, а при работе на передвижном посту 25-40 мин.

#### 8.4 Нормирование ручных электросварочных работ

Основное (технологическое) время на наплавку устанавливают из следующих соображений. Количество металла, наплавляемого при непрерывном проведении сварки, равно:

$$Q = I \cdot K \text{ кг/ч,}$$

где  $I$  - ток, А;

$K$  - коэффициент наплавки, г/А·ч.

Количество металла, наплавляемого в минуту, равно:

$$T_o = \frac{I \cdot K}{60} \text{ г/мин.}$$

Для определения основного времени рассчитывают количество металла  $Q_n$ , который должен быть наплавлен, и делят его на количество металла, наплавляемого в одну минуту:

$$T_o = \frac{Q_n \cdot 60}{I \cdot K} \text{ мин.}$$

Коэффициент наплавки  $K = 84 \text{ г/А·ч.}$

Количество металла в 1 пог. м шва определяют по формуле:

$$Q = 100 \cdot F_{ш} \cdot p \text{ г,}$$

где  $p$  - плотность металла шва (для стали  $p = 7,8 \text{ г/см}^3$ );

$F_{ш}$  - площадь сечения шва, см<sup>2</sup>.

Ориентировочно площадь сечения шва для электродов, не имеющих в обмазке металлических добавок, и голых электродов подсчитывают по формуле:

$$F_{ш} = 2 \cdot F_n \cdot \varphi \text{ см}^2,$$

где  $F_n$  - площадь сечения электрода без обмазки, см<sup>2</sup>;

$\varphi$  - коэффициент, равный 1,4-2.

Вспомогательное время на очистку шва можно принимать таким, как указано в таблице.

Эффективное количество металла, наплавленного одним электродом, равно:

$$Q = V \cdot p = 0,2 \cdot d^2 \cdot p \text{ г (при длине электрода 350 мм)}.$$

При наплавке стальными электродами  $p = 7,8 \text{ г/см}^3$ .

Тогда:

$$Q_{\text{в}} = 1,56 \cdot d^2 \text{ г}.$$

Вспомогательное время на смену электрода определяют по формуле:

$$T_{\text{вз}} = t \cdot Q_{\text{н}} \text{ мин}.$$