



«

()

»

Составитель

профессор к.т.н. Решенкин А.С.

Учебно-методические материалы лекционного курса

по дисциплине «Ремонт авиационных двигателей»

Ростов-на-Дону
2025

ЛЕКЦИЯ 1

Причины поступления авиационной техники в ремонт

Современное воздушное судно представляет собой очень сложную конструкцию, состоящую из большого количества различных по форме, размерам, материалам, условиям работы и назначению изделий АТ. В процессе эксплуатации под воздействием статических динамических нагрузок, температур, атмосферных осадков, по причине конструктивных и производственных дефектов, а также возможных нарушений условий ТО изделия повреждаются. Как правило, большинство повреждений приводит к потере изделиями работоспособного состояния. Такие изделия снимают с эксплуатации и, если они ремонтпригодны, отправляют в ремонт. Основными причинами поступления АТ в ремонт являются:

- 1) износ элементов конструкции;
- 2) конструктивные недостатки и производственные дефекты;
- 3) нарушения правил эксплуатации.

Рассмотрим подробнее характер возникновения и последствия этих причин.

1.2 Износ элементов конструкции

В процессе эксплуатации самолеты и авиадвигатели находятся под воздействием усилий (различных нагрузок), вибрации, пыли, различных газов, высоких температур и атмосферных условий. Все эти факторы вызывают естественный износ деталей и агрегатов, заключающийся в постепенном изменении их размеров, формы, качества поверхности и прочностных свойств. Эти изменения ведут к снижению надежности и, в конечном счете, к выходу из строя деталей и агрегатов самолетов и авиадвигателей.

Существуют различные виды естественного износа:

- контактный;
- окислительный;
- абразивный;
- эрозионный;
- тепловой;
- деформационный;
- коррозионный;
- усталостный.

Контактный износ. Конструкции самолета и авиадвигателя включают большое количество неподвижных и подвижных сочленений. В этих сочленениях участвуют контактирующие детали, а именно: валы (или болты, стержни, поршни и т.п.) и отверстия (втулки (рис. 1.1), подшипники, цилиндры и т.п.). Усилия, действующие при работе на элементы сочленений, измеряются десятками тонн. При некоторых режимах полета в конструкциях самолета и двигателя возникают вибрации и знакопеременные нагрузки.



Рис. 1.1 – Контактный износ кольцевой поверхности втулки

Под воздействием усилий и вибраций поверхностный слой металла разрушается. Частицы поверхностного слоя выкрашиваются и отделяются в виде продуктов износа - металлической пыли.

Окислительный износ. Под воздействием кислорода воздуха и различных химических элементов и соединений, находящихся в маслах, в газах и воде, тем или иным путем попадающих в нагруженное сочленение,



Рис. 1.2 – Окислительный износ внутренней беговой дорожки

на рабочих поверхностях (рис. 1.2) появляются тонкие оксидные пленки с

пониженным сопротивлением износу. В результате развивается окислительный износ, сопутствующий контактному износу и усиливающий его.

Абразивный износ. Под воздействием твердых частиц пыли, проникающих в подвижные сочленения, и продуктов износа, частично остающихся в нем, на рабочих поверхностях может развиваться абразивный износ. Этот износ выражается в рисках и задирах на рабочих поверхностях трущихся деталей сочленения.



Рис. 1.3 – Абразивный износ

В рисках и задирах задерживаются абразивные (царапающие) твердые частицы и таким образом абразивный износ нарастает. Этот вид износа имеет место на шейках валов (рис. 1.3), осей и поршней, на втулках, подшипниках, цилиндрах и т.п. Особое место занимает абразивный износ внешних поверхностей обшивки самолета, на которых ударами твердых частиц, увлекаемых воздушным потоком, образуются царапины и забоины.

Эрозионный износ (вымывание). Поверхности, находящиеся под воздействием скоростных потоков жидкостей и горячих газов, подвержены эрозионному износу. В этом случае на рабочей поверхности изделий

появляются густо расположенные “лунки”. Такому износу подвержены, например, рабочие поверхности форсунок, сопел, лопатки газовых турбин (рис. 1.4), стенки камер сгорания двигателей и т.п.



Рис. 1.4 – Эрозионный износ лопаток

Тепловой износ. На трущихся поверхностях при значительных удельных давлениях и плохой смазке развиваются высокие температуры, вызывающие тепловой износ поверхностей. При высоких температурах структура поверхностных слоев металлов трущихся деталей изменяется. В результате первоначальное соотношение твердостей поверхностей сочленения уменьшается, а вместе с этим увеличивается износ деталей. Признаком начала теплового износа являются цвета побежалости на рабочих поверхностях.



Рис. 1.5 – Тепловой износ

В некоторых случаях в местах особо высоких контактных напряжений температура в поверхностных слоях деталей сочленения настолько повышается, что возникает мгновенное местное сваривание частиц

металлов соединенных деталей (вал, подшипник).

При дальнейшем взаимном перемещении деталей приварившиеся частицы металла вырываются из поверхности менее прочного металла, оставляя на ней задиры (рис. 1.5). Те же частицы металла остаются приваренными к поверхности более прочного металла, делая ее грубо шероховатой, в вызывающей дальнейшем интенсивный абразивный износ рабочих поверхностей контактирующих деталей.

Деформационный износ. Он характеризуется тем, что в условиях значительных статических, динамических и тепловых напряжений металл пластически деформируется (наклеп, смятие, вытяжка) и теряет прочность (рис. 1.6). Так, например, стяжные болты вытягиваются под влиянием длительного действия усилий затяжки; спиральные пружины, находясь длительное время в сжатом или растянутом состоянии, теряют упругость; вытягиваются и ослабевают заклепки. При деформационном износе в его аварийной стадии происходит разрыв детали по сечению, в котором металл перешел за предел пластичности.

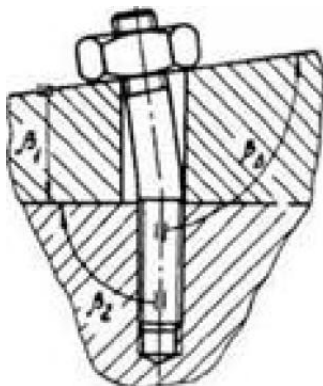


Рис. 1.6 – Деформационный износ

Коррозионный износ. В результате взаимодействий металла с внешней средой поверхности деталей самолетов и двигателей, подверженные систематическому воздействию атмосферных условий (влажность, смена температур воздуха и т.п.), или контактирующие с горячими газами, гидравлическими смесями и жидким топливом, постепенно корродируют.

Коррозия (рис. 1.7) развивается на внешних поверхностях самолетов и двигателей (обшивке, деталях компрессора, на диске турбины и т.п.), а также на внутренних поверхностях агрегатов, цилиндров, насосов, баков,



Рис. 1.7 – Коррозионный износ

трубопроводов гидравлической и топливной систем. Коррозионный налет на металле постепенно утолщается. Это может привести к постепенному изменению размеров изделий и к снижению прочности их поверхностей.

Усталостный износ. Разновидностью естественного износа является развитие усталостных явлений в металле конструкций самолетов и двигателей, возникающих под воздействием знакопеременных напряжений в процессе работы. Эти явления развиваются в местах концентрации напряжений: вокруг отверстий, в местах резких изменений сечений детали, у краев глубоких рисок, вокруг задигов, забоин и коррозии на поверхностях. Усталостный износ металла проявляется в сетке мелких трещин на поверхности детали. Эти трещины, концентрируя напряжения на своих концах, развиваются в длину и глубину, значительно ослабляя пораженную ими деталь и вызывая, в конце концов, ее разрушение (рис. 1.8).



Рис. 1.8 – Усталостный износ

1.2 Конструктивные недостатки и производственные дефекты

Конструктивные недостатки. Самолеты и авиадвигатели передаются в эксплуатацию после заводских, государственных и эксплуатационных испытаний. Эти испытания краткосрочны и в них участвует ограниченное число опытных образцов. Во время испытаний самолеты тщательно пилотируются и обслуживаются высококвалифицированными специалистами. Поэтому в процессе испытаний не удается выявить все недостатки конструкции. Лишь в процессе массовой эксплуатации самолетов и двигателей появляется возможность выявить все слабые места конструкции изделий АТ. В разнообразных условиях работы при эксплуатации ВС специалистами выявляются те или иные конструктивные недостатки, которые могут привести к выходу авиатехники из строя.

В результате в ремонтных органах приходится не только ремонтировать самолеты и двигатели, но и решать вопросы о доработке конструкций.

Производственные дефекты. Начало эксплуатации новых типов самолетов и двигателей совпадает обычно запуском их в серийное производство. Технологические процессы на серийных заводах отличны от опытных заводов. Здесь иные способы заготовки деталей, ускоренные процессы механической и термической обработки. Все эти изменения могут на первых порах вызвать производственные дефекты, не наблюдавшиеся на опытных образцах. Дефектные детали могут появиться и в результате нарушения технологической дисциплины и недостаточно строгого контроля качества на заводах.

Характерными производственными дефектами деталей самолетов и двигателей являются несоответствие структуры металла в результате неправильной технологии штамповки, сварки или термообработки; остаточные напряжения в сварных конструкциях в результате нарушения режима сварки; поверхностные трещины в результате неправильных режимов шлифования; отслоения гальванопокровов в результате неверной заточки и заправки шлифовальных кругов и т.д.

Сокращение количества производственных дефектов обеспечивается ростом технической культуры на заводах и повышением квалификации рабочих и инженерно-технических работников и строгим соблюдением технологической дисциплины на производстве.

1.3 Нарушение правил эксплуатации

Исправность самолетов и двигателей в значительной степени обуславливается строгим соблюдением рекомендаций по летной и технической эксплуатации.

В результате не полно проведенных осмотров и подготовок самолетов к полетам могут остаться незамеченными дефекты, влекущие за собой отказы изделий АТ.

Так, например, достаточно не зашплинтовать или не законтрить гайку, чтобы под влиянием вибраций в полете она самопроизвольно отвернулась, крепление ослабло и в результате появилась течь масла или горючего.

Небрежный осмотр форсунок двигателя или засорение горючего при заправке ведут к засорению форсунок, нарушению режима горения и в результате к обрыву лопаток и выходу двигателя из строя.

Нарушения правил пилотирования (чрезмерный форсаж двигателя и т.п.) приводят к перегрузкам элементов конструкции. К таким же результатам приводят грубые посадки. В результате ускоряется развитие усталостных явлений и выход конструкции из строя.

ЛЕКЦИЯ 2

Виды ремонтов авиационной техники

Под ремонтом АТ понимается комплекс организационных, технологических и экономических мероприятий по восстановлению ресурса, исправности и работоспособности изделий.

Ремонт выполняется на изделии (самолете, двигателе) снятом с эксплуатации вследствие отработки заданных ресурсов (или сроков службы) или в результате повреждения.

Различают три вида ремонта: текущий, средний и капитальный.

Текущий ремонт – это минимальный по объему ремонт, при котором обеспечивается нормальная эксплуатация изделия до очередного планового ремонта. Во время текущего ремонта неисправности устраняются заменой или восстановлением отдельных составных частей (быстроизнашивающихся деталей), а также выполняются регулировочные работы. Текущий ремонт производится силами эксплуатационных предприятий и является составной частью регламентного обслуживания авиатехники.

Средний ремонт также осуществляется за счет восстановления эксплуатационных характеристик изделия или замены изношенных или поврежденных составных частей. Кроме этого при среднем ремонте проверяется состояние других изделий АТ с устранением обнаруженных неисправностей. Следует также отметить, что при среднем ремонте может производиться капитальный ремонт отдельных компонентов ВС.

Капитальный ремонт выполняется после отработки самолетом межремонтного ресурса. Этот вид ремонта заключается в полной разборке ВС и дефектации изделий АТ с последующей их заменой или восстановлением исправного состояния. После ремонта осуществляется процесс сборки: узловая, агрегатная, общая. На каждом этапе сборки выполняется контроль работоспособности изделий и агрегатов. После общей сборки ВС проходит ряд испытаний (наземные и летные).

Капитальный и средний ремонты выполняются на ремонтных заводах. Все ресурсы до ремонтов устанавливаются применительно к капитальным ремонтам.

Системы ремонтов АТ

Под системой ремонта АТ понимается комплекс положений и норм, определяющих порядок проведения работ по ремонту АТ для заданных условий эксплуатации с целью обеспечения показателей качества и эффективности, предусмотренных нормативной документацией. Система ремонта АТ является составной частью общей системы технического обслуживания и ремонта АТ.

В гражданской авиации РФ и в зарубежных авиакомпаниях в настоящее время применяются следующие системы ремонтов.

2.1 Планово-предупредительная система ремонтных работ

При этой системе для ЛА или его агрегатов назначаются ресурсы до ремонта $T_P^{(i)}, T_P^{(2)}, \dots, T_P^{(k)}$. Самолеты направляются в ремонт независимо от состояния как только исчерпан очередной ресурс до ремонта $T_P^{(i)}$. Ресурс $T_Y^{(1)}$ и последующие ресурсы $T_Y^{(i)}$ устанавливаются по наиболее “слабым” местам, т.е. по тем частям летательного аппарата (ЛА) (агрегата), на которых наиболее быстро возникает дефект. При этом речь идет о частях, устранение неисправностей которых не может быть выполнено в условиях эксплуатационных предприятий из-за большого объема демонтажных, монтажных работ, регулировок, испытаний и т.д.

Например, это может быть стык отъемной части крыла (ОЧК) с центропланом. По этому стыку характерен дефект в виде увеличенного (по сравнению с заводским) зазора между болтом и отверстием фитинга. Устранение дефекта требует отстыковки ОЧК и, следовательно, большого объема демонтажных и монтажных работ.

Обычно ЛА имеет группу “слабых” мест. Так, примерно при одних и тех же наработках могут встретиться увеличенные зазоры не только по стыку ОЧК с центропланом, но и в шарнирных подвесках стоек и подкосов шасси, подвесках рулей и т.д.

Как уже отмечалось, ресурс до ремонта $T_P^{(i)}$ должен быть таков, чтобы развитие дефекта не привело к отказу. Поэтому среди всех “слабых” мест выделяется группа, развитие дефектов на которой идет наиболее быстро и создает наибольшую опасность возникновения

2.2 Система регламентированных ремонтов

При этой системе весь объем капитального ремонта разбивается на несколько этапов (обычно не больше четырех), каждый из которых представляет собой средний ремонт. Работы, выполненные на всех этапах, образуют полный объем капитального ремонта, так что после их выполнения оказывается, что все части воздушного судна были проверены с целью выявления и устранения неисправностей.

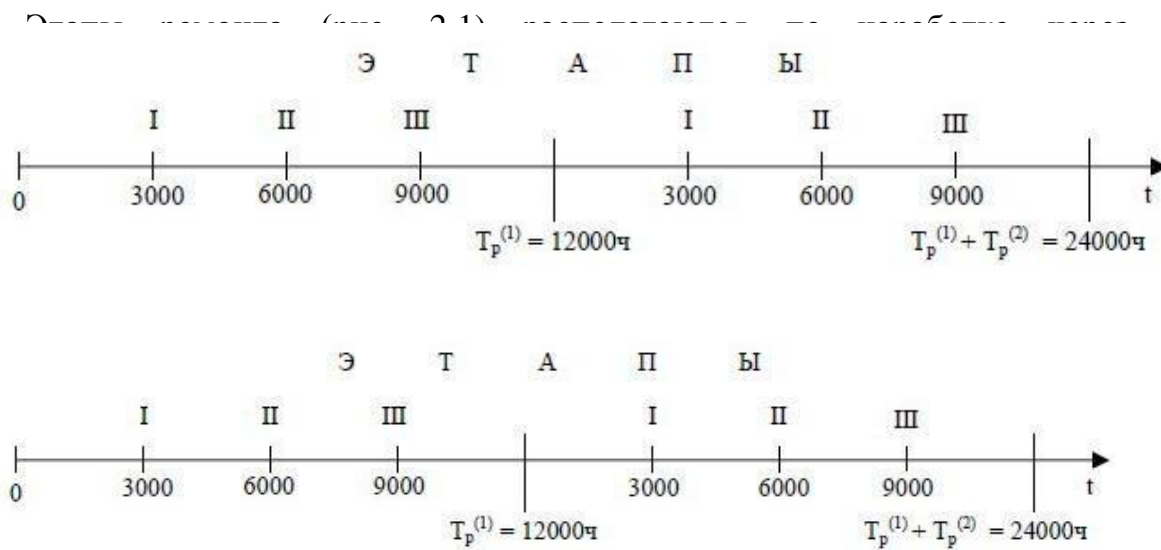


Рис. 2.1 – Распределение этапов регламентированных ремонтов

На каждом этапе ремонта выполняется только тот объем демонтажных работ, который диктуется возможными на этом этапе дефектами. Например, после 3000 летных часов наиболее часто наблюдаются неисправности кресел, освещения, пола в пассажирском салоне, дефекты колес шасси, подвески рулей и некоторые другие. В соответствии с этим, если первый этап ремонта выполняется после 3000 летных часов, то он будет ограничен демонтажными и монтажными работами, требующимися для выявления и устранения указанных неисправностей и дефектов.

При наработке 6000 летных часов могут появляться дефекты на подвеске ОЧК к центроплану, дефекты подвески шасси и ряд других. Соответственно с этим на втором этапе ремонта объем демонтажных и монтажных работ, помимо всех работ первого этапа, будет включать в себя отстыковку ОЧК, демонтаж и ремонт шасси и т.д.

Преимущество рассматриваемой системы состоит в том, что на каждом этапе объем демонтажных и монтажных работ целиком диктуется только теми неисправностями, появление которых возможно. В отличие от этого при

планово-предупредительной системе капитальных ремонтов объем демонтажных и монтажных работ намного превышает минимально необходимый для устранения имеющихся неисправностей. Например, если обратиться к рис.2.1, то уже при 6000 ч наработки потребовалась бы полная разборка самолета. При системе регламентированных ремонтов на этом этапе проводится лишь демонтаж ОЧК, шасси, рулей и некоторых систем.

Система регламентированных ремонтов позволяет увеличить по сравнению с системой планово-предупредительных ремонтов ресурсы $T_p^{(i)}$ и снизить величину отношения $C_i / T_p^{(i+1)}$. Одновременно существенно сокращаются простои ЛА. Создается возможность совмещения некоторых форм периодического технического обслуживания (регламентных работ) с ремонтом.

Следует, однако, иметь в виду, что система регламентированных ремонтов требует для обеспечения безопасности полетов тщательного изучения закономерностей появления неисправностей. Иначе могут быть допущены грубые ошибки при определении необходимого объема работ на каждом из этапов ремонта.

2.3 Система поэтапных зональных ремонтов

При этой системе общий объем капитального ремонта разбивается на несколько этапов. Каждый этап является средним ремонтом. В этом смысле рассматриваемая система не отличается от системы регламентированных ремонтов, но на каждом этапе объем работ задается на основе деления ЛА на зоны (рис. 2.2.). На каждом этапе выполняется ремонт одной из зон. Так, для самолета № 1 ремонт ведется последовательно от зоны 1-й на первом этапе до зоны 4-й на последнем. Для самолета № 2 избрана последовательность зон 2-я, 3-я, 4-я, 1-я.т.д. По сравнению с системой регламентированных ремонтов недостатком системы зональных ремонтов является то, что объем демонтажных и монтажных работ не связан с возможностью появления тех или иных неисправностей.

Преимущества рассматриваемой системы в том, что данная зона (например, зона 1-я на рис. 2.2) ремонтируется при различных наработках (T_1, T_2, T_3, T_4) и, следовательно, имеется возможность наблюдать состояние частей этой зоны по мере увеличения наработки. Это позволяет в короткие сроки изучить закономерности появления и развития неисправностей и на их основе оперативно уточнить межремонтные ресурсы

$T_P^{(i)}$. Система зональных ремонтов обеспечивает возможность более раннего выявления дефектов по сравнению с планово-предупредительной.

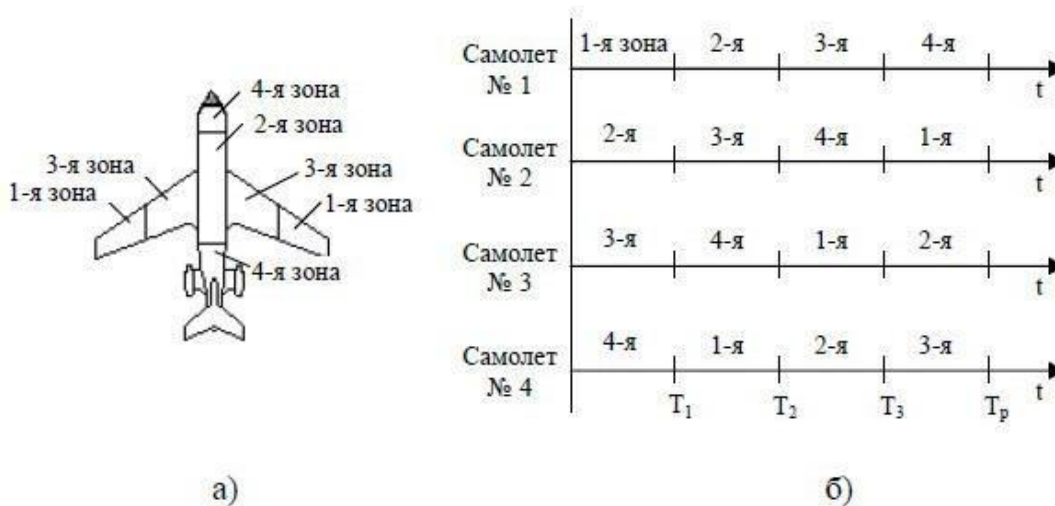


Рис. 2.2 – Схема разделения самолета на зоны (а) и организация поэтапного зонального ремонта на 4-х самолетах (б)

Также как и при системе регламентированных ремонтов, имеется возможность совмещения некоторых форм периодического технического обслуживания с ремонтами и тем самым сокращения простоев ЛА.

2.4 Система ремонта по фактическому техническому состоянию

Для всех перечисленных систем ремонтов характерно, что наработка до очередного ремонта (этапа) задается заранее и не связана с состоянием конкретного ЛА. При этом оказывается, что для части ЛА, которые находились в благоприятных условиях эксплуатации, ремонт мог быть выполнен намного позже, чем это диктуется величинами $T_P^{(i)}$. Экономически целесообразно ремонтировать самолет в момент, когда ее техническое состояние требует ремонта. Здесь имеется полная аналогия с преимуществами и недостатками ресурса по предельному состоянию и назначенного ресурса.

Если ремонт выполняется при наработке, отвечающей некоторому предельному состоянию самолета, при котором он требует устранения неисправностей, то говорят, что используется система ремонтов по фактическому техническому состоянию.

Выполнение требований обеспечения высокой безопасности полетов при системе ремонтов по фактическому техническому состоянию является сложной технической задачей. Возможность использования этой системы ремонтов должна быть заложена в процессе конструирования и изготовления самолета, т.е. должны быть обеспечены высокая живучесть частей самолета, высокая контролепригодность, легкоосъемность и взаимозаменяемость частей.

Высокая живучесть означает, что дефекты и вызываемые ими неисправности весьма медленно развиваются, и поэтому имеется достаточное время для их выявления, прежде чем наступит отказ.

Высокая контролепригодность ЛА означает, что все его части могут быть без общего демонтажа ВС подвергнуты диагностированию для выявления их технического состояния. Для этого должны быть встроены диагностические датчики, приборы для контроля состояния частей ЛА. Например, авиадвигатель должен иметь окна для контроля состояния роторов и статоров компрессора и турбины, датчики для контроля состояния подшипников и т.д.

Легкоосъемность частей позволяет проводить их замену без общего демонтажа самолета. Например, при блочной конструкции авиадвигателя возможна замена частей компрессора без общей разборки всего двигателя.

Взаимозаменяемость частей обеспечивает их замену без подбора и подгонки.

Сложность конструкции ЛА и его агрегатов приводит к необходимости ограничения набора агрегатов и их частей, подлежащих ремонту по техническому состоянию.

Основой для выполнения ремонта по техническому состоянию является не только выявление состояния ЛА и его частей без существенного объема разборки, но и прогнозирование технического состояния ЛА на длительный срок эксплуатации. Это особенно относится к частям ЛА, устранение неисправностей которых в условиях эксплуатации слишком трудоемко.

ЛЕКЦИЯ 3

Особенности авиаремонтного производства

3.1 Характеристика авиаремонтного производства

Авиаремонтное производство характеризуется высоким техническим уровнем, обусловленным сложностью АТ. Для него характерно наличие разнообразного сложного современного оборудования и высококвалифицированных кадров специалистов и рабочих. Процесс ремонта существенно отличается от процесса производства новых видов изделий и имеет свои специфические особенности, которые обязательно должны учитываться при решении различных организационно-технических задач.

К основным особенностям авиаремонтного производства относятся следующие:

1. Заранее не известно, в каком состоянии будет поступать техника в ремонт, с какими дефектами, поломками. Это затрудняет планирование производства, т.к. приходится руководствоваться средними нормативами в части обеспечения рабочей силой, площадями, материалами, запасными частями, всеми видами энергии и т.п.
2. Одному ремонтному предприятию приходится ремонтировать многообразную сложную технику (планер, электрооборудование, радиоаппаратуру, приборы и т.д.), которая выпускается большим количеством заводов. Нередко на одном ремонтном заводе производится ремонт одновременно нескольких изделий АТ.
3. Ремонтное предприятие имеет дело с готовыми конструкциями и не имеет права самостоятельно вносить в конструкцию какие-либо изменения.
4. Заводы авиационной промышленности выпускают самолеты небольшими сериями, каждая из которых имеет свои конструктивные и технологические особенности. Это нарушает ритм ремонтного производства, усложняет организацию снабжения запасными частями, увеличивает количество производственной документации и т.д. На самолетах старых серий в процессе ремонта приходится выполнять весьма значительный объем работ по их модернизации.
5. Частая сменяемость объектов ремонта в результате обновления

- самолетно-моторного парка.
6. Большой удельный вес маломеханизированных работ по промывке и очистке, дефектации, слесарных, жестяно-клепальных.
 7. Наличие значительного количества элементов конструкции, требующих индивидуального подбора и подгонки.
 8. Высокие требования к точности дефектации объектов ремонта.
 9. Применение большой номенклатуры дорогостоящих материалов, полуфабрикатов и запасных частей, которые ремонтные предприятия закупают у промышленности, что приводит к большому удельному весу их в общей стоимости ремонта.
 10. Применение сложного технологического оборудования, используемого с относительно невысокой интенсивностью.

3.2 Производственный и технологический процессы ремонта

Производственный процесс ремонта совокупность действий, в результате которых обеспечивается восстановление работоспособности объектов ремонта. Производственный процесс ремонта характеризуется предметами производства (в данном случае это изделия авиационной техники), средствами труда, технологическими процессами и самим трудом.

Производственный процесс ремонта включает подготовку средств ремонта, организацию обслуживания рабочих мест, получение и хранение ремонтного фонда, материалов, полуфабрикатов и запасных частей, а также все стадии ремонта.

Технологический процесс ремонта - часть производственного процесса, непосредственно связанная с оценкой и изменением состояния объекта ремонта.

Технологический процесс ремонта состоит из таких этапов, как приемка в ремонт, предварительная дефектация, демонтаж и разборка, очистка и промывка, дефектация, собственно ремонт, комплектовка, сборка, испытания и сдача отремонтированной техники заказчику. Схема технологического процесса ремонта авиационной техники представлена на рисунке 3.1.

Ремонт авиационной техники выполняется в соответствии с документами, разрабатываемыми заводами-изготовителями и ремонтными предприятиями ГА. В состав документов по ремонту АТ, разрабатываемых

заводами-поставщиками авиационной техники, входят: руководство по ремонту, каталог деталей и сборочных единиц, нормы расхода запасных частей.

Руководство по ремонту включает в себя технические условия на ремонт, технические требования к отремонтированным объектам, указания по организации и оснащению ремонта.

Технические условия на ремонт содержат указания о порядке выполнения демонтаж-монтажных работ, о методах восстановления деталей в зависимости от характера выявленных дефектов, о методах испытаний после ремонта. Руководством по ремонту определяется также номенклатура приспособлений и инструментов, необходимых для выполнения ремонта и поставляемых заводами-изготовителями авиационной техники.

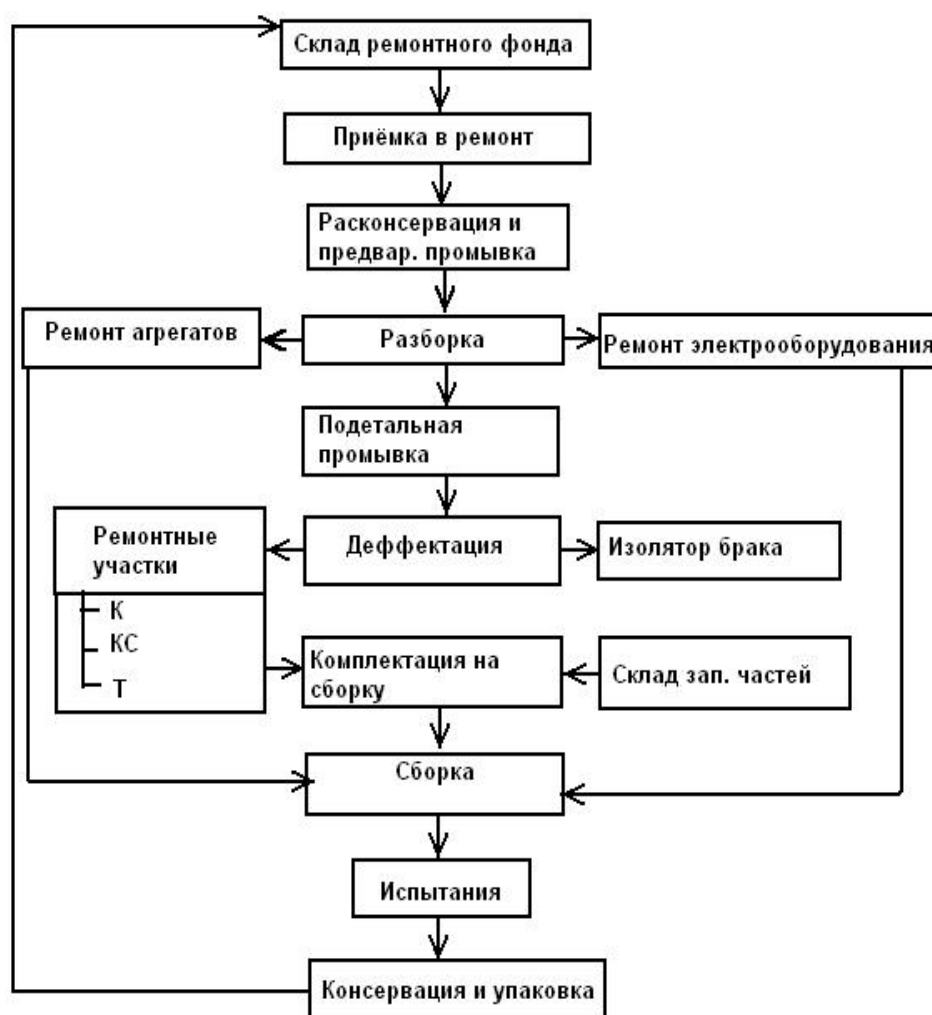


Рис. 3.1 – Схема технологического процесса ремонта

На основе руководства по ремонту отдел главного технолога авиаремонтного завода разрабатывает внутреннюю технологическую документацию по выполнению всех ремонтных работ (технологии ремонта,

технологические инструкции и карты) и производственно-контрольную документацию по оформлению результатов этих работ. К производственно-контрольной документации относятся: документы по приемке АТ в ремонт; карты дефектации; протоколы испытаний; карты выполненных доработок; акты сдачи отремонтированной техники. Все эти документы образуют дело ремонта.

ЛЕКЦИЯ 4

Подготовка летательного аппарата и авиационного двигателя к ремонту

4.1 Приемка в ремонт

“Основные условия на ремонт авиационной техники гражданской авиации” и “Наставление по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники в гражданской авиации” (НТЭРАТ ГА-93) определяют порядок взаимоотношений и ответственность авиаремонтных и эксплуатационных предприятий за качество и сроки ремонта.

Подготовка в эксплуатационном предприятии к отправке самолета в ремонт заключается в доукомплектовании его соответствии с комплекточными ведомостями завода-изготовителя (кроме инструментов, наземного оборудования и комплектов запасных частей) и оформлении необходимой документации. Вместе с самолетом отправляются следующие документы: формуляры самолета и двигателя; паспорта агрегатов; свидетельство о регистрации; удостоверение о годности к эксплуатации; бортовой журнал; карта нивелировки самолета; заказ на ремонт с указанием дополнительных работ; технический акт, если самолет направляется в ремонт до отработки им межремонтного ресурса.

Для того чтобы ремонтный завод мог лучше подготовиться к ремонту конкретного ЛА с учетом его индивидуальных особенностей, заблаговременно, не позднее чем за 3 месяца до отправки ЛА в ремонт эксплуатационное предприятие - заказчик направляет на завод заявку на дополнительные работы по дооборудованию и доработкам.

Самолеты и вертолеты, как правило, летят на авиаремонтный завод. А двигатели и отдельные агрегаты, законсервированные и упакованные должным образом, доставляются железнодорожным или автомобильным транспортом. При этом небольшая часть межремонтного ресурса должна быть обязательно зарезервирована для выполнения такого перелета.

Все ЛА, поступившие в ремонт, проверяются комплексной комиссией, в состав которой входят представители отдела технического контроля и специалисты по всем системам ЛА.

В ходе приемки проверяется комплектность авиационной техники, прибывшей в ремонт, полнота и правильность оформления всей документации. Помимо этого уже в ходе приемки проводится предварительная дефектация ЛА и авиадвигателей. Она предусматривает проведение комплексного осмотра о

проверке работоспособности систем ЛА, включая запуск и опробование двигателей.

В необходимых случаях, например, после поломок ЛА или при наличии жалоб экипажа на ухудшение летных характеристик (устойчивости, управляемости) выполняется нивелирование ЛА. Нивелирование позволяет проверить правильность взаимного расположения основных агрегатов планера, которое может быть нарушено вследствие остаточных деформаций, полученных при воздействии нагрузок, превышающих расчетные. Наряду с нивелированием, предварительная дефектация включает также осмотр основных силовых элементов планера, а также их проверку с применением неразрушающих методов контроля.

Приемка изделий авиационной техники в ремонт оформляется приемо-сдаточным актом, в котором содержатся краткие сведения об изделии, его укомплектованности, оформлении технической документации, наличии или отсутствии внешних повреждений.

На каждое принимаемое в ремонт изделие заводится особое дело, в которое входят ведомости технического состояния, карты измерений, протоколы испытаний, формуляры и паспорта агрегатов.

Этап приемки в ремонт осуществляется в присутствии представителя заказчика, вскрывается контейнер (для двигателя) и проверяется комплектность изделия на соответствие номеров по записям в формулярах. Проверяется целостность контейнера и двигателя. Для двигателя, который поступил в ремонт в аварийном состоянии составляется специальный акт.

На данном этапе заводится общее дело ремонта, в которое входят следующие документы:

1. Приёмосдаточный акт.
2. Формуляры и паспорта агрегатов и самого двигателя.
3. Ведомости технического состояния узлов, агрегатов, деталей.
4. Карта промеров.
5. Ведомости отбраковки.
6. Карта общей сборки.
7. Протоколы испытаний агрегатов и двигателя.
8. Карты консерваций и упаковки.

4.2 Предварительная промывка

Авиационный двигатель, как правило, поступает в ремонт, имея наружную консервацию в виде слоя технического вазелина или пушечной смазки. Кроме

того, за время эксплуатации на наружной поверхности двигателя отлагается большое количество масляно-пылевых загрязнений. Всё это указывает на необходимость предварительной промывки. Этот этап направлен на повышение культуры ремонта в целом. Основная задача – расконсервация и удаление грязи. При это применяются следующие способы промывки:

1. Ручная промывка (с помощью губки и порошка).
2. Струёй моющего раствора под давлением (керосином или бензином).
3. Обдув горячим воздухом в закрытом объёме.
4. Автоматическая промывка (душирование, представлено на рис. 1.4)

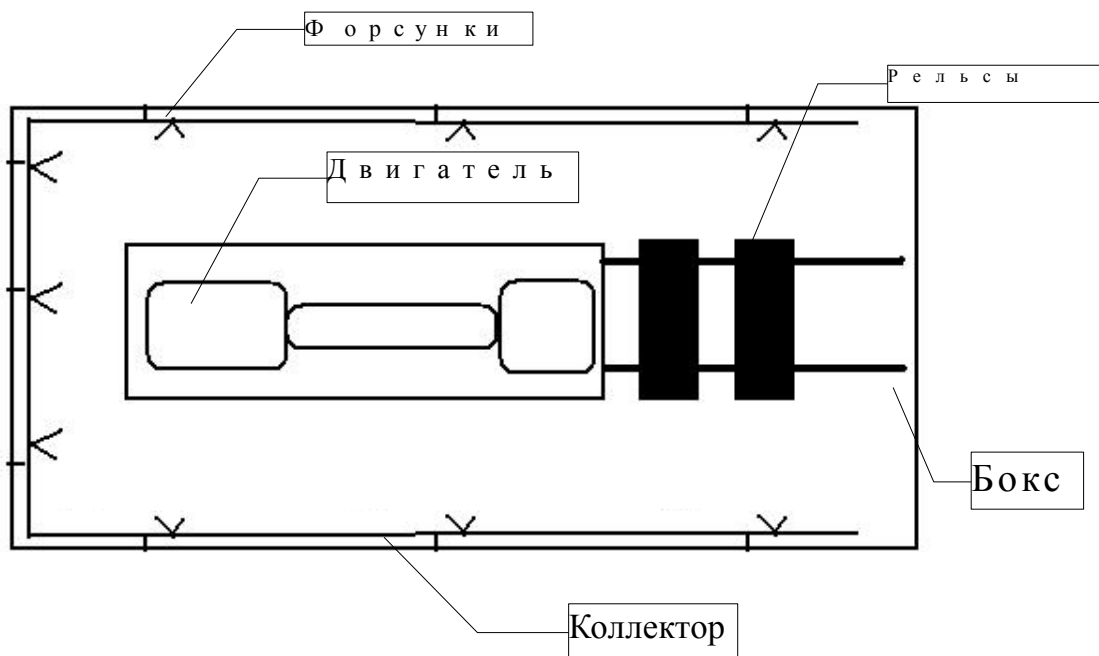


Рис. 4.1 – Схема автоматической промывки

Схема автоматической промывки представлена на рисунке 4.1. Двигатель устанавливается на технологические опоры и по рельсам загоняется в бокс, по периметру которого установлен коллектор с форсунками. Через форсунки под давлением двигатель омывается разогретым до температуры 60 С содоводохромпиковым раствором (на 100 литров H_2O добавляется 0,2 кг Na_2CO_3 и 0,15 кг $K_2Cr_2O_7$).

4.3 Разборка самолетов и двигателей

Разборка самолетов и двигателей для ремонта преследует следующие цели:

- открытие доступа для дефектации и ремонта всех элементов конструкции;
- ведение ремонта различных узлов и агрегатов параллельными потоками;
- обеспечение удобства транспортировки на производственных площадях.

Последовательность разборки самолетов или двигателей определяется их конструктивными особенностями и изложена в руководствах по ремонту для каждого типа самолета или двигателя.

Для сокращения продолжительности разборки ее следует вести возможно более широким фронтом.

Разборка самолетов производится в специальных доках. Доки состоят из ряда подвижных и неподвижных площадок – платформ, расположенных в несколько ярусов и обеспечивающих удобный подход ко всем рабочим зонам. Доки оборудуются необходимым подъемно-транспортным вспомогательным оборудованием, обеспечивающим максимальную механизацию процесса разборки. Доки, предназначенные для разборки больших самолетов, оснащаются системами сигнализации и переговорными устройствами.

Разборка авиадвигателей, как правило, организуется на поточных механизированных линиях, состоящих из нескольких постов – стандов. Так, например, на рисунке 4.2. показана схема линии, предназначенной для разборки турбовинтового двигателя и состоящей из пяти постов. На первом из них с двигателя снимается вся арматура и агрегаты, на втором – редуктор, на третьем – турбина. Четвертый и пятый посты – вертикальные. На них последовательно снимаются лобовой картер и компрессор. Установка двигателя в вертикальное положение выполняется с помощью специального кантователя. Перемещение двигателей по стандам осуществляется автоматически.

Некоторые крупногабаритные турбореактивные двигатели разбираются на неподвижных стандах, позволяющих устанавливать двигатель в вертикальное и горизонтальное положение.

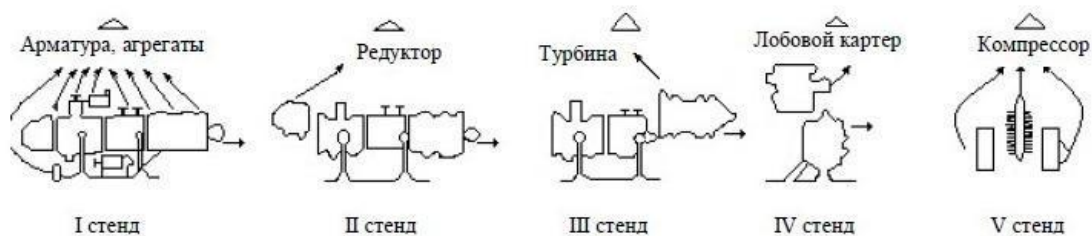


Рис. 4.2.– Схема поточной линии разборки авиадвигателя

Демонтированные тяжелые агрегаты и узлы самолетов и двигателей укладываются или устанавливаются на специальные передвижные тележки-подставки. Мелкие и крепежные детали укладываются в ящики или “сортовики”. На все ящики, сортовики и стеллажи с деталями прикрепляются бирки с номером разобранного самолета (двигателя).

Последующая поддетальная разборка снятых с самолетов и двигателей агрегатов и узлов осуществляется на специализированных рабочих местах в соответствующих цехах и участках.

После разборки все детали, узлы и агрегаты за исключением крупных агрегатов самолетов (фюзеляж, крыло и т.п.) направляются в отделения промывки и очистки.

4.4 Очистка и промывка

Задача промывки и очистки состоит в полном удалении с внешних и внутренних поверхностей всех деталей лакокрасочных покрытий (ЛКП), а также накопившихся за время эксплуатации смолистых отложений, жирового налета, грязи, нагара, продуктов коррозии. От качества очистки зависит надежность выявления дефектов, особенно таких, как трещины, износ, перегрев, коррозия и другие.

Очистка и промывка организуются в отдельных помещениях, примыкающих к участкам разборки и имеющих соответствующее оборудование.

Методы и средства удаления ЛКП и различных отложений должны исключать повреждения очищаемых поверхностей быть высокопроизводительными, не должны оказывать вредного воздействия на человека, загрязнять окружающую среду. В настоящее время разработано и применяется много различных методов и средств промывки и очистки. Наиболее распространенные из них рассмотрены ниже.

4.4.1 Механические методы

К механическим методам очистки относятся обработка абразивными полотнами, быстровращающимися проволочными щетками (крацевание), пневмо- и гидромеханический методы.

Пневмомеханическая очистка (песком, косточковой крошкой) осуществляется в специальных аппаратах, в которых абразив из бункера под давлением сжатого воздуха через шланг с наконечником -

соплом направляется на поверхность деталей (рис. 4.3). Этот способ характеризуется высокой скоростью и качеством очистки, однако имеет и существенные недостатки: возможно засорение внутренних каналов в деталях; ухудшаются условия труда рабочих (значительный уровень шума, запыленность, воздействие атомарного кислорода).

Более совершенным является гидромеханический метод, при котором поверхность деталей очищается жидкостью (вода с антикоррозионными присадками), содержащей мелкие частицы абразивного материала. Гидроабразивная смесь нагнетается под давлением сжатого воздуха.

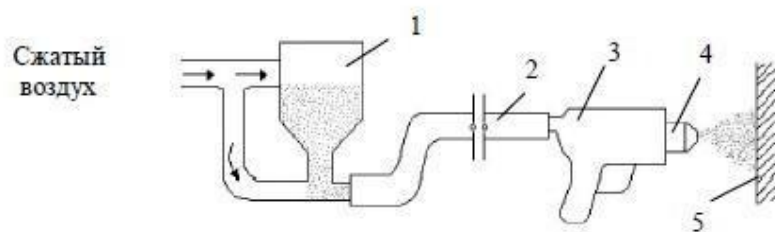


Рис. 4.3 —. Схема пневмомеханической очистки деталей:

4.4.2 Химический и электрохимический методы

При химическом методе очистка деталей двигателей и наибольших агрегатов, узлов и деталей самолетов от жировых, грязевых и смолистых отложений чаще всего производится в ваннах с щелочными моющими растворами. Химический состав растворов зависит как от материала промываемых деталей, так и от вида загрязнения.

Для ускорения процесса моющие растворы применяются подогретыми до 70 - 90 С. Подогрев растворов осуществляется непосредственно в ваннах с помощью паровых змеевиков или электроподогревателей.

Для сохранения эффективности моющих растворов состав ванны корректируется, т.е. поддерживается необходимая концентрация раствора, строго выдерживается время промывки, периодически удаляются накапливающиеся загрязнения.

Применяются также закрытые ванны, в которые горячий моющий раствор нагнетается под давлением, что обеспечивает сокращение продолжительности промывки.

После извлечения промытых деталей из ванны во избежание появления

коррозии остатки раствора необходимо удалить промывкой в холодной, а затем в горячей воде ($t = 60-70\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Все детали после промывки сушатся в сушильных шкафах ($t = 100 - 120\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Для очистки сильно загрязненных деталей авиадвигателей применяется электрохимическая очистка. Она выполняется в ваннах с подогретым водным раствором NaOH. Обработка деталей (например, лопаток, дисков турбин и др.) ведется с переключением полярности на электродах. В результате нагар размягчается и может быть затем удален полированием.

4.4.3 Ультразвуковой метод очистки

Весьма эффективным и универсальным является ультразвуковой метод очистки. Детали погружаются в ванны с моечным раствором. В днище ванны вмонтированы преобразователи ультразвуковых колебаний, действующие от специальных высокочастотных генераторов. Колебания преобразователя передаются жидкости через металлический стержень, либо через диафрагму.

Для возбуждения в жидкости ультразвуковых колебаний (от 16 кГц и выше) используются явления пьезоэлектричества либо магнитострикции.

Явление пьезоэлектричества состоит в том, что керамика титаната бария (получаемого путем обжига двуоксида титана и углекислого бария при $t = 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$) и некоторые другие материалы, находясь в переменном электрическом поле, изменяют свой объем с частотой этого поля.

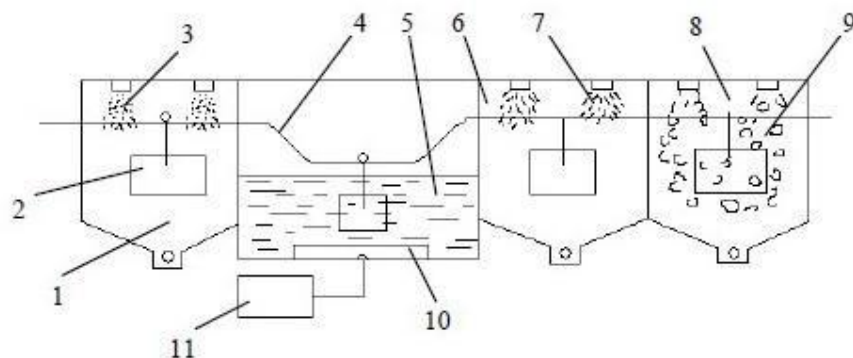
Аналогичное изменение объема происходит и у некоторых металлов, обладающих магнитостриктивными свойствами, под воздействием переменного магнитного поля.

В колеблющейся с ультразвуковой частотой жидкости развивается явление кавитации, т.е. быстро чередующиеся сжатия и расширения с образованием и захлопыванием микропузырьков газа (воздуха и паров жидкости). При захлопывании пузырьков возникают давления до нескольких десятков МПа. Этот процесс происходит во всем объеме жидкости, в результате чего под воздействием гидроударов даже самые прочные отложения полностью удаляются.

Применение ультразвуковой очистки целесообразно сочетать с предварительной химической очисткой, т.к. процесс идет с высокой скоростью, раствор быстро загрязняется и требуется непрерывная прокачка его через фильтры.

После ультразвуковой очистки, дающей полное удаление всех осадков,

производится обычная промывка от остатков моечного раствора в чистой воде и сушка (рис. 4.4).



- 1– камера предварительной очистки; 2 – сортовик с деталями; 3 – моечный раствор;
4– транспортер; 5– ультразвуковая ванна; 6 – камера ополаскивания; 7 – вода;
8 – сушильная камера; 9 – горячий воздух; 10 – преобразователь-вибратор;
11 – ультразвуковой генератор

Рис. 4.4 – Схема механизированной ультразвуковой моечной установки

4.4.4 Удаление лакокрасочных покрытий

Особую трудность при ремонте летательных аппаратов представляет удаление с поверхностей планера ЛКП. Это весьма трудоемкий процесс, характеризующийся повышенной пожарной опасностью, вредными условиями труда, плохо поддающийся механизации.

Удаление ЛКП производится с помощью различных растворителей и смывок, которые наносятся с помощью кистей или пульверизаторов. После выдержки от 5 до 30 мин, в зависимости от вида ЛКП и применяемых растворителей или смывок, производится удаление разбухшего и отслаивающегося ЛКП с помощью щеток, деревянных штапелей и т.п. и промывка очищаемых поверхностей специальными разбавителями.

Процессы промывки деталей могут быть механизированы. Для этого служат так называемые моечные машины, значительно повышающие производительность труда и улучшающие условия производства.

Моечная машина может представлять собой ряд закрытых камер, через которые движется конвейер. На конвейер укладываются или подвешиваются детали - крупные непосредственно, а мелкие - в проволочных корзинах или на специальных ажурных сортовиках.

В первой камере на деталь через форсунки под давлением подается горячий моечный раствор. Стекающий с деталей загрязненный раствор фильтруется, подогревается и снова подается насосом в камеру. В следующих камерах аналогичным образом производится промывка

холодной, а затем горячей водой. Имея высокую температуру на выходе из последней камеры, детали быстро сохнут.

Кроме рассмотренных выше достаточно широко применяются и другие методы промывки.

Для уменьшения трудоемкости ремонта и улучшения условий труда на ремонтных заводах создаются специализированные цеха для механизированной промывки, очистки и окраски летательных аппаратов.

Промывка и очистка деталей авиационной техники связана с применением вредных для здоровья людей веществ, часто опасных в пожарном отношении. Поэтому к помещениям для участков очистки предъявляются особые требования. Они оборудуются приточно-вытяжной вентиляцией, мощными системами пожаротушения. Рабочие, занятые на этих участках, в обязательном порядке обеспечиваются спецодеждой, а в необходимых случаях - индивидуальными средствами защиты (очки, респираторы и т.п.). В последнее время все шире применяются нетоксичные моющие средства, создаются автоматизированные поточные линии очистки с замкнутым производственным циклом, позволяющие почти полностью исключить ручной труд, а также обеспечить охрану окружающей среды.

После удаления лакокрасочных покрытий и всех видов отложений детали комплектно, в соответствующей таре с бирками, помеченными номером летательного аппарата (двигателя), направляются в отделение дефектации.

ЛЕКЦИЯ 5

Определение технического состояния (дефектация)

5.1 Требования, предъявляемые при дефектации

Дефектация или процесс контроля технического состояния - один из самых ответственных этапов технологического процесса ремонта. Для выполнения дефектации привлекаются наиболее опытные работники, хорошо знающие конструкцию авиационной техники, условия ее работы и возможные дефекты каждой детали, а также в совершенстве владеющие методами выявления дефектов. Кроме того, дефектатор должен знать технологию ремонта детали и технические условия на ее отбраковку, чтобы объективно оценить состояние детали и назначить технически правильный и экономичный метод ремонта или забраковать деталь. Таким образом, от качества дефектации непосредственно зависит объем работ по ремонту, качество ремонта и надежность отремонтированной техники.

Дефектация должна проводиться в специально оборудованных помещениях. Рабочие места дефектаторов должны быть хорошо освещены, в том числе дополнительными лампами для подсветки при осмотре деталей. На участках, где применяются точные измерительные устройства, необходимо поддерживать постоянную температуру +20 С.

Обнаруженные дефекты фиксируются в специальных ведомостях. Кроме того, на детали и сочленения, подвергаемые микрометрическому обмеру, заполняются карты обмера. Ведомость дефектации должна содержать эскиз детали, на котором специальными индексами отмечаются места, имеющие дефекты. В ведомости указан также маршрут дефектации.

Во избежание пропуска дефектов контроль каждого объекта (узла, агрегата, детали) должен вестись непрерывно и без смены персонала.

По окончании контроля ведомость дефектации и карты обмера являются руководством для ремонта.

По результатам дефектации все детали, узлы и агрегаты подразделяются на три группы:

- не требующие ремонта и годные к дальнейшей эксплуатации;
- требующие ремонта;
- не подлежащие ремонту ввиду его технической невозможности или экономической нецелесообразности.

Объекты третьей группы помечаются красной краской и направляются в так называемый изолятор брака.

Поскольку элементы конструкции авиационной техники изготовлены из различных материалов, имеют различные форму и размеры, работают в разных условиях, то и дефекты их могут иметь самый разный характер. Поэтому универсального метода, пригодного для контроля любого материала или детали, нет.

Среди большого разнообразия видов контроля, существующих в настоящее время, при техническом обслуживании и ремонте наиболее часто применяются следующие методы: оптические, капиллярные, акустические, с использованием проникающих излучений, магнитные, токовихревые, а также технические измерения и испытания на прочность и герметичность.

5.2 Методы дефектации

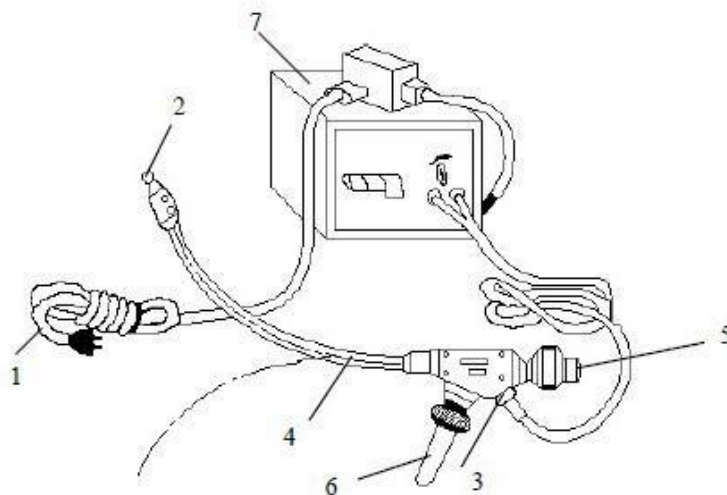
5.2.1 Оптические методы контроля

Наиболее распространенным методом дефектации, применяемым как в эксплуатационных, так и в ремонтных предприятиях, является визуальный осмотр. Внешнему осмотру подвергаются все детали и агрегаты. Он позволяет сравнительно быстро отбраковывать часть непригодных деталей, не подвергая их другим, более сложным методам контроля.

Осмотр позволяет выявить наружные повреждения деталей, деформации, забоины, трещины, царапины, наклеп, прогар, перегрев (по цветам побежалости), повреждения покрытий, коррозию, срыв резьбы, обрыв заклепок, отрыв сварных точек и т.д.

Осмотр производится как невооруженным глазом, так и с помощью различных оптических средств: луп, микроскопов, оптических проекторов, а также специальных оптических приборов. К последним относятся эндоскопы - оптические приборы со встроенным источником света, применяемые для контроля внутренних поверхностей, скрытых от прямого контроля. Современные эндоскопы могут иметь гибкие световоды, представляющие собой жгуты из прозрачных стержней или волокон. Такие световоды позволяют осуществлять передачу изображения по криволинейному пути на расстояние до нескольких метров. Освещение осматриваемой поверхности осуществляется с помощью миниатюрных ламп,

смонтированных на конце световода (рис. 5.1).



1 – кабель питания; 2 – головка с объективом; 3 – окно подсвета; 4 – световод; 5 – окуляр;
6 – рукоятка; 7 – преобразовательное устройство

Рис. 5.1 – Эндоскоп с гибким световодом

С помощью эндоскопов можно осматривать внутренние элементы планера самолета, двигателей, например, камер сгорания и даже трубопроводов.

5.2.2 Капиллярные методы контроля

Наибольшее применение в настоящее время имеют такие разновидности этого контроля, как метод красок и люминесцентный метод.

Метод красок основан на применении специальных красной и белой красок. Красная краска должна обладать высокой жидкотекучестью и смачиваемостью по отношению к металлу, белая же краска подбирается такой, чтобы она обладала способностью хорошо впитывать в себя красную краску.

Последовательность операций при контроле (см. рис.5.2):

- 1) очистка поверхности от жира, грязи или лакокрасочного покрытия;
- 2) нанесение красной краски на контролируемую поверхность с помощью кисти, краска выдерживается на поверхности в течение 5-10 мин;
- 3) удаление красной краски с помощью салфетки, в трещине краска удерживается капиллярными силами;
- 4) нанесение белой краски ровным тонким слоем мягкой кистью или из пульверизатора и выдержка в течение 5-10 мин.

Белая краска активно впитывает красную краску, сохранившуюся в трещине, и в результате на белом фоне выступает четко различимая красная жилка.

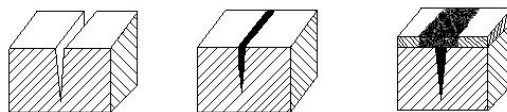


Рис. 5.2 – Выявление трещины методом красок

Состав красок подбирается с учетом температуры воздуха.

Метод красок применяется для дефектации деталей из любых сплавов как снятых с самолета, так и непосредственно на нем. Все необходимые материалы и принадлежности размещаются в специальных переносных чемоданах.

Люминесцентный метод применяется как для деталей из магнитных, так и немагнитных сплавов. Он основан на способности определенных жидкостей люминесцировать при облучении их ультрафиолетовым светом.

Последовательность операций при контроле:

1. Промывка детали в соответствующем моечном растворе.
2. Нанесение люминесцирующей жидкости на проверяемую поверхность путем окунания либо с помощью кисти или тампона. В качестве люминесцирующей жидкости применяется смесь, состоящая из 85% керосина и 15% минерального авиационного масла. Эта смесь обладает высокой текучестью и легко проникает в трещины. Жидкость выдерживается на поверхности до 20 мин.
3. Удаление избытка люминесцирующей жидкости слабой струей воды или салфеткой.
4. Сушка детали путем подогрева воздухом либо погружением в древесные опилки, остатки которых затем сметаются щеткой.
5. Нанесение на поверхность детали специального “проявляющего” порошка (путем припудривания из мешочка), который вытягивает из трещин люминесцирующую жидкость. Через 5-10 мин. после нанесения избыток порошка удаляется путем встряхивания или легкой обдувки. На детали остается только порошок, смоченный люминесцирующей жидкостью и прилипший к поверхности над местом дефекта.
6. Осмотр детали при облучении ее ультрафиолетовым светом в затемненном помещении или под темным покрывалом. При этом люминесцирующая жидкость, впитанная порошком, прилипшим над трещиной, ярко светится.

Наряду с описанными выше методом красок и люминесцентным методом, применяется и комбинированный люминесцентно-цветовой контроль.

5.2.3 Акустические методы контроля

Акустический контроль основан на регистрации параметров упругих колебаний при прохождении их через контролируемый объект.

Наибольшее распространение в эксплуатации и в авиаремонтном производстве имеют такие разновидности акустического контроля, как эхо-метод, зеркально-теневой, импедансный.

Эхо-метод основан на использовании свойства ультразвуковых колебаний распространяться в различных материалах в виде направленных пучков и почти полностью отражаться от границ раздела двух сред, отличающихся одна от другой величиной акустического сопротивления. Отражение происходит по законам оптики (угол падения равен углу отражения).

Излучателями и приемниками ультразвуковых колебаний служат пьезоэлектрические элементы, изготовленные чаще всего из кристаллов кварца или титаната бария.

Принцип работы ультразвукового дефектоскопа (рис. 5.3) состоит в том, что при помощи генератора создаются высокочастотные электрические колебания, поступающие на пьезоэлемент излучательной головки, который преобразует их в ультразвуковые колебания.

Одновременно сигнал от генератора поступает на дефектоскоп. На экране дефектоскопа появляется изображение в виде пика, называемое начальным импульсом.

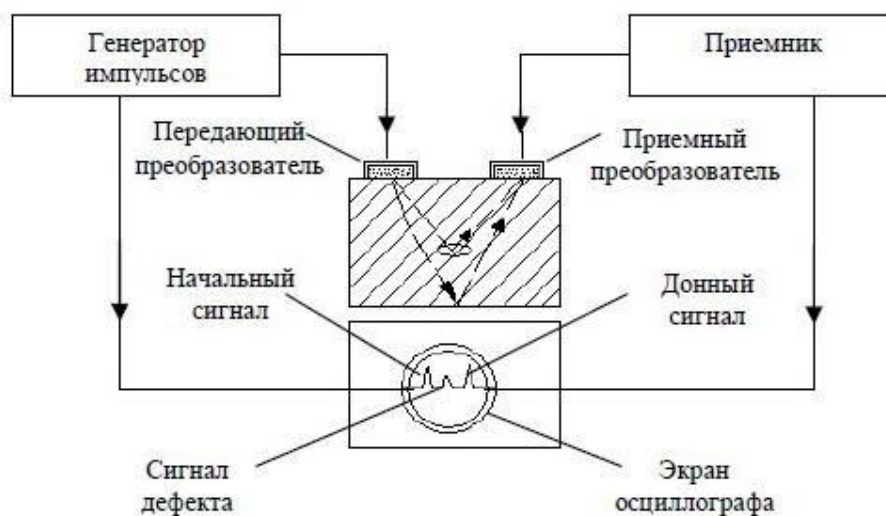


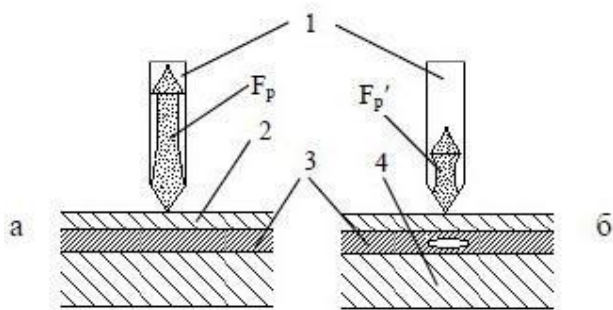
Рис. 5.3 – Схема работы импульсного ультразвукового дефектоскопа

При распространении ультразвуковых колебаний в материале детали без дефектов они доходят до ее нижней поверхности и, отражаясь,

попадают на приемник головки, который преобразует их в электрические колебания. На экране дефектоскопа возникает второй пик, называемый донным или концевым импульсом. Если на пути колебаний встречается дефект, то они, отражаясь от него, вызывают возникновение третьего импульса, расположенного между начальным и концевым. По месту нахождения на экране импульса от дефекта ориентировочно определяют расстояние от поверхности до дефекта в материале детали.

Этим методом обнаруживаются такие дефекты, как нарушение сплошности (раковины, расслоение, рыхлоты, трещины и т.п.), расположенные в толще детали.

Импедансный акустический метод применяется для обнаружения дефектов в виде всевозможных расслоений (например, непрочная обшивка, отслаивания обшивки, паяных соединений и т.п.). Он основан на зависимости силы реакции поверхности контролируемого изделия на контактирующий с ним колеблющийся стержень. Если совершающий продольные колебания стержень соприкасается с участком изделия, имеющим хорошее соединение, то вся конструкция колеблется как



1 – датчик; 2 – внешний лист (обшивка); 3 – слой клея; 4 – внутренний элемент конструкции;
 F_p – сила реакции

Рис. 5.4 – Контроль качества склейки импедансным методом: а – участок с хорошей склейкой; б – зона непрочной склейки.

единое целое, и механическое сопротивление (механический импеданс), оказываемое изделием стержню, определяется жесткостью всей конструкции. При этом сила реакции на стержень имеет значительную величину. Если стержень расположен над дефектом соединения, то сила реакции на датчик резко уменьшается, так как жесткость дефектного участка соединения меньше жесткости всей конструкции (рис. 5.4).

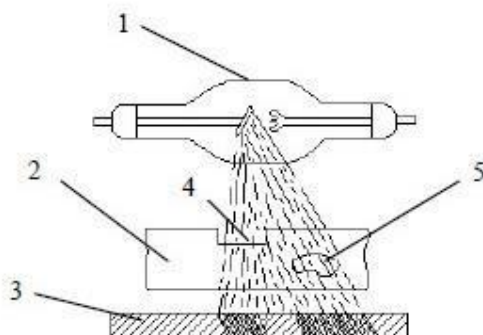
5.2.4 Методы контроля, основанные на использовании

проникающих излучений

Среди многих разновидностей этого метода контроля наибольшее распространение получили рентгеновский и гамма-контроль.

Эти методы контроля основаны на использовании свойств рентгеновских и гамма-лучей проникать через материал контролируемых деталей и воздействовать на эмульсию рентгеновской пленки (флуоресцирующий экран), помещенной за ними, вызывая различное ее потемнение (свечение экрана) в зависимости от интенсивности прошедших лучей. В местах дефектов (раковины, посторонние включения и т.п.) лучи ослабляются в меньшей степени, (рис. чем в соседних местах 5.5), и на поверхности пленки образуются виды более темные пятна. Эти контроля применяются главным образом для выявления скрытых пороков материала, качества монтажа внутренних деталей агрегатов.

Рентгеновские лучи по сравнению с гамма-лучами обладают меньшей жесткостью и проникающей способностью. Поэтому они применяются для просвечивания тонкостенных конструкций: камер сгорания, заклепочных швов и т.д. Гамма-лучи используются для просвечивания массивных деталей и собранных агрегатов.



1 – рентгеновская трубка; 2 – деталь; 3 – кассета с пленкой; 4 – углубление в детали;
5 - раковина

Рис. 5.5 – Схема просвечивания детали рентгеновскими лучами

Аппаратура для гамма-дефектоскопии является значительно менее сложной, громоздкой и дорогой, чем аппаратур для рентгеновского контроля. Поэтому гамма-контроль применяется значительно шире. В качестве источника гамма-лучей применяются радиоактивные изотопы кобальта, тулия, европия и др.

5.2.5 Методы магнитной дефектоскопии

Магнитный метод основан на использовании явления возникновения на поверхностях намагниченной детали в местах расположения дефектов магнитных полей рассеяния. Магнитные силовые линии при наличии дефекта искривляются, при этом часть их выходит на поверхность детали, образуя по краям дефектного участка дополнительные полюса со своим магнитным полем. Для обнаружения этих полей на поверхность детали наносится магнитная суспензия или сухой ферромагнитный порошок. Частицы порошка притягиваются магнитным полем рассеяния, в результате чего в местах, где имеются дефекты, образуются полосы из осевшего порошка, определяющие границы дефектов. На сплошной поверхности магнитный порошок не задерживается (рис.5.6).

Для намагничивания деталей могут применяться стационарные установки и переносные магнитные дефектоскопы. На стационарных установках детали зажимаются между контактными пластинами головок, перемещаемых по станине.

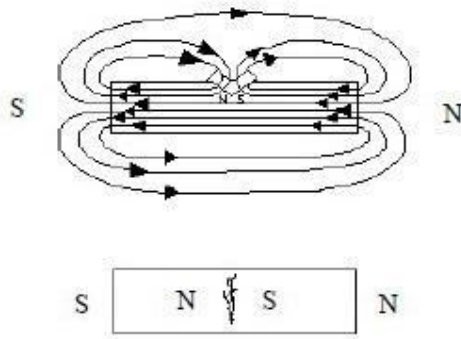


Рис. 5.6 – Схема образования магнитного поля рассеяния и оседания порошка над трещиной детали

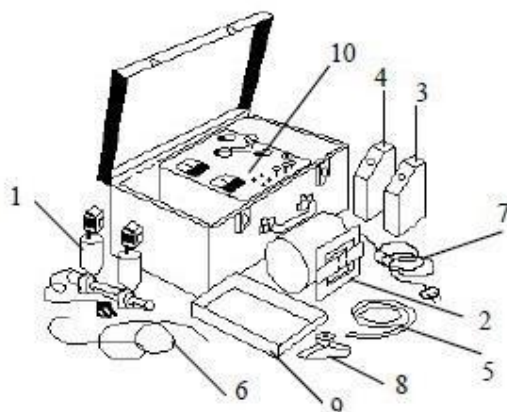
Путем перестановки детали могут быть намагничены в различных направлениях, что позволяет надежно выявить трещины любой ориентации. С помощью переносных магнитных дефектоскопов можно контролировать небольшие детали, не снимая их с самолета в аэродромных условиях. При этом намагничивание может производиться с помощью катушки, магнитов или кабеля (рис.5.7).

Применяются следующие способы намагничивания деталей (рис.5.8).

1. Продольное намагничивание - с помощью магнитов или в поле соленоида.

2. Циркулярное намагничивание, при котором непосредственно через саму деталь или через проводник, проходящий через деталь, пропускается постоянный ток (большой силы, малого напряжения). При этом в детали

создается циркулярное магнитное поле, плоскость которого перпендикулярна направлению тока.



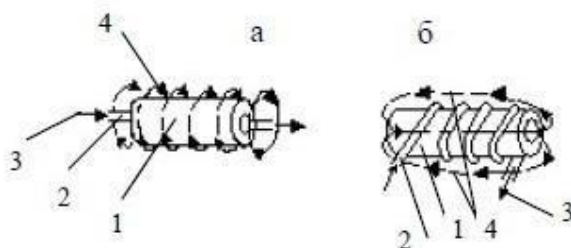
1 – электромагнит со съёмными наконечниками; 2 – катушка (соленоид); 3 – бачок;
4 – банка; 5 – дюритовый (резиновый) шланг; 6 – гибкий кабель; 7 – шнур с двумя вилками
для включения катушки; 8 – лупа; 9 – ванночка; 10 - панель

Рис. 5.7 – Переносный магнитный дефектоскоп

3. Торoidalное намагничивание. Так контролируются кольцевые детали. Электрический ток пропускают через изолированный провод, обмотанный вокруг “кольца” детали так, чтобы “кольцо” охватывалось всеми витками обмотки.

4. Комбинированное (одновременно продольное и циркулярное) намагничивание: меняя величину и напряжение векторов продольного и циркулярного намагничивания, можно получить результирующий вектор любого направления.

По окончании контроля все детали подлежат размагничиванию. Размагничивание производится в поле катушки - соленоида, питаемой переменным током. После включения тока деталь медленно проводится через катушку.



1 – деталь; 2 – электрокабель;
3 – направление тока; 4 – магнитные силовые линии

Рис. 5.8 – Способы намагничивания деталей: а – циркулярное; б – продольное;

Магнитный метод применяется как основной для контроля деталей из

ферромагнитных материалов. Он позволяет выявлять поверхностные и подповерхностные дефекты: трещины, неметаллические включения, расслоения, непровары и т.д.

К достоинствам метода относятся высокая чувствительность (минимальная ширина выявляемой трещины - 0,001 мм, глубина от 0,005 мм), относительная простота и надежность применяемой аппаратуры, большая производительность контроля.

Наряду с описанным выше методом, который называется магнитопорошковым, применяются и такие разновидности магнитного контроля, как магнитографический и магнитоферрозондовый.

Феррозондовый метод основан на измерении полей рассеяния с помощью специальных датчиков-зондов.

Магнитографический метод заключается в том, что контролируемая зона намагничивается вместе с наложенной или протягиваемой по поверхности магнитной лентой, на которой фиксируются поля рассеяния.

5.2.6 Вихретоковый контроль

Этот метод применяется для выявления трещин, неоднородностей структуры, отклонений химического состава, а также для измерения толщины лакокрасочных покрытий, листовых материалов и труб.

Сущность метода состоит в следующем. В детали или на ее участке с помощью специальной катушки-датчика, питаемой переменным током, индуцируются вихревые токи. Электромагнитное поле этих токов взаимодействует с электромагнитным полем катушки-датчика. При наличии в поверхностных слоях проверяемой детали дефекта (“препятствия” вихревым токам) величина вихревых токов и их магнитного потока уменьшается. Это вызывает изменение полного сопротивления катушки, что регистрируется электроизмерительными индикаторами (стрелочный указатель, звуковой или световой сигнал). Схема контроля представлена на рисунке 5.9.



Рис. 5.9 – Схема вихретокового неразрушающего контроля

5.2.7 Технические измерения деталей

Измерения проводятся с целью выявления износа деталей, оценки

деформации, определения величины зазоров и натягов, измерения глубины коррозионного повреждения, оценки шероховатости поверхности и т.д. Места замеров, порядок проведения измерений, применяемый инструмент и приспособления устанавливаются для каждой детали картой промеров.

В авиаремонтном производстве широко применяются универсальные измерительные приборы и инструменты, которые в зависимости от принципа их действия могут быть разделены на следующие виды:

1. Механические приборы - линейки, угольники, щупы, резьбомеры, калибры, пробки, скобы, шаблоны, штангенциркули, штангенглубиномеры, микрометры, индикаторы и т.д. Эти приборы характеризуются простотой и дешевизной. Однако они имеют сравнительно малую точность и не обеспечивают высокой производительности контроля.

2. Оптические - микроскопы, проекторы, пружинно-оптические приборы и т.д. Такие приборы обеспечивают весьма высокую точность измерений.

3. Пневматические. Такие приборы используются для точного измерения наружных и внутренних размеров, выявления отклонений формы поверхностей. Пневматические приборы отличаются быстродействием.

4. Электрические приборы. Они применяются в автоматической контрольно-измерительной аппаратуре.

Контроль шероховатости поверхности деталей может выполняться с использованием контактных приборов (профилометров и профилографов) или оптических приборов (микроинтерферометров и др.).

5.2.8 Испытания на прочность и герметичность

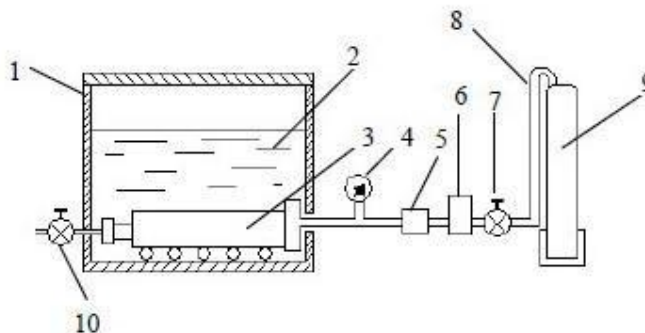
Современные ЛА оборудованы целым рядом систем, к которым предъявляются весьма высокие требования в отношении внешней и внутренней герметичности: топливные, гидрогазовые, масляные, воздушные, системы жизнеобеспечения и другие. Практически все основные изделия, входящие в состав этих систем, в ходе ремонта проходят испытания на прочность и герметичность.

Таким испытаниям подвергаются трубопроводы, шланги, корпусные детали (насосов, фильтров и т.п.), топливные форсунки, камеры сгорания, металлические и резиновые баки, силовые цилиндры шасси и т.д.

Испытания на прочность производятся жидкостью в течение определенного времени. Давление при испытании в несколько раз превышает рабочее. Испытуемый объект предварительно заглушается специальными заглушками (рис. 5.10).

Контроль герметичности (течеискание) осуществляется различными методами, наибольшее распространение из которых имеют

пузырьковый, манометрический и галоидный.



1 – броневанна с крышкой; 2 – жидкость (масло или вода с добавлением 0,3% хромника);
3 – силовой цилиндр; 4 – манометр; 5 – предохранительный клапан; 6 – редуктор;
7 – запорный кран; 8 – трубопровод; 9 – баллон со сжатым воздухом; 10 - кран стравливания

Рис. 5.10 – Схема испытания силовых цилиндров на прочность и герметичность

При использовании *пузырькового метода* испытуемый объект погружается в прозрачную жидкость (чаще всего в воду с добавлением антикоррозионных веществ) и в него под давлением подается газ. Предварительно все отверстия заглушаются. Места утечек обнаруживаются по появлению пузырьков. Для повышения чувствительности метода применяются жидкости с малым поверхностным натяжением (ацетон, спирт, эфир), а в качестве газа - водород; самому контролируемому изделию сообщаются низкочастотные вибрации.

Манометрический метод применяется при испытании гермокабин ЛА, баков-кессонов. Проверка герметичности выполняется следующим образом. Внутри проверяемого объекта с помощью наземного источника (компрессора, баллонов со сжатым воздухом) создается необходимое избыточное давление воздуха. После выдержки при этом давлении в течение определенного времени подача воздуха прекращается. С помощью манометра и часов определяется скорость падения давления, которая сравнивается с требуемой по техническим условиям. Манометрический метод позволяет дать оценку степени герметичности объекта, но не определяет места утечек.

Галоидный метод основан на регистрации частиц индикаторного газа (галоидосодержащие газы - фреон, хлороформ) с помощью специальных течеискателей. Датчиком таких приборов является диод с платиновыми электродами. С помощью микровентилятора воздух прокачивается через межэлектродное пространство. При наличии в воздухе частиц индикаторного газа происходит резкое увеличение эмиссионного тока, что обнаруживается по стрелочному указателю или по изменению уровня звукового сигнала. В ходе контроля течеискатель вручную

перемещается вдоль контролируемой зоны.

Помимо описанных выше методов при проверке на герметичность применяются и другие. Так, места утечек воздуха могут определяться на слух - по характерному свисту. Для проверки герметичности сварных, паяных и других швов, а также золотников, кранов и клапанов иногда применяется керосин, обладающий способностью проникать через малые зазоры и поры. При наличии течи керосин, налитый на одну сторону шва или соединения, просачиваясь через зазоры, образует на сухой стороне темное пятно. Если место, где возможна течь, предварительно закрасить разведенным в воде мелом, то на белой поверхности становится хорошо заметным темное пятно, указывающее место и форму дефекта.

ЛЕКЦИЯ 6

Основные технологические процессы восстановления деталей при ремонте

6.1 Восстановление обработкой резанием

Обработка резанием осуществляется либо вручную (слесарная обработка), либо на металлорежущих станках (механическая обработка). Обработка резанием применяется для устранения поверхностных дефектов, исправления формы и размеров деталей.

Слесарная обработка применяется в тех случаях, когда ремонтируемая деталь не может быть установлена на станок, например, вследствие ее габаритов или формы, когда для установки детали на станок необходимо изготавливать сложные и дорогие приспособления, а также при необходимости получения высокой степени точности, не обеспечиваемой системой станок-инструмент-деталь.

6.1.1 Слесарная обработка

Слесарная обработка выполняется ручным или механизированным режущим инструментом. Среди методов слесарной обработки наиболее широко применяются опиловка, шабрение, заправка резьб, развертывание, притирка и полирование.

Опиловка используется для устранения дефектов на внешних нерабочих поверхностях деталей: забоин, задиров и т.п.

Ручная опиловка производится напильниками и надфилями (напильники малых сечений). Надфили применяются для отделки узких канавок, кромок небольших отверстий, резьб и т.п. Форма сечения напильников может быть плоской, квадратной, трехгранной, круглой, полукруглой. В зависимости от величины зубьев насечки напильники подразделяются на драчевые (для грубой обработки) и бархатные (для окончательной отделки).

Опиловка может быть механизирована, для чего в патроне, укрепленном на конце гибкого вала, помещенного в защитном кожухе, закрепляется нужной формы шарошка или абразивная головка. Привод осуществляется от специального электромотора или от дрели.

Шабрение применяется для устранения незначительных по глубине и протяженности выступающих дефектов на рабочих поверхностях (стыки деталей), на кромках и поверхностях вращения. Рабочим инструментом

является шабер, изготавливаемый из закаленной инструментальной стали. Применяются различные по форме шаберы: плоские, ложкаобразные, трехгранные.

Для механизации шабрения применяются пневматические и электрические шаберы.

Заправка резьбы. На наружных и внутренних резьбах возможны коррозия, задиры, шероховатости, забоины и срывы витков. Эти дефекты могут привести к заеданиям и разрушению резьбовых соединений. Задиры, шероховатости и коррозия на резьбах сглаживаются и зачищаются прогонкой их с помощью плашек и метчиков, имеющих полный размер резьбы, при обильном смачивании резьбы маслом. Местные ограниченные дефекты на наружных резьбах могут устраняться также с помощью надфилей.

Развертывание с помощью разверток применяется для устранения различных дефектов на внутренних рабочих цилиндрических поверхностях: надиров, рисок, коррозии, а также овальности, ступенчатости, конусности, полученных в результате износа. При развертывании снимается незначительный слой металла (до 0,2 мм), при этом восстанавливается необходимая шероховатость и правильная цилиндрическая форма поверхности.

Развертка - многолезвийный режущий инструмент с количеством зубьев от 6 до 12 в зависимости от диаметра развертки. Развертки изготавливаются из закаленной углеродистой стали. Режущая кромка зуба имеет коническую заборную часть, мерную калибрующую часть и тыльную часть. Между зубьями имеются впадины, куда попадает стружка, снимаемая в процессе работы. Для крепления развертки в воротке или в патроне станка служит хвостовик. Применяются также разжимные развертки, диаметр которых может изменяться в пределах нескольких десятых долей миллиметра.

Развертка приводится в движение руками с помощью воротка, одеваемого на квадратный хвостовик, реже с помощью механического привода от какого-либо станка.

Притирка применяется для исправления незначительных погрешностей на плоских и криволинейных поверхностях особо точных сочленений. С помощью притирки обеспечивается плотное прилегание поверхностей; при необходимости достигается гидравлическая непроницаемость соединений. Сущность процесса притирки состоит в том, что тончайшие слои металла постепенно срезаются острыми кромками зерен абразива, внедренных в поры инструмента - притира, совершающего по обрабатываемой поверхности сложные движения. В зависимости от материала детали применяются притиры, изготовленные из чугуна, бронзы, стекла или свинца.

Абразив в составе притирочной пасты наносится на рабочую поверхность притира путем втирания. В состав пасты помимо абразива входят связующие материалы и поверхностно-активные вещества, которые, взаимодействуя с металлом, образуют на обрабатываемой поверхности тончайшие окисные пленки, легко удаляемые абразивом пасты. Эти же вещества, проникая между кристаллами обрабатываемого материала, действуют там расклинивающе, облегчая тем самым срезание частиц металла абразивом.

Ручная притирка является весьма трудоемкой операцией, требующей высокой квалификации исполнителя. Ручная притирка плоскостей ведется на плитах-притирах из чугуна или стекла. Обрабатываемая деталь вручную перемещается по плите-притиру круговыми движениями. Притирка внутренних цилиндрических поверхностей осуществляется с помощью разжимных притиров. Для притирки внешних цилиндрических поверхностей (валиков, плунжеров, золотников и т.п.) применяются разрезные гильзы, имеющие приспособления для уменьшения диаметра притира.

Притирка может выполняться и на специальных притирочных ставках, а также на токарных, сверлильных и других станках.

Полирование - отделочная операция для придания поверхности деталей высокой чистоты с целью устранения шероховатостей, подготовки к нанесению гальванических покрытий, повышения коррозионной стойкости, усталостной прочности или декоративной отделки.

Чаще всего применяется полумеханическое полирование: рабочий вручную прижимает и перемещает деталь относительно вращающегося полированного круга. Так обрабатываются, например, лопатки компрессоров и турбин. Полировальные круги изготавливаются из фетра, войлока, сукна. На поверхность круга наносится “абразив” (наждак, корунд, окись хрома, мел и др.), который удерживается специальными связками.

Помимо механического применяется также гидроабразивное, химическое и электрохимическое полирование, а также полирование пластическим деформированием.

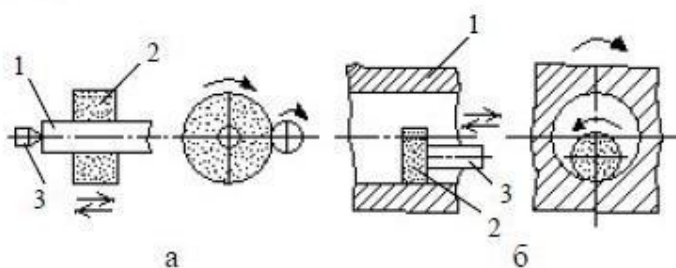
6.1.2 Механическая обработка

Среди методов механической обработки на авиаремонтных заводах наиболее широко применяются шлифование и хонингование.

Шлифование применяется для устранения поверхностных дефектов, восстановления формы и размеров деталей, как подготовительная операция перед нанесением гальванических покрытий. Например, этот вид механической

обработки широко используется при восстановлении деталей цилиндрической формы (штовов, силовых болтов и т.п.) по схеме: шлифование - хромирование - шлифование.

По схеме процесса шлифования различают: круглое наружное или внутреннее (рис. 6.1), бесцентровое и плоское. В качестве инструмента применяются корундовые круги и бруски на керамической основе, алмазные круги на пластмассовой или металлической основе, наждачные и стеклянные шкурки. Качество шлифования определяется правильным выбором марки инструмента и режимов резания. Во избежание местных перегревов поверхности (прижогов) в процессе шлифования деталь обильно охлаждается специальной эмульсией.

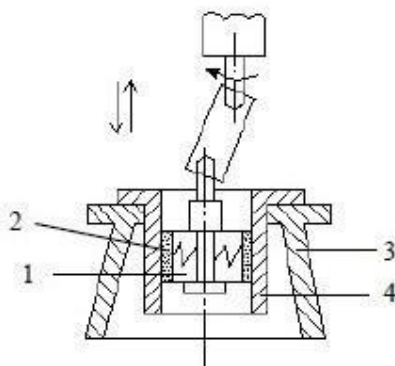


1 – деталь; 2 – шлифовальный круг; 3 – крепление детали (инструмента)
Рис. 6.1 – Схема круглого наружного (а) и внутреннего (б) шлифования

Разновидностью шлифования является хонингование. Это метод механической обработки применяется как отделочный для внутренних цилиндрических поверхностей. Он применяется после чистового обтачивания или шлифования. Инструментом является хонинговальная головка с абразивными брусками, которые пружинами прижимаются к обрабатываемой поверхности. Хонинговальная головка вращается и одновременно совершает возвратно-поступательные движения (рис. 6.2). В результате сложения движений абразивные бруски движутся по сложным траекториям. Для охлаждения обрабатываемой поверхности и удаления металлической стружки и продуктов износа брусков в зону резания непрерывно подается смазочно-охлаждающая жидкость.

Хонингование выполняется на специальных хонинговальных станках.

В качестве доводочной операции после шлифования и хонингования применяется обкатка шариками или роликами, а также алмазное выглаживание. В качестве инструмента при этом используется специальный обкатчик, представляющий собой рамку с держателями роликов или шариков (при алмазном выглаживании - сферических алмазов), которые пружинами



1 – корпус хонинговальной головки; 2 – брусок; 3 – пружина; 4 – обрабатываемая деталь

Рис. 6.2 – Схема хонингования

прижимаются к обрабатываемой поверхности. Так же как и при хонинговании, инструменту сообщается одновременно возвратно-поступательное и вращательное движения. В результате обработки неровности на обрабатываемой поверхности сглаживаются и в ней возникают остаточные напряжения сжатия, способствующие повышению усталостной долговечности.

6.2 Применение сварки и пайки при ремонте

Сварка и пайка применяются для восстановления металлических деталей - заделки трещин, присоединения новых элементов конструкции взамен забракованных для наплавления металла на изношенные поверхности. Сварка – процесс создания неразъемного соединения изделий местным нагреванием их до расплавленного или пластичного состояния без применения или с применением механических усилий.

При ремонте авиационной техники наибольшее применение находит сварка плавлением (электродуговая, аргонодуговая, кислородно-ацетиленовая), а также электроконтактная сварка (точечная и роликовая).

Электродуговая сварка (ЭДС) является основным видом сварки при ремонте изделий из термообработанных высокопрочных легированных сталей при толщине материала свыше 1,5 мм.

Электродуговая сварка производится путем местного нагрева соединяемых металлических частей до расплавленного состояния с помощью электрической дуги. Дуга возникает между металлом изделия и угольным или металлическим электродом. Температура в зоне горения дуги составляет около 6000 С. Электродуговая сварка может вестись как на постоянном, так и на

переменном токе.

Металлические электроды служат для образования электрической дуги и одновременно являются присадочным материалом. В авиаремонтном производстве применяются электроды со специальными обмазками. За счет элементов, входящих в состав обмазки, вокруг дуги создается защитная атмосфера, препятствующая взаимодействию газов воздуха с расплавленным металлом. В результате предотвращается ухудшение механических свойств металла в зоне сварки за счет обогащения его кислородом и азотом, выгорания углерода, кремния и марганца.

Электроды в процессе сварки удерживаются в электрододержателе, представляющем собой пружинящие щипцы, к которым подводится электрический ток.

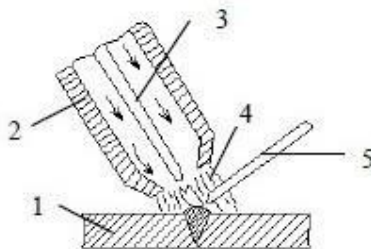
В качестве источников питания для ЭДС применяются сварочные генераторы и сварочные трансформаторы.

Для защиты глаз и кожи лица от воздействия яркого света и ультрафиолетовых лучей служат щитки и шлемы из фибры со вставленными светофильтрами.

Режим ЭДС определяется силой тока и диаметром электрода. Он выбирается в зависимости от вида соединения и толщины свариваемых элементов по специальным таблицам.

Аргонодуговая сварка (АрДС) применяется для хромоникелевых сталей, для алюминиевых и магниевых сплавов.

При АрДС защита расплавленного металла от взаимодействия с воздухом обеспечивается подачей нейтрального газа аргона в зону горения дуги. Струя аргона, кроме того, сужает область термического воздействия.



1 – деталь; 2 – корпус горелки; 3 – вольфрамовый электрод;
4 – оболочка защитного газа; 5 – присадочный пруток

Рис. 1.20 – Схема аргонодуговой сварки

Сварка может вестись плавящимся электродом или неплавящимся вольфрамовым электродом. В первом случае сварка выполняется с помощью горелки, имеющей механизм подачи присадочной проволоки. Во втором -

присадочный материал (той же марки, что и материал ремонтируемого изделия) сбоку вводится в зону горения дуги (рис. 6.3).

АрДС может выполняться ручным или автоматическим способом.

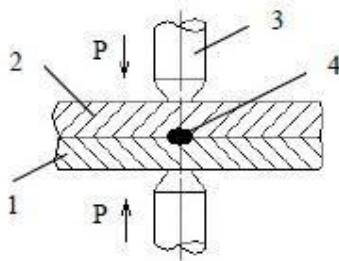
Кислородно-ацетиленовая сварка (КАС) применяется для сварки высоколегированных сталей при толщине материала менее 1,5 мм с последующей термообработкой и для сварки изделий из алюминиевых сплавов.

При КАС расплавление металла осуществляется теплом сгорания ацетилена в кислороде. Ацетилено-кислородное пламя горит на выходе смеси C_2H_2 и O_2 из отверстия специального мундштука или наконечника сварочной горелки. Мундштуки сменные с различными диаметрами отверстий. Чем толще свариваемый металл, тем больший номер мундштука. Ацетилен и кислород в соотношении примерно 1,0 : 1,5 подаются к горелке по отдельным шлангам.

Для КАС используются ацетиленовые генераторы, баллоны для ацетилена и кислорода, редукторы для понижения давления газов, газовые горелки.

Сварка ведется с применением присадочной проволоки, диаметр которой подбирается в зависимости от толщины свариваемых элементов. Режим кислородно-ацетиленовой сварки определяется номером наконечника (мундштука), диаметром присадочной проволоки и давлением кислорода.

Точечная сварка позволяет получить прочные, но не плотные нахлесточные соединения. Пакет свариваемых элементов



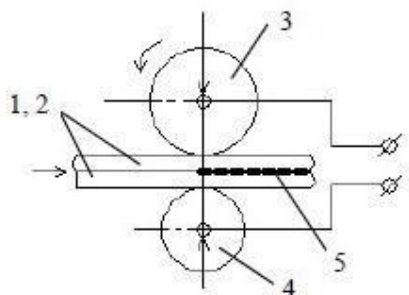
1, 2 – соединяемые детали; 3 – электроды; 4 – сварочная точка

Рис. 1.21 – Схема точечной сварки

прижимается медными электродами сварочной машины и через них в виде импульса пропускается электрический ток. Наибольшее количество тепла при этом выделяется в месте контакта между соединяемыми деталями – там, где электрическое сопротивление максимально. В этом

месте образуется расплавленное ядро, при кристаллизации которого возникает сварочная точка. После отключения тока и до окончания кристаллизации давление электродов не снимается во избежание разрыва сварочной точки упругими силами (рис. 6.4).

Для получения прочноплотных сварных соединений из листовых материалов применяется *роликовая сварка*. Соединяемые детали при этом зажимаются между двумя медными электродами - роликами, один из которых приводится во вращение от электродвигателя. Таким образом, детали непрерывно перемещаются между роликами. С определенной периодичностью через ролики и соединяемые детали пропускается электрический ток. Каждому импульсу тока соответствует сварочная точка. При соответствующем подборе скорости вращения роликов, частоты и длительности импульсов можно получить прочноплотные швы с высокой герметичностью (рис. 6.5).



1,2 – соединяемые детали; 3 – верхний ведущий ролик;
4 – нижний ролик; 5 – сварочный шов

Рис. 6.5 – Схема роликовой сварки

Наряду с рассмотренными методами сварки в авиаремонтном производстве за последнее время получили применение и такие виды сварки, как плазменная, сварка электронным лучом в вакууме, диффузионная сварка, сварка световым лучом (лазерная) и др.

Пайка – процесс создания неразъемных соединений деталей с использованием специальных припоев.

При пайке металла соединяемые элементы не доводятся до плавления, а соединяются за счет диффузии в них расплавленного припоя, температура плавления которого ниже, чем для соединяемых металлов. Чем ближе температура плавления припоя к температуре плавления основного металла, тем прочнее соединение.

Пайка имеет значительные преимущества перед сваркой, т.к. она производится при более низкой температуре и не связана с опасностью пережога материала, не требует громоздкого и дорогого

оборудования и доступна менее квалифицированным рабочим, чем сварка.

Пайка применяется при ремонте металлических баков, радиаторов (масляных и ВВР), камер сгорания и др.

В ремонтной практике применяется пайка легкоплавкими ($t = 500\text{ }^{\circ}\text{C}$) и тугоплавкими (t до $2000\text{ }^{\circ}\text{C}$) припоями. Легкоплавкие припои применяются для пайки алюминиевых сплавов, а тугоплавкие - жаропрочных сплавов.

Плавление твердых припоев осуществляется ацетилено-кислородными или бензовоздушными горелками.

Качественное соединение при пайке может быть получено лишь при условии тщательной очистки соединяемых поверхностей от лакокрасочных покрытий, загрязнений и окисных пленок. Для удаления окисных пленок и подготовки поверхности к смачиванию ее припоем применяются флюсы, защитные или восстановительные газовые среды или пайка в вакууме.

После пайки каждый узел проходит контроль осмотром, гидро- и пневмоиспытаниями, проникающими излучениями или другими методами.

В последнее время все шире применяется ультразвуковая пайка. Расходы, связанные с использованием ультразвуковых генераторов, окупаются за счет повышения производительности процесса, упрощения подготовки деталей к пайке и высокого ее качества. При этом используются электропаяльники, получающие высокочастотные ультразвуковые колебания от магнитострикционного вибратора. В результате припой (легкоплавкий) расплавляется, и в нем возникает явление кавитации, приводящее к разрушению окисных пленок.

ЛЕКЦИЯ 7

Нанесение гальванических покрытий

В авиаремонтном производстве гальванические покрытия широко применяются для различных целей:

- для восстановления размеров и формы деталей – хромирование, меднение, никелирование;
- для защиты от коррозии – цинкование, кадмирование, лужение (покрытие оловом);
- для улучшения приработки деталей - свинцово-индиевые покрытия;
- для предохранения от пригорания - меднение;
- в качестве подслоя перед нанесением другого покрытия - меднение;
- как декоративное - никелирование.

Гальванический способ нанесения металлических покрытий основан на электролизе растворов солей соответствующих металлов.

Гальванические покрытия прочно сцепляются с основным металлом, обладают хорошими механическими характеристиками. Толщину покрытий можно регулировать с высокой точностью. Возможно также получение осадков из разных металлов.

7.1 Хромирование

Электролитическое хромирование получило широкое применение как ремонтно-восстановительная операция благодаря особым свойствам хромового покрытия и хорошей сцепляемости с основным металлом. Имеет наиболее широкое применение на авиаремонтных заводах.

В зависимости от условий хромирования твердость покрытия составляет 9000-12000 МПа. Хром обладает высокой коррозионной стойкостью, износоустойчивостью и низким коэффициентом трения по другим металлам и сплавам.

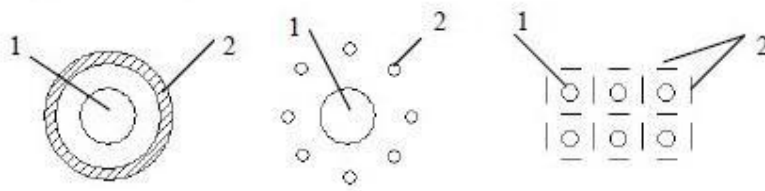
Чаще всего хромирование применяется для восстановления размеров деталей неподвижных соединений и малонагруженных деталей подвижных соединений, а также как декоративное для деталей бытового оборудования самолетов.

Качественные осадки хрома можно получать с толщиной до 0,2 мм. Хромирование может быть размерным, т.е. в этом случае не требуется последующая механическая обработка. При размерном хромировании

толщина осадка составляет от 0,04 мм до 0,07 мм.

В качестве электролита при хромировании применяется водный раствор хромового ангидрида (CrO_3) с добавлением серной кислоты H_2SO_4 . Анодом является свинец, который в процессе хромирования не растворяется. Ванны для хромирования оборудуются устройствами регулирования температуры электролита.

Для получения качественного покрытия форма анода должна быть такой, чтобы все его части поверхности находились на одинаковом расстоянии от соответствующих участков поверхностей, подлежащих хромированию (рис. 7.1).



1 – детали; 2 – электроды

Рис. 7.1 – Форма и расположение электродов при хромировании различных деталей

Процесс хромирования требует строгого соблюдения режимов, поэтому его целесообразно автоматизировать.

После хромирования детали промываются в дистиллированной воде – для улавливания остатков электролита с целью его повторного использования, а затем в холодной проточной и в горячей воде.

После хромирования производится окончательная механическая обработка - шлифование или хонингование до необходимых размеров, а затем термообработка - низкий отпуск - для снятия остаточных напряжений, возникающих при механической обработке.

7.2 Меднение

При ремонте авиационной техники электролитическое меднение применяется в качестве подслоя перед нанесением никелевых, хромовых и других покрытий, для восстановления размеров бронзовых деталей (втулок) после износа, для предотвращения спекания деталей горячей части двигателей и для других целей.

Для покрытия медью применяются сернокислые и цианистые электролиты. Последние дают возможность получать качественные осадки, однако весьма дороги и создают большую опасность для

персонала и окружающей среды.

7.3 Никелирование

Никелирование применяется для повышения стойкости рабочих поверхностей к эрозионному воздействию потока воздуха, а также как защитно-декоративное покрытие. Кроме того, в отдельных случаях никелирование применяется для восстановления размеров и упрочнения трущихся поверхностей деталей. В этом случае выполняется так называемое твердое никелирование. Повышение твердости покрытия достигается в результате специальной термообработки в течение 1 ч при температуре 300 -400 С.

7.4 Свинцевание и индирование

Свинцевание применяется для обеспечения прирабатываемости трущихся деталей благодаря высокой пластичности свинца. Однако вследствие того, что свинцовые покрытия сравнительно быстро окисляются на воздухе, их работоспособность ограничена. Поэтому часто после свинцевания производится индирование или оловенирование.

Сплав свинец-индий, нанесенный на деталь, обладает большей твердостью и коррозионной стойкостью, чем чистый свинец. Антифрикционные свойства сплава также значительно выше.

Для получения сплава свинец-индий детали, покрытые свинцом и индием, проходят термическую обработку в масляной ванне (температура 170 С, время 2-3 ч). При такой термообработке индий, имеющий температуру плавления 155 С, диффундирует в свинец с образованием сплава свинец-индий.

7.5 Цинкование и кадмирование

Цинкование и кадмирование применяются в качестве антикоррозионных покрытий стальных деталей.

Цинкованию обычно подвергаются мелкие крепежные детали (болты, гайки, шайбы, шурупы и т.п.).

Цинк имеет более высокий отрицательный потенциал, чем железо.

Поэтому, если в условиях влажной среды образуется гальваническая пара железо-цинк, в ней в первую очередь растворяется цинк (анод). Таким образом, цинк является как механической, так и электрохимической защитой черных металлов. Однако при повышенной влажности, особенно при эксплуатации техники в условиях морского или тропического климата, цинк сам подвергается коррозионному разрушению. В отличие от цинка кадмий в атмосфере влажного воздуха покрывается пленкой окиси, защищающей его от дальнейшего разрушения. Поэтому кадмирование применяют для защиты наиболее ответственных деталей, а также в тех случаях, когда авиационная техника предназначена для эксплуатации в условиях влажного и тропического климата. Кадмируются также некоторые резьбовые соединения, где кадмий выступает в качестве твердой смазки.

Цинкование и кадмирование выполняется в кислых и щелочных цианистых электролитах. Последние являются более дорогими и весьма токсичными. Поэтому они применяются для покрытия наиболее ответственных деталей.

7.6 Оксидные покрытия легких металлов

Для защиты от коррозии сплавов алюминия применяется химическое и электрохимическое оксидирование (анодирование).

Оксидирование чаще всего выполняется в ваннах с растворами серной, щавелевой или хромовой кислот. Наиболее экономичным является оксидирование в ваннах с электролитом, содержащим 170-200 г/л серной кислоты. Катодом являются свинцовые пластины, анодом - оксидируемые листы или детали.

В результате анодного окисления металла на поверхностях обрабатываемых деталей создается пленка, состоящая в основном из окиси алюминия AlO_3 . Покрытие обладает очень высокой твердостью, хорошо противостоит механическому и эрозионному износу, устойчиво против влаги. Оксидный слой имеет пористую структуру, что сообщает ему высокую адсорбционную способность (хорошо окрашивается различными красителями). С целью повышения защитных свойств покрытия и придания ему окраски производится пассивирование анодированных поверхностей в горячем водном растворе бихромата калия. Применяя различные красители, можно изменять цвет пленки.

Магниевого сплавы также оксидируются в целях обеспечения антикоррозийной защиты. Оксидирование производится

электрохимическим или, чаще, химическим способами. После оксидирования поверхности деталей обрабатываются смазкой или лакокрасочными покрытиями.

ЛЕКЦИЯ 8

Напыление покрытий

Напыление покрытий применяется для восстановления изношенных деталей, для придания жаро- и коррозионной стойкости, высоких антифрикционных свойств.

Для напыления используются различные металлы, сплавы, керамика. Напыление может производиться в несколько слоев, в том числе, с применением различных материалов.

Материалы, применяемые для напыления, приготавливаются в виде прутков, проволоки и порошка. Напыляемый материал расплавляется, и его частицы с большой скоростью направляются на поверхность детали. Соединение покрытий с материалом детали происходит как за счет механических, так и молекулярных связей.

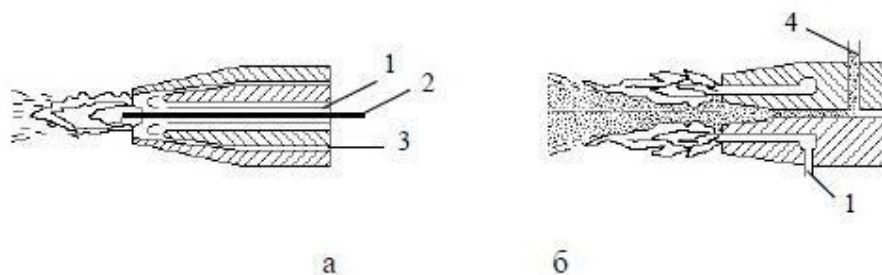
Перед нанесением покрытий выполняются следующие подготовительные операции: очистка и обезжиривание; механическая обработка шлифованием; специальная обработка для улучшения сцепления напыляемого материала; изоляция поверхностей, не подлежащих напылению. Для улучшения сцепления напыляемого металла может применяться предварительная дробеструйная обработка, механическая обработка (например, нарезание резьбы, проточка канавок и др.), нанесение подслоя тугоплавких металлов, электроискровая или химическая обработка.

Для напыления покрытий применяются различные методы, наибольшее распространение из которых получили газоплазменный, детонационный и плазменный.

8.1 Газопламенное напыление

Расплавление напыляемого материала при *газоплазменном напылении*

осуществляется теплом, выделяемым при горении смеси горючего газа (ацетилена) и кислорода. Распыление частиц металла производится струей продуктов сгорания или сжатым воздухом (рис. 8.1). Этот способ используется для напыления легкоплавких металлов.



а – распылительная головка для проволоки (прутки);
 б – распылительная головка для порошка;
 1 – газовая смесь; 2 – проволока (пруток); 3 – сжатый воздух; 4 – порошок
 Рис. 8.1 – Принципиальная схема газоплазменного напыления

8.2 Детонационное напыление

Детонационное напыление основано на использовании энергии детонации горючей смеси, поджигаемой электрической искрой. Скорость движения частиц распыляемого материала при этом значительно выше, чем при газоплазменном методе, что позволяет получить покрытия более высокого качества. Установки для детонационного напыления используются для нанесения особо твердых износостойких и жаростойких покрытий из карбидов тугоплавких металлов.

Детонация – процесс, протекающий с большой скоростью, около 2 километров в секунду. Вместо патрона в «пушке» поджигается газовая смесь. Например, можно на изношенную деталь нанести износостойкий хромо-никелевый сплав. Затем отшлифовать и обработать деталь, и она будет как новая. Можно также напылять на детали сплавы, которые невозможно нанести обычными способами, например, карбидо-вольфрамовый сплав. Детонационное напыление – это единственный способ нанесения этого сплава на детали маленьких размеров.

При детонационном напылении для нагрева и ускорения напыляемого материала используется энергия продуктов детонации газокислородного топлива. В качестве горючего газа обычно применяется пропан-бутановая смесь.

Детонационное нанесение покрытий – дискретный процесс, осуществляется последовательным выполнением следующих операций, входящих в единичный цикл (выстрел):

- заполнение взрывчатой газовой смесью ствола детонационной пушки;
- подача в ствол пушки порошка;

- взрыв газовой смеси в стволе.

Состав взрывчатой смеси и степень заполнения ствола существенно влияют на энергетические характеристики продуктов детонации. От процентного соотношения горючего, окислителя и разбавителя, а также от их объема зависит:

- количество тепла, выделяющегося при детонации;
- степень термической диссоциации продуктов детонации;
- химическая активность продуктов детонации по отношению к наносимому материалу;
- температура и скорость истечения из ствола порошка.

Благодаря высокой скорости напыляемых частиц (600-1000 м/сек.), детонационные покрытия обладают плотностью, близкой к плотности спеченного материала и высокой адгезией. Детонационное напыление позволяет напылять широкий круг материалов: металлы и их сплавы, оксиды, твердые сплавы на основе карбидов. При этом нагрев напыляемого изделия незначителен.

Детонационное напыление из-за своего дискретного характера является очень экономичным, но не слишком производительным методом (по сравнению, например, с высокоскоростным газопламенным напылением). Как правило, оно экономично для напыления поверхностей площадью не более нескольких квадратных сантиметров.

Отличительная особенность детонационного напыления - циклический характер подачи порошка на поверхность обрабатываемой детали со скоростью, превышающей скорость звука. Циклический процесс напыления получают с помощью детонационных установок, принципиальная схема которых представлена на рис. 8.2.

В общем виде детонационные установки состоят из блока 4 подачи напыляющего порошка, включающего порошковый питатель и дозирующее устройство; блока 2, служащего для образования требуемых газовых смесей и заполнения ими ствола детонационной установки с заданной скоростью; блока под-жига 3 и воспламенителя 2, предназначенных для инициирования взрыва рабочей смеси; ствола 5, представляющего собой трубу диаметром 20 - 50 мм, длиной 1 - 2,5 м и предназначенного для направленного распространения взрывной волны в сторону открытого конца ствола.

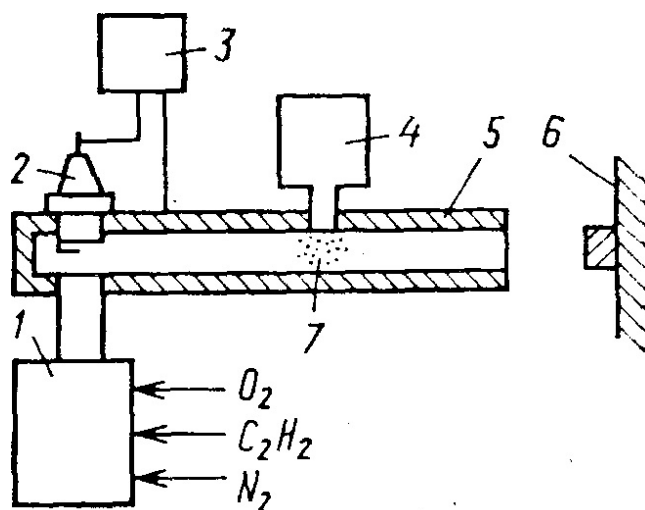


Рис. 8.2 – Схема детонационных устройств

Принцип действия установки состоит в следующем. Из блока 1 газовая смесь подается в ствол 5. Одновременно из порошкового питателя через дозирующее устройство (блок 4) заданными порциями вдувают газом - азотом или воздухом - мелкодисперсный порошок в газовую смесь непосредственно перед ее зажиганием, затем воспламенителем 2 поджигают газовую смесь. В результате воспламенения и перемещения по каналу горючей смеси происходит ее взрыв с выделением значительного количества теплоты и образованием детонационной волны, которая ускоряет и переносит через ствол на поверхность детали 6 напыляемые частицы 7 со скоростью, определяемой геометрией ствола и составом газа.

Процесс формирования покрытий детонационным напылением сложный и недостаточно изучен. Во многом он сходен с процессом плазменного напыления. Сходство заключается в том, что сцепление частиц с подложкой и между собой может происходить в расплавленном, оплавленном и твердом состояниях. Прочность сцепления обеспечивается главным образом за счет напыления расплавленными и оплавленными частицами, которые растекаются и кристаллизуются на поверхности подложки за счет химического взаимодействия. В то же время детонационный процесс напыления в отличие от непрерывного плазменного является циклическим, сообщаям частицам порошка более высокие скорости, что определяет особенности механизма формирования покрытий.

При детонационном напылении скорость частиц в отличие от плазменного напыления (100 - 200 м/с) достигает 400 - 1000 м/с. Поэтому, кроме термической активации существенное влияние на механизм и кинетику формирования напыленных слоев оказывает пластическая

деформация в зоне соударения частиц и подложки. Однако основной вклад в формирование покрытий при напылении вносит термическая активация. Опыт применения различных способов напыления, в том числе детонационного, показывает, что для получения удовлетворительного сцепления частиц порошка с основой необходимо, чтобы их значительная часть транспортировалась на подложку в расплавленном или оплавленном состоянии. Экспериментальные исследования по процессу формирования покрытий детонационным напылением показывают, что состояние частиц, находящихся в двухфазном потоке, неоднородно. В начале и середине потока они находятся в расплавленном или оплавленном состоянии, и температура в контакте с подложкой достигает температуры их плавления. При этом за счет теплоты, выделяемой при ударе о подложку частиц, имеющих скорость ~ 400 м/с, температура в зоне контакта повышается примерно на 100 С.

При напылении порошковыми материалами с температурой плавления, превышающей температуру плавления основного металла, происходит подплавление последнего. Так, например, при нанесении покрытий из оксида алюминия AlO_3 и порошковыми твердыми сплавами типа ВК на коррозионно-стойкие стали последние подплавляются и перемешиваются с напыляемыми расплавленными частицами порошка, повышая тем самым прочность сцепления. Повышению адгезии, как и при других способах газотермического напыления, способствует предварительная дробеструйная обработка напыляемой поверхности. В этом случае возможно получать прочные связи между напыляемым материалом и подложкой, имеющей твердость выше HRC 60. При напылении первого слоя возможно возникновение пор. При напылении второго слоя частицы порошка деформируют и уплотняют кристаллизующийся первый слой, что способствует устранению или уменьшению пористости. Это явление характерно для детонационного напыления, его называют эффект горячего ударного прессования.

Более крупные частицы из конца (хвоста) менее концентрированного потока обладают меньшей скоростью и наносятся на поверхность подложки чаще всего в нерасплавленном виде. При формировании покрытия такие частицы играют двоякую роль: полезную - удаляют дефектные участки ранее нанесенного покрытия, повышая его плотность и физико-механические свойства; вредную - при значительном повышении кинетической энергии крупных частиц в покрытии могут появиться трещины и даже полное его отслоение. Эти явления можно регулировать, изменяя режим скорострельности установки и грануляцию напыляемого

порошка. С точки зрения применяемых материалов и оборудования процесс детонационного напыления весьма простой. Основными факторами, определяющими характер детонационного напыления, являются газовая смесь, порошки, ствол установки.

Однако использование этих факторов в технологическом процессе напыления связано с изменением и управлением ряда характерных для каждого из них параметров. Для газовой смеси это состав газовой смеси; доза газовой смеси за один выстрел; состав газовой смеси в стволе между выстрелами.

Для порошка - химический состав порошка; грануляция напыляемого порошка; расположение порошка в стволе в момент поджига смеси; распределение частиц по размерам. Ствол характеризуется геометрическими параметрами: диаметром и длиной.

В свою очередь, перечисленные параметры порождают другие параметры, характеризующие конечное состояние процесса: концентрация, температура и скорость частиц; химический состав среды; температура поверхности подложки.

Таким образом, технологический процесс детонационного напыления является сложным, и качество формирования покрытий зависит от совокупности многочисленных параметров, их поддержания в оптимальных пределах. Рекомендуемые режимы детонационного напыления для некоторых материалов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Режимы нанесения детонационных покрытий из некоторых материалов

Материал	Отношение O_2/C_2H_2	Глубина загрузки порошка, мм	Дистанция напыления, мм	Навеска порошка, мг	Грануляция, мкм	Длина ствола, м	Диаметр ствола, мм
$Al_2O_3 > 99\%$	2,5	750	150	50	20 - 40	2	20,
WC+8 - 20 % Co (механическая смесь)	1,2	300	150	200	1 - 5	1,6	16
WC+8 - 20 % Co (гомогенный сплав)	1,2	300	150	200	10 - 20	1,6	16
75 % Cr_2C_3 +25 % NiCr	1,2	300	100	200	40 - 50	2	20

В серийном производстве поддержание оптимальных режимов многопараметрического процесса возможно при условии работы установки в автоматическом режиме.

При детонационном напылении можно получать покрытия из любых материалов, тугоплавких соединений, оксидов и др. Для получения износостойких покрытий с целью восстановления деталей применяют оксид алюминия AlO_3 , самофлюсующиеся сплавы ПГ-СР, СНГН, ВСНГН (65% WC и 35% СНГН).

Для повышения износостойкости используют карбиды вольфрама WC, титана TiC, хрома Cr_2C_3 , борид хрома CrB_2 с добавками 8 - 20% Ni или Co.

При детонационном напылении практически можно получить слои значительной толщины, но наибольшей прочностью сцепления обладают напыленные покрытия толщиной 0,2 - 0,4 мм (130 - 160 МПа). Поэтому наиболее рационально восстанавливать детали с небольшими износами. Скорострельность детонационного напыления составляет 1 - 5 выстрелов в секунду. Толщина покрытия в центре металлизационного пятна, наносимого за один выстрел, зависит от дозы порошка, подаваемого в ствол, и обычно составляет 8 - 20 мкм при площади покрытия 4 - 6 см². При напылении самофлюсующимися сплавами обычно применяют порошки с диаметром частиц 7 - 70 мкм. Шероховатость после нанесения детонационных покрытий составляет, как правило, Ra = 3 : 4 мкм.

8.3 Плазменное напыление

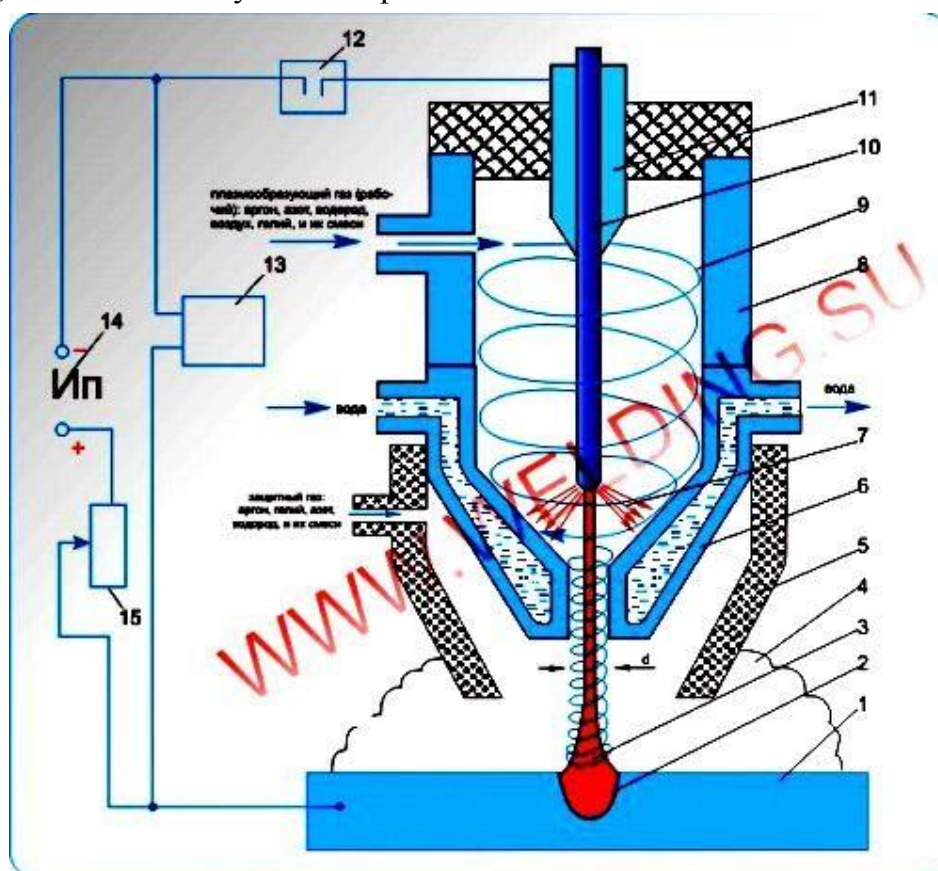
Для нанесения покрытий *методом плазменного напыления* применяются специальные плазменные горелки и мощные электрические генераторы. Температура плазмы достигает 15000 С.

Этот метод позволяет получать покрытия из таких тугоплавких материалов, как вольфрам, молибден, тугоплавкие соединения интерметаллов, керамики.

При плазменном напылении покрытий для расплавления и переноса порошка на восстанавливаемую (упрочняемую) поверхность детали используют тепловые и динамические свойства плазменной струи.

Плазменное напыление основано на способности газов при определенных условиях переходит в состояние плазмы, которая представляет собой ионизированный поток газа при высоких температурах. Наиболее высокую температуру (15 000—30 000 С) имеет аргоновая плазма. При возбуждении электрической дуги газ, подведенный в зону горения дуги, ионизируется под

влиянием высокой температуры, повышенного давления газов и термоэмиссии электронов с поверхности катода. Наряду с положительно и отрицательно заряженными ионами в газе содержатся электроны и нейтральные атомы, при столкновении которых процесс ионизации активизируется. Плазма обладает высокой электрической проводимостью, поэтому напряжение в струе плазмы низкое, а сила тока большая. Высокая электропроводимость плазмы способствует образованию вокруг нее значительного магнитного поля. Магнитные силовые линии заставляют плазму сжиматься, в результате чего она вытягивается и принимает форму шнура. Скорость потока плазмы достигает на выходе из сопла 9000 м/с, а у газовой горелки, т.е. 90 м/с. Плазмообразующий газ, не содержащий кислорода, позволяет получать покрытия без окислов.



- 1 - основной металл (изделие); 2 - сварочная ванна; 3 - сжатая дуга (струя);
 4 - защитный газ; 5 – защитное сопло горелки; 6 - рабочее сопло горелки; 7 – дежурная малоамперная дуга (вспомогательная); 8 - корпус горелки для плазменной сварки; 9 - рабочая ионизационная камера; 10 - вольфрамовый электрод; 11 - токоподводящий мунштук (цанга); 12 - аппаратура управления; 13 – осциллятор; 14 - источник питания дуги;
 15 - реостат для изменения силы тока в дуге

Рис. 8.3 – Схема работы плазматрона

Устройство плазмотрона для напыления порошкообразного материала схематически представлено на рис. 8.3. Для зажигания электрической дуги используют высокочастотную искру от включенного в цепь осциллятора или проводят кратковременное замыкание электродов горелки при помощи графитового стержня. Одновременно подают плазмообразующий газ, а после образования плазмы — напыляемый порошок.

В качестве плазмообразующего газа наиболее широко используют аргон, азот или их смеси. Использование аргона (помимо его значительной стоимости и дефицитности) не обеспечивает достаточной эффективности и производительности процесса из-за низкого коэффициента теплоотдачи от плазмы к частицам, малой длины плазменной струи и значительного перепада температуры по сечению струи. Это ухудшает плавление частиц напыляемого материала, и, как следствие, снижается качество нанесенных покрытий.

Перспективным направлением в области плазменных покрытий является использование в качестве плазмообразующего газа воздуха или его смеси с другими газами. Применение воздуха позволяет повысить стабильность и длительность непрерывной работы плазмотрона. Одновременно с этим наблюдается стабилизация тока и процесса в целом, что в конечном итоге позволяет получать покрытия более высокого качества.

Свойства покрытий зависят от температуры нагрева и скорости полета частиц в момент контакта с подложкой. Более высокие скорости полета частиц порошка и температура его нагрева в струе плазмы обеспечивают более высокие, чем при ранее рассмотренных способах напыления, физико-механические свойства покрытия и более высокую степень его сцепления с поверхностью детали. Кроме того, процесс плазменного напыления обладает высокой производительностью, возможностью использования для покрытий широкой гаммы материалов, большим коэффициентом напыления (до 95 %) и возможностью полной автоматизации процесса.

При плазменном напылении в качестве материалов для покрытий используют порошкообразные сплавы и проволоку. Наиболее часто для напыления используют износостойкие порошковые сплавы на основе никеля или на основе железа с высоким содержанием углерода. Такие сплавы обладают высокими технологическими и служебными свойствами. Порошкообразные сплавы на основе никеля марки ПГ-ХН80СР2, ПГ-ХН80СР3 и др. обладают такими ценными свойствами, как низкая температура плавления (950—1050 °С), хорошая жидкотекучесть, возможность управления твердостью в широком диапазоне НКС 35;—60, наличие свойств самофлюсования. Однако такие сплавы имеют высокую

стоимость. К недостаткам сплавов на основе железа следует отнести их более высокую температуру плавления (1250— 1300 С) и отсутствие свойств к самофлюсованию.

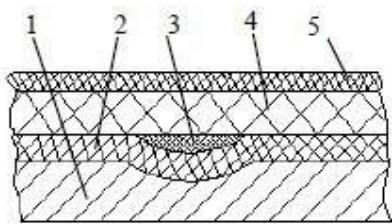
Плазменным напылением можно наносить защитные тепловые покрытия из керамических материалов (оксид алюминия ГА85 или ГА8, двуоксид циркония ПЦП-90 и пр.) на днище поршня и головку блока цилиндров.

Подготовка поверхности перед напылением не отличается от описанной ранее подготовки в разделе газопламенное напыление.

8.4 Восстановление лакокрасочных покрытий

Защита с помощью лакокрасочных покрытий (ЛКП) - основной способ защиты деталей от коррозии. Как правило, применяются многослойные (до 7 слоев) ЛКП.

Материалы, используемые для создания ЛКП, в зависимости от назначения, подразделяются на грунтовки, шпатлевки, лаки и краски. Грунтовки предназначены для нанесения в качестве первых слоев, поэтому они должны обладать хорошей адгезией. Шпатлевки, предназначенные для выравнивания неровностей поверхности, должны иметь высокую вязкость. Они, как правило, наносятся на предварительно загрунтованную поверхность. Лаки и краски используются в качестве верхних слоев ЛКП. Краски придают покрытию требуемые эксплуатационные и декоративные свойства. Лаки предназначены для защиты красок (рис. 8.4).



1 – деталь; 2 – грунт; 3 – шпатлевка; 4 – основное ЛКП; 5 – лак

Рис. 8.4 – Структура защитного ЛКП

Нанесению ЛКП предшествуют операции по подготовке окрашиваемых поверхностей: удаление остатков старого ЛКП, всевозможных загрязнений, промывка и сушка. Местные деформации выравниваются с помощью шпатлевки.

Шпатлевки наносятся вручную с помощью шпателей, которые представляют собой упругие пластины из металла, дерева, текстолита или резины. В зависимости от глубины дефекта шпатлевка наносится в несколько слоев с выдержкой после нанесения каждого слоя для его высыхания. Каждый слой после высыхания тщательно зачищается шкуркой, промывается и высушивается.

На подготовленную таким образом поверхность последовательно наносятся слои грунта и основного ЛКП. При этом используются пневматические или безвоздушные (гидродинамические) краскораспылители. В безвоздушных краскораспылителях распыление достигается за счет подачи лакокрасочных материалов под давлением. В тех случаях, когда ЛКП наносится на участки, не доступные для распыления, применяются ручные кисти.

Значительную часть всего времени нанесения ЛКП – до 90% -составляет время сушки, которая необходима после нанесения каждого слоя покрытия. Сокращение времени сушки достигается за счет применения подогрева (в камерах-сушилках, инфракрасным облучением и т.п.).

Работы по нанесению ЛКП выполняются в специальных помещениях или участках цехов, оснащенных мощными системами вентиляции. Окраска краскораспылителями должна производиться в специальных кабинах. В процессе сушки при нанесении ЛКП выделяется до 80% от веса краски вредных и взрывоопасных растворителей. Поэтому должны строго соблюдаться меры безопасности для предохранения персонала от отравления парами лакокрасочных материалов, поражения кожи, а также требования противопожарной безопасности.

ЛЕКЦИЯ 9

Сборка и испытания летательного аппарата и авиационного двигателя после ремонта

9.1 Сборка самолетов после ремонта

Сборка и монтаж ЛА подразделяются на узловую сборку, агрегатную сборку и общую сборку (монтаж).

Узловая сборка предусматривает соединение отдельных деталей в узлы агрегатов, конструктивных элементов; *агрегатная сборка* - соединение узлов и деталей для компоновки агрегата, прибора, механизма и т.д., *общая сборка (монтаж)* - навеску, установку и соединение всех агрегатов систем, отдельных конструктивных элементов, узлов и деталей на планере ЛА.

На всех этапах сборки выполняется контроль всех составляющих объектов, проверка и регулировка, а нередко и испытание собранного объекта или изделия в целом. Практически все агрегаты подвергаются испытаниям после сборки.

Примерами узловой сборки могут служить сборка тормоза колеса шасси, тяги с подшипником системы управления, фильтрующих элементов фильтра и т.д.; агрегатной сборки - сборка стойки шасси, штурвальной колонки и т.д.; общей сборки - навеска крыльев, хвостового оперения, силовых установок, установка шасси и всех систем ЛА.

Узловая сборка агрегатов и систем производится в цехе ремонта агрегатов.

Общая сборка ЛА - завершающий этап его ремонта. Она включает в себя:

- установку на неразборную часть планера узлов, снятых при разборке: отъемных частей крыла, шасси, СУ, рулей, закрылков, элеронов, средств механизации крыла;
- монтаж агрегатов всех систем;
- стыковку трубопроводов, коммуникаций и проводок управления;
- регулировку и испытания систем.

Общая сборка ЛА производится в доках, оснащенных всеми инженерными коммуникациями (связью, электроэнергией, сжатым воздухом и т.д.) и обеспечивающих возможность ведения работ максимально широким фронтом.

На каждом этапе технологического процесса сборки и монтажа ЛА производится проверка полноты и качества работ.

В ходе общей сборки с помощью специальных передвижных или стационарных стендов производятся испытания и регулировка выходных параметров систем. Каждая система проверяется на работоспособность. Все это позволяет сократить объем и продолжительность последующих испытаний ЛА.

После завершения сборки ЛА окрашивается, испытывается на герметичность, подвергается нивелировке и взвешиванию. Нивелировка проводится с целью проверки геометрических характеристик ЛА после ремонта. Взвешивание производится на специальных гидравлических или электронных весах, на площадки которых закатываются ЛА. В ходе взвешивания с высокой точностью (до 10 кг) определяется масса ЛА и положение его центра тяжести, которые могли измениться по сравнению с паспортными данными завода-изготовителя в результате проведения ремонта и доработок. Масса ЛА может быть также определена путем установки специальных датчиков на амортизаторы (некоторые самолеты оснащены встроенной системой контроля массы и центровки). После завершения всех работ по сборке ЛА принимается комплексной бригадой ОТК, в состав которой включаются специалисты по всем системам. Комиссия проверяет полноту и качество проведения ремонтных, сборочных и регулировочных работ, правильность оформления технической документации (дело ремонта, формуляры и паспорта, карты выполнения доработок и т.д.). Все недостатки, выявленные в ходе проверки, фиксируются в специальном журнале и предъявляются для устранения. После этого оформляется акт приемки качества, и ЛА передается на заводскую летно-испытательную станцию (ЛИС) для проведения наземных и летных испытаний.

9.2 Наземные и летные испытания самолетов

После прибытия самолета на ЛИС его системы заправляются авиаГСМ, специальными жидкостями и газами. Затем производится осмотр по специальному регламенту.

Программа наземных испытаний предусматривает комплексную проверку всех систем самолета с использованием специальных наземных стендов, а также при работающих двигателях. В ходе рулежки

проверяется работа системы управления поворотом передней стойки шасси, тормозов колес.

При наземных испытаниях проводится также списание девиации магнитных радиокompасов, проверяется работа радиооборудования.

Результаты наземных испытаний оформляются специальным протоколом, после чего самолет допускается к летным испытаниям.

Подготовка к летным испытаниям выполняется техническими бригадами ЛИС. После проверки комиссией по летным испытаниям технического состояния ЛА и технической документации оформляется задание на полет.

ЛА перед испытаниями загружается балластом до необходимой массы (в соответствии с программой испытаний) с соблюдением центровки.

Программой летных испытаний устанавливаются профиль полета, продолжительность и режимы для каждого этапа полета, перечень измеряемых параметров. В ходе летных испытаний проводятся контрольный полет и испытательный полет.

Если контрольный полет прошел без замечаний, то допускается без посадки перейти к выполнению программы испытательного полета.

Контрольный полет выполняется в районе аэродрома по кругу на высоте около 1000 м, в ходе этого полета проверяется устойчивость и управляемость самолета, работа двигателей и основных самолетных систем.

Испытательный полет выполняется по ступенчатому профилю. Во время этого полета проверяются взлетно-посадочные характеристики самолета, его поведение при наборе высоты, снижении, разворотах, на различной высоте и скорости, работа системы уборки и выпуска шасси, средств механизации, крыла, работа радиоэлектронного и приборного оборудования.

В ходе полета члены испытательной комиссии фиксируют измеряемые параметры. Широко применяются также различные устройства автоматической регистрации параметров.

После окончания испытательного полета результаты испытаний оформляются специальным протоколом, в котором делается заключение о пригодности самолета к дальнейшей эксплуатации. Протокол прилагается к “Делу ремонта самолета”. В формуляр и свидетельство о летной годности самолета вносятся соответствующие записи, которые скрепляются печатью завода.

9.3 Сборка авиационных двигателей после ремонта

Сборка авиадвигателей - заключительный и весьма ответственный этап ремонта. Качественно выполненная сборка обеспечивает требуемые рабочие параметры и надежность двигателя в эксплуатации.

По виду объекта сборки различают узловую и общую сборку авиадвигателей.

Сборка узлов выполняется непосредственно на поточных линиях ремонта узлов. Результатом узловой сборки являются технологические узлы и модули.

На узловую сборку поступают отремонтированные и новые детали, крепежные детали, арматура и обязательнозаменяемые детали. Из агрегатного и приборного цехов поступают отдельные агрегаты и приборы, устанавливаемые на корпусах узлов.

Вначале выполняются операции по подготовке к сборке: комплектование всеми необходимыми деталями, проверка отсутствия поверхностных дефектов, контроль наличия меток спаренности, нанесенных при изготовлении или ремонте и т.п. Из отдельных деталей вначале образуются соединения, а затем узлы. Сборка узлов производится по базовому элементу, в качестве которого чаще всего принимается корпус. Сборка узла осуществляется по специальной технологии, которая предусматривает определенные виды испытаний и регулировки.

Собранные узлы, подузлы и агрегаты вместе с комплектом документации на ремонт с отдельных поточных линий поступают на общую сборку. Сюда же из комплектовки поступают отдельные детали и необходимые материалы (прокладки, специальные смазки и т.п.).

На авиаремонтных заводах общая сборка двигателей чаще всего осуществляется поточно-стендовым методом. Он предполагает расчленение всей сборки на ряд крупных операций, каждая из которых выполняется одной бригадой на своем рабочем месте (посту). При этом если речь идет о средних по размерам и мощности двигателях, то они перемещаются от одного поста к другому вместе со стендом. Крупногабаритные двигатели собираются на неподвижных стендах-доках, а исполнители-сборщики перемещаются от стенда к стенду.

Базовым элементом, на который “наращиваются” остальные узлы, обычно является компрессор или камера сгорания, которые подаются на общую сборку в собранном виде. Вначале двигатель собирается в вертикальном положении. После монтажа основных узлов и агрегатов обвязки двигатель переводится в горизонтальное положение. При таком положении завершаются все работы по сборке двигателя.

Собранный двигатель с помощью специальной установки прокачивается горячим маслом для заполнения всех маслоканалов и зазоров между трущимися деталями. Прокачка производится до тех пор, пока масляные фильтры установки и двигателя не станут чистыми. С помощью специальных стендов осуществляется также проверка работы и регулировка элементов автоматики двигателей, что позволяет сократить продолжительность последующих испытаний на МИС.

Собранный двигатель испытывается на герметичность путем создания избыточного давления воздуха в его внутренних полостях и системах. Течи выявляются с помощью мыльного раствора, которым покрываются все разъемы трубопроводов и корпусных деталей. Перед отправкой на испытания двигатель взвешивается с помощью специальных приспособлений, и определяются его габариты. В заключение проводится окончательный контроль двигателя, в ходе которого проверяется качество сборки, легкость вращения роторов, полнота и правильность оформления всей документации.

9.4 Методы сборки, обеспечивающие заданную точность

Технологический процесс сборки является завершающим и наиболее ответственным этапом производственного цикла изготовления или ремонта двигателей, как и многих других машин.

Эксплуатационные характеристики изделия, показатели надежности и экономичности в значительной степени определяются уровнем технологии сборки и ее качеством.

Процесс сборки характеризуется многообразием форм требований:

- разнообразие выходных параметров (геометрических, кинематических, весовых и др.;
- необходимость сохранения физических свойств материалов (деформации деталей, контактные напряжения, ползучесть и старение материалов и др.), что затрудняет расчеты и требует учета их при сборке;
- многообразие рабочих движений затрудняет автоматизацию сборочных работ.

В то же время трудоемкость сборки составляет в среднем 25 ... 35% от общей трудоемкости изготовления изделия.

По определению технологический процесс сборки представляет собой процесс соединения взаимоориентируемых составных частей изделия, осуществляемый в определенной последовательности различными способами

(свинчивание, запрессовка, сварка, пайка, клепка и т.п.). В соответствии с этим различают сборочные соединения: резьбовые, сварные, прессовые, подвижные с зазором, клепаные.

Значительное место в процессе общей сборки отводится подготовке к сборке: комплектация деталей и узлов на сборку, входной контроль параметров, дефектация, промывка и т.д.

Сборка узлов может осуществляться в отдельных цехах производящего завода (механосборочные цеха ротора компрессора, статора компрессора, камеры сгорания, шасси, центроплана, отъемной части крыла, оперения и др.).

Общая сборка ведется в специализированном сборочном цехе.

Сборочные единицы, собираемые независимо друг от друга на различных участках или цехах и участвующие в дальнейшей общей сборке как самостоятельное целое называют технологическими сборочными единицами. Это позволяет специализировать цехи и участки, рационально использовать оборудование и оснастку, квалификацию исполнителей.

С увеличением числа технологических сборочных единиц улучшается технологичность сборочных единиц, улучшается технологичность конструкции, упрощается производство, ремонт и техническое обслуживание в эксплуатации. Модульные схемы конструкции изделия закладываются при проектировании и считаются наиболее перспективными.

Важное место при сборке отводится выбору или назначению базовых поверхностей и базовых деталей.

9.4.1 Точность сборки

Точность сборки есть степень соответствия действительных значений параметров, получаемых при сборке, значениям, заданным конструктором изделия и оговоренных в рабочих чертежах.

Каждый сборочный параметр задается не однозначно, а двумя допустимыми предельными значениями, разность которых представляет собой допустимую погрешность (допуск по этому параметру).

Например, конструктор в подвижном соединении деталей задал диаметр

$$\Phi 50 \frac{H_8}{d_8}$$

сочленения . Это означает, что соединение выполнено в системе отверстия по 8 качеству точности. По таблицам допусков находим отклонения размеров вала и отверстия:

$$\Phi_{\text{ВАЛА}} = 50_{-0,115}^{-0,075}; \quad \Phi_{\text{ОТВЕРСТИЯ}} = 50_{+0,05}^{+0,075}.$$

Таким образом, сборочный параметр подвижного соединения – зазор Δ – может быть выполнен технологом при изготовлении в пределах:

$$\Delta = 0,075 \dots 0,165.$$

При этом необходимо иметь ввиду, что в производстве надо обеспечить не только получение требуемой посадки (зазора) при сборке, но и возможность взаимозаменяемости (например, заменить в эксплуатации вал при сохранении детали типа «отверстие»). В этом случае на сборку должны поступать детали «вал» и «отверстие» не только обеспечивающие зазор (он может быть получен и индивидуальной подгонкой) но и выполненные с отклонениями размеров:

$$\Phi_{\text{ВАЛА}} = 49,925^{-0,04}; \quad \Phi_{\text{ОТВЕРСТИЯ}} = 50^{+0,05}$$

В данном примере имеется ввиду, что отклонение размеров (допуск) в технологических расчетах всегда назначается «в тело» детали, т.е. для вала берется максимальный размер, а для отверстия - минимальный размер и по ним исполнитель (производственный рабочий) ведет настройку станка, производственного оборудования. Допуск «в тело» для исполнителя является «запасом» для исправления возможных погрешностей обработки.

В рассмотренном примере требуемая величина зазора получается автоматически, не требуется дополнительных работ по подгонке, однако, имеется ввиду при этом, что на сборку поступают только «годные» детали, т.е. вал и отверстие поступают с указанными выше размерами и их отклонениями.

По этому принципу осуществляется сборка в крупномасштабном (массовом) производстве, построенному по принципу полной взаимозаменяемости, например в автомобилестроении.

Самолето- и двигателестроению присущи характеристики серийного и мелкосерийного производства, где принцип полной взаимозаменяемости экономически не всегда оправдан. В этом случае требуемая точность параметра сборки реализуется на основе расчета размерных цепей (расчета размеров деталей, входящих в сборку).

9.4.2 Сборочные размерные цепи

Сборной размерной цепью называется замкнутая цепь размеров, связывающих поверхности и оси деталей и координирующих их относительное положение в сборочной единице или изделии. Эти цепи могут быть линейными, плоскостными и пространственными.

Линейная размерная цепь строится для сборочных узлов, размеры деталей в которых лежат в одной плоскости и параллельны друг другу. В плоскостной

размерной цепи направления размеров лежат в одной плоскости, но некоторые из них не параллельны.

В пространственной размерной цепи направления размеров собираемых деталей лежат в разных плоскостях под разными углами. Это наблюдается при сборке, например, картеров, имеющих сплошную пространственную конфигурацию.

Плоскостные и пространственные размерные цепи преобразуют в линейные методом «косинусов», при котором все размеры проектируются на направление одного размера с учетом углов взаимного расположения и их допусков. Все размеры, входящие в размерную цепь, называются составляющими звеньями. Одно из звеньев в цепи является замыкающим звеном. В качестве замыкающего звена сборочной (технологической) размерной цепи назначается свободный размер конструкторской размерной цепи. Это, как правило, зазор или натяг, назначенный конструктором из условий

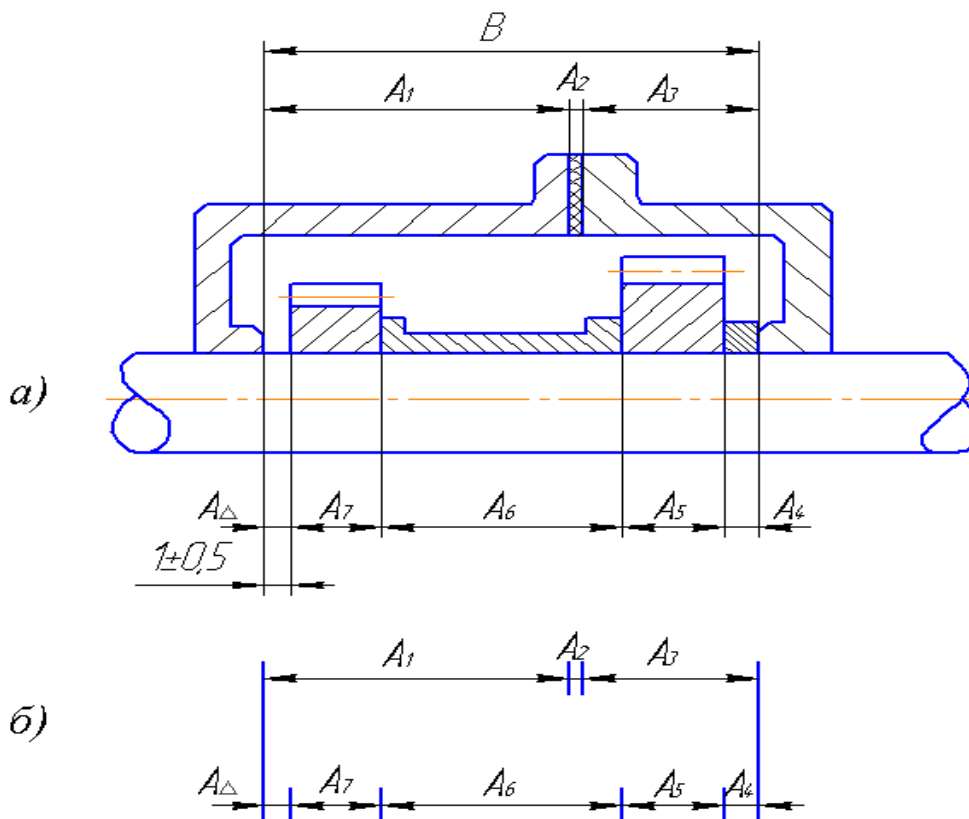


Рис. 9.1 – Схема простановки размеров (а) и построения размерной цепи (б) сборочного узла

функционирования узла. Определение замыкающегося звена является исходным пунктом в построении сборочной размерной цепи. От этого звена проставляются размеры других звеньев. Для обозначения звеньев используются, как правило, буквы $A_1, A_2, A_3 \dots A_i$, замыкающее звено

обозначается обычно A_6 или $A_{зам}$.

Пример построения сборочной размерной цепи показана на рисунке 10.1.

Звенья называются «увеличивающими» если они увеличивают размер замыкающего звена и, наоборот, «уменьшающими», если уменьшают размер замыкающего звена.

9.4.3 Расчет линейных сборочных цепей

Целью расчетов сборочных цепей для технологов, занимающихся производством деталей и сборкой узлов, является определение технологических размеров и их допусков, которые удовлетворяли бы конструкторским технологическим требованиям на чертеже узла.

Для расчета используются несколько методов: метод «минимум-максимум», метод «средних размеров», вероятностный метод.

Расчет цепей по методу «минимум-максимум». В представленной на рисунке 9.1 размерной цепи размер A_6 замыкающего звена и его погрешность δA_6 зависят от размеров A_i и их погрешностей δA_i .

Погрешности звеньев определяются технологическими условиями производства (точность станка, инструмента, деформации от усилий резания и т.п.) и поэтому в готовом виде поступают на сборку с рассеиванием размеров в пределах $A_i \max \dots A_i \min$, причем погрешность

$$\delta A_i = A_i \max - A_i \min$$

ограничена допуском T_i на размер A_i . Этот допуск определяется в проектных, предварительных, технологических расчетах, которые необходимы для выбора условий изготовления деталей. При этом обязательным требованием должно быть:

$$T_i \geq \delta A_i.$$

Другими словами, деталь при изготовлении может быть выполнена и более точно, чем требует расчетный допуск; это не вызовет каких либо затруднений при сборке, однако это экономически не выгодно, т.к. более точное, чем нужно, производство потребует дополнительных затрат.

Расчетный метод «минимум-максимум» предполагает, что на сборку узла поступают детали с крайними значениями размеров A_i . В этом случае замыкающее звено A_6 может иметь два крайних значения размеров $A_6 \max$ и $A_6 \min$. Для размерной цепи, представленной на рисунке 9.1 это будет:

$$A_{\Delta \max} = (A_{1\max} + A_{2\max} + A_{3\max}) - (A_{4\min} + A_{5\min} + A_{6\min} + A_{7\min}) \quad (9.1)$$

$$A_{\Delta \min} = (A_{1\min} + A_{2\min} + A_{3\min}) - (A_{4\max} + A_{5\max} + A_{6\max} + A_{7\max}) \quad (9.2)$$

Погрешность замыкающего звена δA_{Δ} определяется разностью крайних возможных значений:

$$\delta A_{\Delta} = A_{\Delta \max} - A_{\Delta \min}. \quad (9.3)$$

После раскрытия скобок в уравнениях и вычитания можно показать, что

$$\delta A_{\Delta} = \delta A_1 + \delta A_2 + \delta A_3 + \delta A_4 + \delta A_5 + \delta A_6 + \delta A_7 = \sum_{i=1}^n \delta A_i. \quad (9.4)$$

Откуда следует, что погрешность замыкающего звена всегда является суммой погрешностей составляющих звеньев.

Расчет замыкающего звена A_{Δ} по методу «минимум-максимум» сводится к нахождению величин $A_{\Delta \max}$ либо $A_{\Delta \min}$, а также величины погрешности δA_{Δ} . В результате будем иметь:

$$\begin{aligned} A_{\Delta} &= A_{\Delta \min} + \delta A_{\Delta} \\ \text{или} \\ A_{\Delta} &= A_{\Delta \max} - \delta A_{\Delta}. \end{aligned} \quad (9.5)$$

Расчет цепей по методу «средних размеров». Как известно поле допуска в зависимости от вида посадки (сопряжения) может иметь два крайних отклонения. Для рассмотренного примера оно может быть представлено размерами:

$$A_1 = 50^{+0,05},$$

$$A_2 = 50_{-0,115}^{-0,075}.$$

По этому методу поле допуска «располовинивается» и находятся средние размеры:

$$A'_1 = 50,025 \pm 0,025;$$

$$A'_2 = 49,905 \pm 0,02.$$

На основе средних значений размеров находится средний размер замыкающего звена – средний размер зазора в данном примере:

$$A'_{\Delta \text{ ср}} = 50,025 - 49,905 = 0,12.$$

Погрешность замыкающего звена представляется в данном случае как

симметричное поле отклонений:

$$A'_6 = A'_{6\text{ ср}} \pm \delta A'_{6\text{ ср}}$$

или

$$A'_6 = 0,12 \quad 0,045.$$

Верхнее и нижнее отклонения замыкающего звена находятся соответственно суммированием верхних и нижних отклонений составляющих звеньев.

Вероятностный метод расчета размерных цепей в данном пособии не рассматривается.

9.4.4 Методы сборки, обеспечивающие заданную точность

Метод полной взаимозаменяемости. Этот метод предполагает, что на сборку поступают партии деталей, любая из которых может быть поставлена в сборочный узел без подгонок и доработок. Очевидным условием такой сборки является:

$$T_{\Delta} \geq \sum_{i=1}^n \delta A_i \quad \text{или} \quad \delta A_{\Delta} \leq T_{\Delta}, \quad (9.6)$$

т.е. сумма погрешностей составляющих звеньев меньше или равна допуску на замыкающее звено. Это, как правило, конструкторский допуск на свободный размер. Используя принцип «равных влияний», т.е. предполагая одинаковыми погрешности составляющих звеньев, находится допустимая погрешность отдельно взятого составляющего звена:

$$\delta A_i = \frac{T_{\Delta}}{n}. \quad (9.7)$$

Например, при допуске на размер $T_{\Delta} = 0,05$ погрешности составляющих звеньев для узла из 6 деталей будут очень малыми

$$\delta A_i = \frac{0,05}{6} = 0,0083$$

что при изготовлении их потребует серьезных затрат. Для увеличения допустимой погрешности рекомендуется использовать принцип «кратчайшего пути», путем уменьшения количества деталей в узле. Например, для представленной на рисунке 9.1 схемы возможно соединить шестерни и

проставку между ними в одну деталь. Количество звеньев уменьшится и допустимая погрешность станет больше. Однако это ведет к конструктивным усложнениям, удорожает оснастку и т.п.

После нахождения средних значений погрешностей они могут быть скорректированы: деталь больших линейных размеров может иметь большую погрешность и наоборот. Однако коррекция не должна нарушать условие (9.6).

Метод полной взаимозаменяемости получил широкое распространение при сборке в условиях массового производства.

Примечание. Условиями сборки при полной взаимозаменяемости и в других методах, которые будут рассмотрены ниже, должен быть учтен не только допуск T_{Δ} , но и значения $A_i \max$ или $A_i \min$ и их положение относительно поля допуска. Это учитывается при нахождении линейных размеров деталей, входящих в сборочную единицу. В данных методических указаниях в целях упрощения расчет линейных размеров сборной цепи не рассматривается.

Метод частичной взаимозаменяемости. В связи с высокой стоимостью производства при сборке по методу «полной взаимозаменяемости» на практике получим применение метод, когда детали узла изготавливаются с расширенным допуском (повышенной погрешностью так, что получается:

$$T_{\Delta} < \sum_{i=1}^n 6A_i$$

Строго говоря, такое производство деталей делает сборку невозможной, однако имеется ввиду что в партии каждой из деталей имеется рассеяние размеров, которое в силу действия случайных факторов имеет вероятностный характер (рассеянии по нормальному закону Гаусса, линейному закону Симпсона и др.) с центром группирования в близи среднего значения размера (рисунок 9.2). В поле допуска 6τ (τ - среднеквадратичное отклонение размера) укладывается 99,99% всех деталей в партии. Если говорить, что в поле допуска 4τ (95,4% всех деталей) укладываются размеры деталей, которые могут собираться в узле по принципу полной взаимозаменяемости, то 4,6% деталей окажутся браком.

Расчет допустимых погрешностей составляющих звеньев размерной цепи при «равном влиянии» всех звеньев учитывает коэффициент риска t , который определяется приемлемым процентом брака $P, \%$. Задаваясь P по графику на рисунке 9.3 находят значение t . Допустимая погрешность составляющих звеньев размерной находится по формуле:

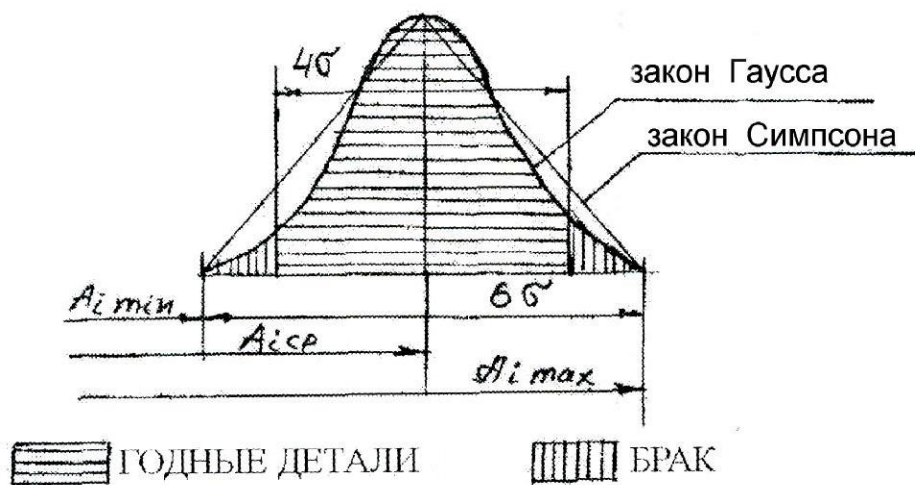


Рис. 9.2 – Рассеяние размеров деталей

$$6A_i = \frac{T_{\Delta}}{t \sqrt{Z \cdot n}}, \quad (9.8)$$

где λ - коэффициент формы кривой рассеяния. В расчетах принимается:

$Z = \frac{1}{9}$ - закон нормального распределения Гаусса;

$Z = \frac{1}{6}$ - закон рассеяния размеров Симпсона.

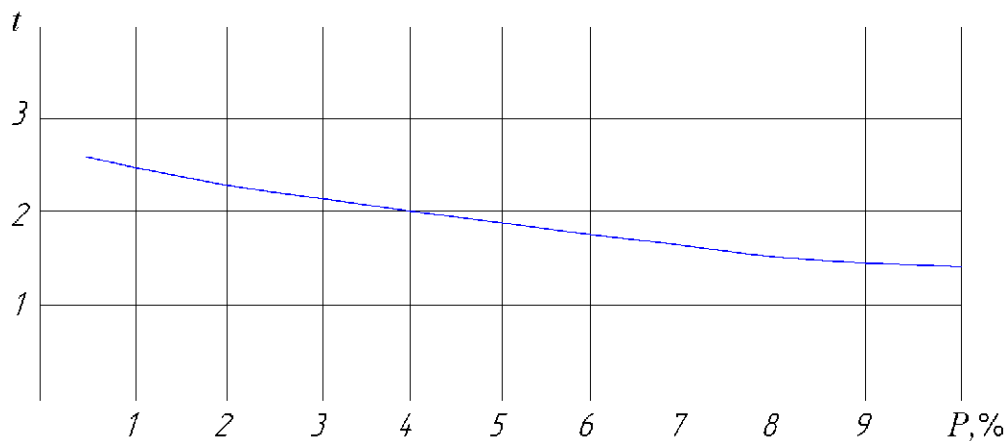


Рис. 9.3 – Зависимость риска t от вероятности брака P

Для рассмотрения выше численного примера, где $T_{\Delta} = 0,05$; $n = 6$ при $P =$

4,6% и, соответственно, $t = 2$ и для закона рассеяния Гаусса $Z = \frac{1}{9}$ находим:

$$\delta A_i = \frac{0,05}{2\sqrt{\frac{1}{9} \cdot 6}} = 0,031$$

Сравнивая с погрешностью составляющего звена по методу «полной взаимозаменяемости» $\delta A_i = 0,0083$ получим примерно в четыре раза большую допустимую погрешность, что удешевляет производство и компенсирует затраты на брак 4,6% от всех деталей.

Метод компенсации. При этом методе детали, входящие в сборочный узел изготавливаются с еще более широкими допусками на размеры составляющих звеньев так, что условно можно записать:

$$T_{\Delta} \ll \sum_{i=1}^n \delta A_i$$

В этом случае для обеспечения сборки с заданной точностью замыкающего звена одно из составляющих звеньев выполняется с расширенным полем допуска. Причем изготавливается несколько штук этого компенсирующего звена A_k с размерами в пределах расширенного допуска

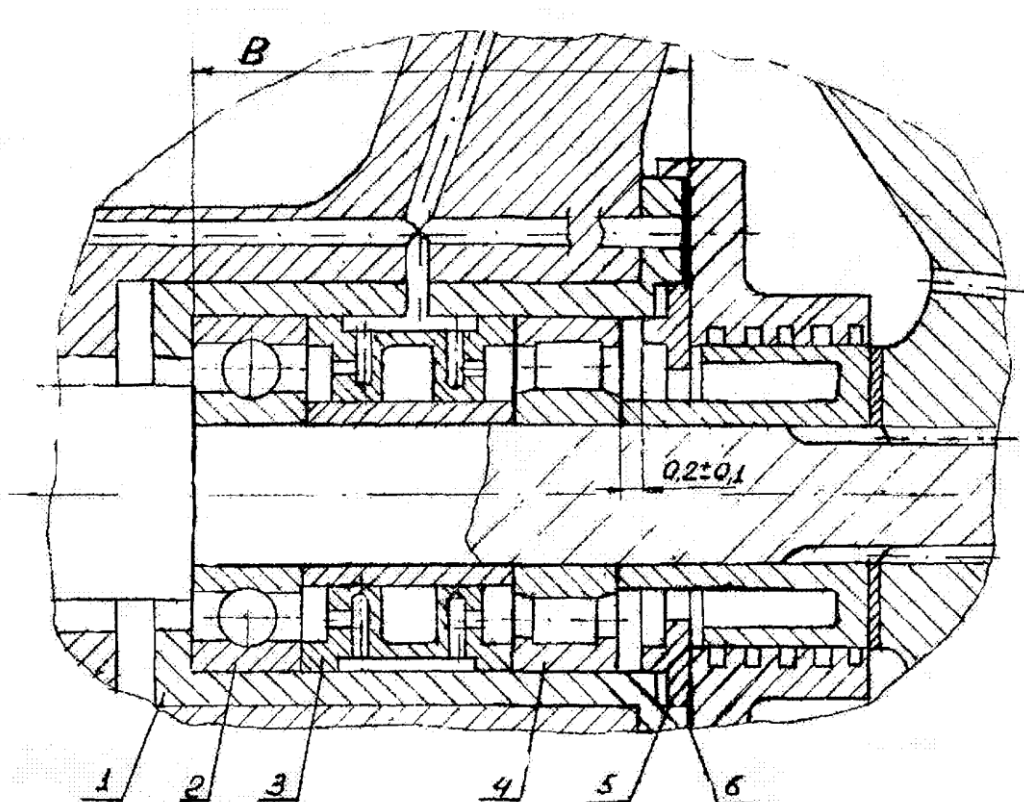
$$\delta A_k = A_k \max - A_k \min ,$$

который находится из условия:

$$\delta A_k = \sum_{i=1}^n \delta A_i - T_{\Delta} \quad (9.9)$$

Метод значительно удешевляет производство (изготовление) деталей. Однако, при этом необходимо иметь достаточно большой комплект деталей – компенсаторов и, главное, выполнять «ложную сборку», в результате которой определяется фактическая погрешность замыкающего звена и подбирается из комплекта деталь-компенсатор, при установке которой обеспечивается условие сборки.

На рисунке 9.4 представлена схема узла опоры ротора ГТД-16, где компенсирующим звеном является кольцо 5. На участке сборки с разными размерами по толщине. Такая сборка узла требует индивидуального метода при выполнении ремонтных и эксплуатационных работ.



1 – стакан; 2,4 – подшипники; 3 – форсунка; 5 – кольцо компенсации;
6 – медная прокладка

Рис. 9.4 – Схема узла передней опоры ротора двигателя ГТД-16

Метод доработки (метод приработки). Во многом этот метод похож на предыдущий. Детали поступают на сборку с увеличенными погрешностями так, что

$$T_{\Delta} \ll \sum_{i=1}^n 6A_i$$

Одна из деталей (звено) имеет увеличенный размер и непосредственно на участке сборки дорабатывается. Это должно быть звено, увеличивающее размерную цепь. Величина приработки ПР находится из условия

$$\sum_{i=1}^n 6A_i - T_{\Delta} = ПР$$

Например, при сборке двигателей Аи-20, требуемый радиальный зазор по лопаткам турбины устанавливался протачиванием металлокерамических вставок уплотнительного кольца после предварительной сборки и промеров.

Объем работ по доработке заранее нельзя определить, снижается культура производства, что является существенным недостатком при значительном

удешевлении изготовления деталей.

Метод регулирования. Этот метод обеспечения точности замыкающего звена также близок к двум рассмотренным выше. Одно из составляющих звеньев размерной цепи конструктивно выполнено так, что можно изменять его размер (плавно) без каких либо доработок. Это может быть, например, установленная в корпус втулка, имеющая в центре эксцентричную расточку. При повороте втулки в корпусе смещается положение оси вала, установленного в расточку, относительно оси корпуса.

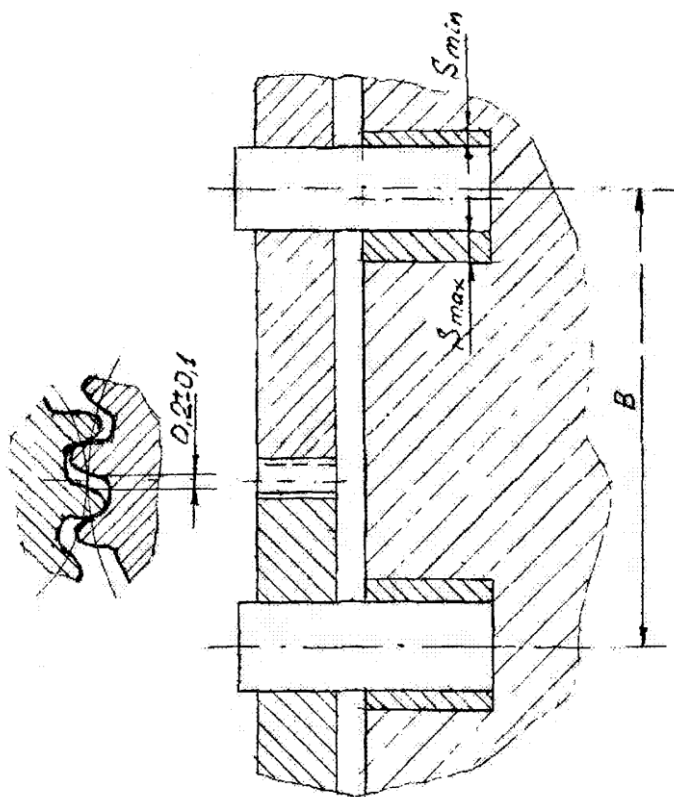


Рис. 9. 5 – Схема привода механизма газораспределения двигателя АШ – 62ИР

Так конструктивно выполнен узел цилиндрических шестерен привода кулачковой шайбы механизма газораспределения поршневого двигателя АШ-62ИР, устанавливаемого на самолете Ан-2. Для установления заданного зазора в зацеплении шестерен межосевое расстояние шестерен изменяется поворотом эксцентричной втулки вала одной из шестерен. Упрощенная схема узла привода механизма газораспределения представлена на рисунке 9.5. В этом случае

$$T_{\Delta} \ll \sum_{i=1}^n \delta A_i$$

Для обеспечения зазора в зацеплении с заданным допуском при расширенных допусках на изготовление составляющих звеньев необходимо выполнить условие:

$${}_{\Delta}R = \sum_{i=1}^n \delta A_i - T_{\Delta}$$

Величина ${}_{\Delta}R$ является регулирующим (компенсирующим) звеном размерной цепи и в данном примере является результатом разностенного толщин стенки S эксцентричной втулки

$${}_{\Delta}R = S_{\max} - S_{\min}$$

Метод позволяет компенсировать значительные погрешности отдельных звеньев, например, разметку осей отверстий в корпусе под сверление отверстий для установки втулок. Однако, для обеспечения зазора в зацеплении с заданным допуском необходимо выполнять предварительную «ложную» сборку с измерением фактического зазора с последующим регулированием его соответствующим поворотом эксцентричной втулки и окончательной сборки. Конструктивно узел усложняется, цикл сборки увеличивается.

9.4.5 Неоднородные сборочные погрешности

Процесс сборки не следует рассматривать как простое «складывание» деталей в узле. При сборке и затяжке гаек прикладываются усилия, обеспечивающие герметичность стыков, не раскрытие соединений деталей, необходимые при работе узла с реальными нагрузками эксплуатации. Вследствие податливости материала деталей возникают упругие (иногда пластические) деформации, которые влияют на величину замыкающего звена (зазора) в соединении деталей. Например, при сборке шестеренчатого насоса величина бокового зазора шестерен зависит от условий затяжки двух половин корпуса. Как правило, в стыке половины стоит прокладка. При малом усилии затяжки возможны течь по стыку и большие внутренние перетекания с выхода на вход в насос. При большом усилии затяжки возможно заклинивание шестерен в корпусе. Деформация прокладки выступает в данном случае в роли дополнительной погрешности размерной цепи помимо погрешности толщины

самой прокладки. Эта дополнительная погрешность считается неоднородной, т.к. зависит от усилий при сборке и материале прокладки.

Предполагая, что усилия в стыке прокладки находятся в пределах упругих деформаций материала прокладки можно получить:

$$\Delta\Pi = \frac{\Pi \cdot Q_3}{E_n \cdot F_n}, \quad (9.10)$$

где Π – толщина прокладки;

E_n - модуль упругости прокладки;

F_n - площадь прокладки (площадь стыка);

Q_3 - усилие затяжки стыка.

В качестве прокладки используются различные материалы: резина, фибра, фторопласт, поранит, отожженная медь и др. Выбор материала прокладки определяется удельным давлением в стыке δn , которое должно быть больше давления среды P_c на величину прокладочного коэффициента m :

$$\delta n = m \cdot P_c.$$

Прокладочный коэффициент зависит от текучести среды: $m \sim 1,5$ для масляных сред и $m \sim 2,5$ для керосина. Кроме того, из условий обжатия прокладки необходимо обеспечить:

$$\delta n_{min} < \delta n < \delta n_{max}.$$

Значения δn_{min} и δn_{max} даются в специальных справочниках для различных материалов.

ЛЕКЦИЯ 10

Перспективы развития организации ремонта авиационной техники

В связи с поступлением на эксплуатацию воздушных судов нового поколения, таких как ИЛ-96-300, ТУ-204 и др., на которых не предусмотрено выполнение капитальных ремонтов, в целях совершенствования технического обслуживания и ремонта авиационной техники, создания условий для более высокого уровня поддержания летной годности воздушных судов Министерство транспорта РФ утвердило распоряжение от 20.05.02 г. по созданию Центров технического обслуживания и ремонта авиационной техники (Центр ТОиР АТ).

Центром технического обслуживания и ремонта авиационной техники может являться организация по ТОиР АТ, способная выполнять все виды технического обслуживания, определенные организационно-распорядительной документацией конкретных типов воздушных судов, доработки по бюллетеням промышленности, полный комплекс или отдельные элементы капитального ремонта (для ВС, где предусмотрен капитальный ремонт), а также соответствующая основным признакам, присущим только Центру ТОиР АТ.

Основными признаками Центра ТОиР являются:

а) наличие собственных ангаров (отапливаемых в холодной климатической зоне), мест стоянок, газовочных площадок, необходимого количества производственных, вспомогательных площадей для размещения лабораторий по обслуживанию и ремонту АиРЭО, лабораторий неразрушающего контроля, технической диагностики, метрологических проверок, других лабораторий, ремонтных мастерских, участков подготовки производства, хранения материалов и комплектующих изделий, административных помещений. Центры ТОиР АТ оснащаются достаточным количеством требуемого оборудования, приспособлений, инструмента, измерительной техники и должны иметь развитую систему внутренней и внешней связи, современные средства документирования выполняемых работ. Производственный процесс ориентируется на применение компьютерных технологий;

б) способность выполнять в соответствии с заключенными договорами между Центром ТОиР и заинтересованными организациями следующие работы:

- сопровождение эксплуатации конкретных экземпляров ВС, включая учет наработки; ведение пономерной документации, ведение “дела” технического состояния воздушных судов; проверки технического состояния ВС между периодическими формами технического обслуживания; оказание помощи в организации выполнения технического обслуживания; технологическое и метрологическое

- сопровождение;
- выполнение работ на авиационной технике при продлении межремонтных, назначенных ресурсов и сроков службы;
 - работы, связанные с изменением методов технической эксплуатации, стратегий технического обслуживания и ремонта ВС (их компонентов), проводимые по согласованию с разработчиком, изготовителем авиационной техники, научно-исследовательскими организациями;
 - взаимодействие на постоянной основе с научно-исследовательскими организациями, Государственным центром “Безопасность полетов на воздушном транспорте” в части использования отраслевой информации по надежности АТ, ресурсам и срокам службы, передового опыта по техническому обслуживанию и ремонту воздушных судов;
 - формирование на своей базе постоянно действующих представительств разработчика и изготовителя авиационной техники по сопровождению со стороны промышленности процессов технического обслуживания и ремонта конкретных типов ВС, авиационных двигателей, комплектующих изделий;
 - контроль качества со стороны Центра ТОиР АТ за выполняемыми работами привлеченных исполнителей.

Приоритетными задачами Центров ТОиР АТ являются:

- внедрение системы поддержания летной годности с проведением всех видов технического обслуживания, отдельных видов ремонта, доработок, продления ресурсов и сроков службы конкретных типов ВС в условиях одной организации;
- совершенствование форм организации и управления производственных процессов ТОиР АТ;
- повышение технической и экономической эффективности за счет использования интегрированных производственных процессов, специализации, увеличения объемов и снижения себестоимости работ;
- разработка совместно с разработчиками и изготовителями авиатехники, заинтересованными эксплуатантами, отраслевыми научно-исследовательскими организациями новых прогрессивных методов, технологий технического обслуживания и ремонта, изменений в регламентах технического обслуживания и руководствах по технической эксплуатации, предложений по повышению надежности парка ВС и изменению ресурсов и сроков службы;
- апробация новых нормативных документов по вопросам технического обслуживания и ремонта авиационной техники;

- создание современной системы ведения “дела” ВС, проходящих техническое обслуживание и ремонт в Центре ТОиР АТ, с целью технической поддержки процессов эксплуатации ВС для авиапредприятий, пользующихся услугами Центра ТОиР АТ;
- создание для эксплуатантов благоприятных условий для заключения договоров по осуществлению квалифицированной технической поддержки со стороны Центра ТОиР АТ на период всего жизненного цикла конкретных воздушных судов.

Центру ТОиР АТ рекомендуется иметь и реализовывать программу своего развития, ориентированную на достижение мирового уровня в деятельности по поддержанию летной годности воздушных судов.

Центр ТОиР АТ, как правило, образуется на основании заявления юридического лица и одобрения комиссией, назначаемой Федеральным агентством воздушного транспорта (ФАВТ) Министерства транспорта Российской Федерации.