

Ремонт летательных аппаратов и авиационных двигателей

Текст лекций

Макин Ю.Н., доктор технических наук, профессор

1. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ЛА И АД

1.1 Ремонтпригодность, виды и системы ремонта

Ремонтпригодность

Любые изделия, в том числе и летательные аппараты, интересуют нас не сами по себе, а с позиции их **качества**- совокупности свойств продукции обуславливающих ее пригодность для удовлетворения определенных потребностей в соответствии с ее назначением. Одним из свойств этой совокупности является понятие **надежности**- свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнить требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования. /8/

В процессе эксплуатации летательных аппаратов техническое состояние их деталей, узлов (сборочных единиц) и агрегатов изменяется в результате необратимых процессов, связанных с воздействием повреждающих факторов (температур, нагрузок, вибраций, термоциклирования и так далее). Следствием этого является появление отказов.

В основе процесса поддержания ЛА в исправном, а, в некоторых случаях, в работоспособном состоянии посредством ремонта, лежит один из показателей качества- **ремонтпригодность** (свойство объекта, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений, поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов.). /8/

История появления потребности в обеспечении ремонтпригодности изделий относится к Верхнему палеолиту (35000-10000 лет до н.э.), который характерен значительными изменениями в технике изготовления кремневых орудий. От исходного ядрища отделяются тонкие кремневые пластины правильной формы с параллельными сторонами. Обработка этих пластин совершенствуется. Сами орудия состоят из тонких пластин, в том числе и в виде геометрических микролитов (треугольники, сегменты, трапеции), **вставляющихся в костяную и деревянную рукоятку. Появляются наборные вкладышевые инструменты. Полотка одного или нескольких вкладышей легко исправлялась их заменой. Это первые свидетельства появления операций сборки, обеспечения ремонтпригодности изделий, и появления примитивных ремонтных технологий.** /9/

К ремонтпригодности относятся следующие свойства изделий:

Контролепригодность, это свойство, характеризующее приспособленность к проведению контроля заданными средствами. Для этих целей в процессе разработки изделия вырабатываются проектные решения с целью обеспечения возможности ранней диагностики начинающихся процессов разрушения с целью предупреждения и обнаружения причин отказов.

Доступность- конструкция и размещение агрегата на ЛА должны обеспечивать удобный доступ к нему при техническом обслуживании для демонтажа самого агрегата или его составных частей с целью ремонта.

Легкосъемность- предполагает возможность быстрого демонтажа агрегатов с использованием простейших приспособлений механизации без чрезмерных усилий в любых погодных условиях.

Взаимозаменяемость- вновь устанавливаемые агрегаты и их части должны быть полностью взаимозаменяемы, то есть они не должны требовать специальной подгонки по месту установки, наладки и настройки объекта после замены.

Для обеспечения безотказности, долговечности и сохраняемости (свойства надежности) в изделие при проектировании и изготовлении закладывается определенный запас работоспособности. По мере эксплуатации заложенные запасы уменьшаются (расходятся). Ремонтпригодность обеспечивает восстанавливаемость израсходованных запасов работоспособности. Для этого в эксплуатации действует система технического обслуживания и ремонта./10/

Необходимость ремонта машин возникла вместе с машиностроением. Обоснование значимости ремонта дал К.Маркс (Маркс К., Энгельс Ф. Соч., изд. 2-е, с. 196.) : "... какой бы совершенной конструкции машина ни вступила в процесс производства, при ее употреблении на практике обнаруживаются недостатки, которые приходится исправлять дополнительным трудом. ... Повреждения, которым подвержены отдельные части машин и т.д., по природе своей случайны, а потому также случаен и обуславливаемый ими ремонт. Однако из массы этих ремонтных работ выделяются два вида, которые имеют более или менее постоянный характер и приходятся на различные периоды жизни основного капитала: болезни детства и несравненно более многочисленные болезни возраста, вышедшего за пределы средней продолжительности жизни. ... речь идет здесь не о возмещении труда, заключающегося в машине, а о постоянном добавочном труде, который становится необходимым вследствие ее употребления. Речь идет здесь не о той работе, которую совершает машина, а о том труде, который прилагается к машине и по отношению к которому она не агент производства, а сырой материал."

Виды ремонта.

Во время текущего ремонта неисправности исправляются заменой или восстановлением поврежденных или быстроизнашиваемых деталей. **При среднем ремонте** восстановление эксплуатационных характеристик производится заменой или восстановлением изношенных или поврежденных деталей с проверкой технического состояния остальных частей изделия с устранением обнаруженных неисправностей. **Капитальный ремонт** заключается в полной разборке и дефектации, в замене или восстановлении всех составных частей изделия, сборки и испытаний.

Организационные системы ремонтов:

планово-предупредительный - изделиям назначаются ресурсы, по их истечении изделия направляются в ремонт независимо от их технического состояния;

регламентированный - весь объем капитального ремонта разбивается на несколько этапов, каждый из которых по определению представляет собой средний ремонт. По совокупности выполнения всех этапов образуется полный объем капитального ремонта.

ремонт по фактическому состоянию - для всех перечисленных систем ремонта характерно то, что наработка до очередного ремонта задается заранее и не связана с техническим состоянием объекта авиатехники. Если ремонт осуществляется при наработке, отвечающей некоторому предельному состоянию АТ, при котором требуется устранение неисправностей-то это ремонт по фактическому состоянию.

В ведомственных средствах массовой информации, в выступлениях руководителей разного ранга встречаются мнения, что капитальный ремонт уже не нужен, что этот термин морально устарел. Мотивируют обычно тем, что изделия становятся все более надежными и могут эксплуатироваться по состоянию, что модульность конструкций позволяет ремонтировать изделие частями, как бы не снимая его целиком с эксплуатации. Здесь прослеживается явная логическая ошибка, называемая "подмена тезиса".

Исторически привыкли, что изделия авиатехники направлялись в **планово-предупредительный или регламентированный капитальный ремонт**. И эти термины как бы срослись между собой и не специалисты-ремонтники считают, что это одно и то же. На самом деле термин капитальный ремонт и перечисленные системы ремонтов несут разную смысловую нагрузку. Действительно, указанные выше мотивировки говорят о необходимости отказа от планового ремонта. Но **поступающие в ремонт самостоятельные модули летательных аппаратов подвергаются капитальному ремонту и можно говорить, что весь летательный аппарат по сумме всех модульных ремонтов проходит капитальный ремонт, но он растянут по времени эксплуатации.**

Вторым моментом, мотивирующим отказ от капитального ремонта, явились отголоски **теории равнопрочности** при проектировании изделий

машиностроения. Согласно ее постулатов, изделие должно быть так спроектировано, что подавляющее число составляющих его деталей должно разрушаться практически одновременно. В этом случае возникнет явная экономическая нецелесообразность капитального ремонта. Но опыт показал, что добиться равнопрочности практически невозможно в силу стохастичности эксплуатационных факторов. Во-вторых, опыт ведущих западных производителей авиатехники показал, что они не справляются с потребностями авиарынка в новых изделиях авиационной техники. Портфель их заказов заполнен на многие годы вперед на многие миллиарды долларов. В этих условиях они успешно развивают практику **фирменных капитальных ремонтов** как изделий АТ в целом, так и отдельных их деталей и модулей.

Отказ от термина "капитальный ремонт" в действительности ничего не меняет, но отказ от капитального ремонта по существу на самом деле означает отказ от получения уникальных данных о фактическом состоянии деталей изделий авиатехники в процессе эксплуатации, которые могут быть получены только при полной разборке изделия, очистке и дефектации каждой детали органолептическими и физическими методами контроля, что по определению осуществляется при капитальном ремонте авиационной техники.

1.2 Авиаремонтные предприятия гражданской авиации

Согласно НТЭРАТ ГА- 83 на авиаремонтные предприятия (АРП) возлагается выполнение капитального, регламентированного, по техническому состоянию, среднего, аварийного ремонта воздушных судов (ВС), авиадвигателей, изделий авиационного и радиоэлектронного оборудования, средств контроля состояния АТ, а также выполнение работ АТ и переоборудование ВС по бюллетеням./11/

В период централизованного управления в ГА все АРП входили в состав Всесоюзного государственного промышленного объединения "Авиаремонт", уровень которого фактически соответствовал статусу главного управления МГА. В 1988 г. ВГПО "Авиаремонт" было расформировано. Авиаремонтные предприятия вся структура которых формировалась в условиях командно-административной системы управления экономикой в настоящее время вынуждены приспосабливаться к условиям рыночных отношений. Как известно, рыночная экономика- это совокупность хозяйственных отношений в обществе, регулируемых рыночным механизмом. Основными принципами рыночной экономики являются всеобщность рынка, свобода выбора видов и форм деятельности; равноправие рыночных субъектов с разными формами собственности; саморегулирование деятельности; принцип договорных отношений; свобода ценообразования; самофинансирование; децентрализация управления и самостоятельность; экономическая ответственность; конкуренция.

Основным видом деятельности авиаремонтных предприятий является ремонт авиационной техники. Оплачивают этот вид услуг авиакомпании. Но их финансовые возможности ограничены большими эксплуатационными расходами- только 17 % составляют затраты на техническое обслуживание./12/

Основным способом повышения финансовой устойчивости является диверсификация- расширение сферы деятельности авиаремонтных заводов в различных предприятиях других отраслей, не находящихся в прямой связи с ремонтом авиационной техники.

Примером диверсификации в авиаремонтной сфере может служить производственно-хозяйственная деятельность открытого акционерного общества "Быковский Авиаремонтный Завод" (ОАО "БАРЗ"). Сам завод выполняет техническое обслуживание и ремонт самолетов Ил-76, Ил-18, Як-42 и агрегатов к ним, ремонт двигателей Д-30 всех серий и агрегатов к ним, восстановление деталей, ведет подготовку технического сопровождения, обслуживания и ремонта самолета Ил-114 и его модификаций. Его "дочерние" предприятия: ЗАО "Быково-Сервис" выполняет техническое обслуживание, текущий ремонт и восстановление самолетов Ил-76, Ту-154 и других типов авиатехники на базе ОАО "БАРЗ" и за пределами СНГ; ЗАО "Авиатехнология - Быково" выполняет окраску полиуретановыми материалами всех типов воздушных судов, комплектацию и переоборудование салонов, нанесение символики с использованием пленочных технологий; Авиакомпания "Ремэкс" выполняет грузовые, пассажирские и чартерные рейсы в России и по всему миру различными типами воздушных судов, включая Ил-76, Ил-18, Як-42, Ан-12, Ан-124, Ми-26 и все виды лизинга самолетов и двигателей; Авиасервисная компания "АТИКО" обеспечивает ремонт авиадвигателей и агрегатов, лизинг авиадвигателей./13/

Возможности диверсификации авиаремонтных предприятий определяются их организационными структурами, которые предусматривают высокую степень адаптации к технологическим изменениям, диверсификационное внедрение в "нужную" экологическую нишу рынка, постоянную готовность к восприятию революционного скачка в технологии, совершенного конкурентами.

1.3 Основная документация в авиаремонтной системе.

В авиации в целом и в авиаремонтном производстве в частности главным средством обеспечения безопасности полетов является безусловное выполнение требований эксплуатационной и ремонтной документации. Для изменения документации существуют строго определенные процедуры.

Единая система конструкторской документации- комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения

конструкторской документации, разрабатываемой и применяемой организациями и предприятиями.

Единая система технологической документации- комплекс государственных стандартов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, оформления и обращения технологической документации, разрабатываемой во всех отраслях промышленности.

Номенклатура эксплуатационных документов

Техническое описание. Инструкция по эксплуатации. Инструкция по техническому обслуживанию. Инструкция по монтажу, пуску, регулированию и обкатке изделия на месте его применения. Формуляр. Паспорт. Этикетка. Ведомости запасных частей, инструмента, принадлежностей и материалов (ЗИП). Учебно-технические плакаты. Ведомость эксплуатационных документов. Прочие документы.

Ремонтные документы.

Общее руководство по ремонту. Составляют в случае, когда общие указания по организации и технологии ремонта, а также общие технические требования к ремонту изделий данного класса целесообразно изложить в отдельном документе, исключая указанные в нем сведения из руководства по ремонту изделий данного конкретного наименования. Общее руководство является ремонтным документом, требование которого распространяется на изделия определенного класса, подкласса или группы. Руководство должно содержать общие указания по организации и технологии ремонта, общие технические требования, показатели и нормы, которым изделия должны удовлетворять после ремонта.

Общие технические условия на ремонт. Являются общим ремонтным документом, требования которого распространяются на все изделия данного класса, подкласса или группы. В общих ТУ приводят общие технические требования, показатели и нормы, которым должны удовлетворять все эти отремонтированные изделия. В общие ТУ не включаются показатели, относящиеся к организации производства и технологическому процессу ремонта изделий.

Руководство по капитальному ремонту. Относится к конкретному типу техники. Является основным ремонтным документом на АРП, соблюдение требований которого обязательно при выполнении капитального ремонта изделия. Руководство по КБ должно состоять из разделов, которые полностью регламентируют все стадии технологического процесса и организации ремонта.

Технические условия на ремонт. Относятся к конкретному типу техники. Содержат только специальные требования, относящиеся к ремонту указанных изделий. ТУ не дублируют требования, изложенные в других ремонтных документах.

Каталог деталей и сборочных единиц. Он содержит перечень и иллюстрации всех сборочных единиц и деталей. Сведения об их расположении в изделии и количестве. Данные о конструкционных материалах, из которых изготовлены детали. Сведения о взаимозаменяемости и конструктивных особенностях деталей и сборочных единиц. Каталог предназначен для составления заявок на запасные части.

Нормы расхода запасных частей. Составляется в виде ведомости, содержащей нормы расхода запасных частей для ремонта одного, десяти или ста изделий.

Нормы расхода материалов. Составляются в виде ведомости, содержащей нормы расхода материалов для ремонта одного, десяти или ста изделий.

Ведомость документов для ремонта. Устанавливает комплект конструкторских документов, необходимых для выполнения целей ремонта. В ведомость должны входить ремонтные документы, комплект рабочих конструкторских документов, эксплуатационные документы, конструкторские документы на нестандартное или специальное оборудование, специальные стенды, приспособления, инструмент.

Порядок изменения ремонтной документации.

Ремонтная документация разрабатывается конструкторским бюро (разработчиком авиатехники) и заводом-изготовителем. На АРП она поступает в готовом виде в период освоения ремонта. Поскольку при разработке документации невозможно учесть все особенности будущей эксплуатации изделия, появления вновь возникших дефектов особенно при больших сроках наработки, возникает потребность в корректировке основного комплекта документов.

Кроме того, от момента разработки документации до ее внедрения на АРП проходит значительное время, исчисляемое годами. За это время технологическая наука разрабатывает новые перспективные технологические процессы восстановления деталей, улучшения эксплуатационных параметров при проведении ремонта, находит способы расширения номенклатуры восстанавливаемых деталей.

Технологи АРП ощущая необходимость корректировки документации не имеют права самостоятельно ее изменять. Для изменения документации существует специальная процедура выпуска **бюллетеней промышленности**. Эти бюллетени разрабатываются предприятиями разработчиком и изготовителем, проходят необходимые согласования и поступают на АРП как неотъемлемая часть руководства по капитальному ремонту.

В зависимости от причины выпуска бюллетеней они могут содержать операции конструктивной доработки АТ, изменения порядка ее эксплуатации или непосредственно изменения технологии ремонта.

Действия персонала АРП в случае обнаружения аварийного или нового дефекта изделия АТ.

В этом случае необходимо срочно уведомить предприятия разработчик и изготовитель и вышестоящие инстанции. При этом нельзя принимать самостоятельных решений и возобновлять работу до получения четких недвусмысленных инструкций от указанных организаций.

Дело ремонта.

Во внутреннем обороте АРП находится много документации, где фиксируются все стадии контроля и восстановления ремонтируемой техники. По окончании ремонта вся эта документация сшивается в дело ремонта, которое является документом строгого хранения и которое является единственным документом, подтверждающим при необходимости строгое соблюдение требований технологии ремонта. Поэтому необходимо тщательно оформлять каждый документ и не допускать разночтения отраженных в нем фактов.

Прочая документация

Как и на всяком предприятии на АРП ведется и прочая документация - диспетчерская, финансовая, производственная, снабженческая. Эта документация не отражается в деле ремонта но также нуждается в аккуратном ведении.

1.4 Роль статистической информации при ремонте АТ /7/

Изделия авиационной техники - летательный аппарат, авиадвигатель, агрегат и другие - вновь изготовленные на производящем заводе, поступают в эксплуатирующие организации и работают до поступления в ремонт. Этот период обычно называют "гарантийным ресурсом". Если изделие по каким то причинам в это время досрочно снимается с эксплуатации, государственная комиссия по расследованию авиационного происшествия, обычно возглавляемая представителями Межгосударственного авиационного комитета или Федеральной службы воздушного транспорта, решает вопрос - кто виноват и что делать? Ответчиками, представленными в комиссии в качестве ее членов или экспертов, на данном периоде эксплуатации, являются представители конструкторского бюро- разработчика изделия авиатехники, предприятия изготовителя и эксплуатирующей организации. Виновники несут материальную, а, в тяжелых случаях, и уголовную ответственность. При этом, только правильное определение причин происшествия гарантирует адекватное принятие решений по предотвращению аналогичных случаев на других изделиях авиатехники.

После прохождения изделием первого капитального ремонта, оно отправляется в эксплуатацию на первый послеремонтный ресурс. Если изделие снимается с эксплуатации в этот период досрочно, то к указанным участникам расследования его данное изделие. После отработки первого межремонтного ресурса изделие поступает во второй капитальный ремонт, затем на второй межремонтный ресурс и, так далее, до выработки назначенного ресурса.

Возвращаясь к теме расследования указанного выше авиационного происшествия можно задаться вопросом, кто наиболее авторитетно докажет свою правоту? Тот, кто обладает статистической информацией по эксплуатации авиатехники. Поэтому представители конструкторского бюро, завода-изготовителя, эксплуатирующей организации и авиаремонтного предприятия должны владеть статистикой по наработкам, по дефектам, по доработкам, по причинам проявления дефектов и так далее.

Если на определенном аэродроме часто происходит попадание посторонних предметов в тракт авиадвигателя на взлетно-посадочной полосе, а на других аэродромах, где эксплуатируется аналогичная техника, этого не происходит, явная вина тех служб, которые отвечают за чистоту ВПП. Но, чтобы это доказать, надо знать статистику попадания посторонних предметов на всех аэродромах на всей авиатехнике. Принятые меры по наведению и поддержанию чистоты ВПП позволят избежать подобных инцидентов в дальнейшем.

Если вновь выявляется дефект, например, микротрещины в полотне диска турбины авиадвигателя и на основе статистических данных выясняется, что данный дефект характерен для дисков, изготовленных из металла одной плавки, необходимо отстранить авиадвигатели с дисками данной плавки от эксплуатации (или ввести подконтрольную эксплуатацию) и выяснить причину появления трещин. Если, к примеру, выяснится, что в данной плавке металла не хватает какого-то легирующего элемента, вина завода-изготовителя, который не предусмотрел входной контроль поставляемого с металлургического завода металла. Введение такого контроля предотвратит в дальнейшем подобные случаи. Но, чтобы выяснить это, необходимо также обладать соответствующей статистической информацией.

Если какой-то дефект возникает достаточно часто на определенных сроках эксплуатации на всех изделиях авиатехники данного типа, например, разрушение межвального подшипника на двигателях Д-30КУ, это явный конструктивный недостаток. Проведение определенных доработок конструкции или введение подконтрольной эксплуатации данного узла, позволит избежать дальнейшего повторения дефекта. Но, прийти к правильному выводу, можно только обладая определенными статистическими данными.

Если доказывается вина авиаремонтного предприятия или выявляются недостатки в технологии или организации ремонта, выполнение соответствующих мероприятий по устранению недостатков, позволит избежать повторения дефектов.

Таким образом, первой целью статистического анализа эксплуатации объектов авиационной техники является выявление "слабых мест" конструкции, эксплуатации, технологии и организации изготовления и

ремонта АТ, предъявление претензий к виновной стороне и назначение мероприятий по их устранению.

Второй целью анализа является прогнозирование появления дефектов. Предположим, что у нас имеются статистические данные по износу какого то покрытия. Можно по этим данным построить соответствующую математическую модель износа и с определенной долей вероятности подсчитать, с какой толщиной покрытия поступит деталь в следующий ремонт. Если эта величина заведомо не опустится ниже минимально допустимой толщины покрытия, деталь при текущем ремонте можно пустить в дальнейшую эксплуатацию без восстановления покрытия. Если будет незначительный риск утоньшения указанной толщины покрытия сверх допустимых значений, можно в регламент технического обслуживания ввести мероприятия по подконтрольной эксплуатации указанной детали. Если с большой долей вероятности толщина покрытия истончится до истечения срока очередного межремонтного ресурса - необходимо уже в данном текущем ремонте это покрытие восстановить до первоначальной величины.

Второй целью прогнозирования появления дефектов является технологическая подготовка производства. Что имеется ввиду? Предположим, что прогнозный расчет по нашей математической модели показывает, что при следующем ремонте предстоит массовое восстановление покрытия каких то деталей, например, методом диффузионной металлизации. За то время, при котором данные детали "вылетывают" очередной межремонтный ресурс, можно провести ряд мероприятий по организации участка диффузионной металлизации - приобрести оборудование и расходные материалы, получить технологическую документацию, оборудовать производственные площади, обучить исполнителей и так далее. Без соответствующего прогноза авиаремонтное предприятие оказалось бы не готовым к восстановлению деталей и было бы вынуждено браковать в принципе восстанавливаемые детали, что, в условиях рыночной экономики, привело бы к уменьшению рентабельности.

Третьей целью анализа является расчет потребности в запасных частях. Своевременное и в полном объеме обеспечение авиаремонтного производства запасными частями является одним из основных условий обеспечения ритмичности. Срывы поставок запчастей ведут к невыполнению условий договорных обязательств по ремонту авиатехники, что приводит к штрафным санкциям со стороны заказчика и потере репутации. Излишне заказанные запасные части ведут к необоснованным финансовым потерям, увеличению незавершенного производства и затовариванию производственных площадей.

Расход запасных частей при ремонте авиационной техники носит вероятностный характер, что обусловлено вероятностным характером эксплуатационных повреждений. Точно подсчитать необходимое

количество запасных частей (деталей 1-й категории) можно только для деталей обязательной замены (например, заклепки, резинотехнические изделия). Эти детали входят в ремонтно-групповой комплект (РГК) запасных частей 1: 1 (один к одному). Это означает, например, что на ремонт одного двигателя расходуется 250 заклепок обязательной замены. Если по результатам обработки статистических данных по отбраковке каких-то деталей не обязательной замены выясняется, например, что на ремонт десяти двигателей расходуется 26 лопаток первой категории, эти лопатки помещаются в РГК 1:10. Для деталей, которые бракуются достаточно редко, существует РГК 1:50. Например, 2 вала первой категории требуются для ремонта 50 двигателей. (Все приведенные примеры условны). Все РГК ежегодно уточняются по данным статистики отбраковки деталей.

Четвертой целью анализа статистических данных является расчет ремонтных допусков - этому посвящен отдельный раздел текста лекций.

Пятой целью анализа является получение данных о надежности отремонтированной авиатехники, например, наработка на досрочный сьем двигателей Д-30КУ отремонтированных на Внуковском авиаремонтном заводе. Если Тдсд ежегодно растет, значит качество ремонта удовлетворительное. Если происходит падение этого показателя, необходимо принятие срочных мер по повышению качества ремонта..

Аналогичным образом можно рассчитать и другие информационные показатели, характеризующие, например, рентабельность авиаремонтного предприятия, расход запасных частей, расходуемых материалов, потребление энергии, продолжительность ремонта, экологические показатели и так далее. В случае их ухудшения, путем анализа ситуации и принятия мер по устранению недостатков, можно преломить тенденцию ухудшения.

1.5 Математическое моделирование процессов авиаремонтного производства и технологических процессов восстановления изделий АТ

Уравнение состояния авиаремонтного производства

Идея уравнения и методика его составления впервые изложена в работе /14/, усовершенствована и развита до рабочего вида в /15/ и разработана применительно к авиаремонтному производству в /16/.

Уравнение состояния производства составляется с целью проведения количественного анализа трудоемкости отдельных технологических и производственных операций и выяснения степени влияния вносимых усовершенствований на повышение эффективности и рентабельности производства.

Основную совокупность трудоемкостей операций процессов ремонта можно представить в виде трудоемкостей следующих групп работ: приемка в ремонт-А1, разборка-А2, очистка-А3, дефектация-А4, сварочные работы-А5, механическая обработка-А6, гальваника-А7,

слесарные работы-А8, ремонт электрооборудования-А9, ремонт агрегатов-А10, окраска-А11, комплектация-А12, сборка-А13, испытания А14, контрольные операции-А15, консервация и упаковка-А16, термические работы-А17, слесарно-дюралевые работы-А18, клепка-А19, жестяно-медняцкие работы-А20, деревообработка и пластмассовые работы-А21, пошивочно-обойные работы-А22, ремонт резинотезнических изделий-А23, ремонт приборов-А24, ремонт радиооборудования-А25, ремонт остекления и полов-А26, ремонт топливных баков-А27.

$$\text{Суммарная трудоемкость будет: } A_c = A_1 + A_2 + \dots + A_{27}. \quad (1)$$

Разделив правую и левую части уравнения на A_c получим:

$$1 = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_{27}. \quad (2)$$

Здесь Q_i - удельные безразмерные трудоемкости, а уравнение (2)- уравнение относительных трудоемкостей (конкретные значения составляющих выражения (2) приведены в /16/). Каждая из Q_i функционально зависит от целого ряда производственно-технологических факторов U_j , которые и определяют трудоемкость данного вида работ. То есть $Q_i = F_i (U_j)$. Изменяя в результате различных усовершенствований производства U_j функционально меняются и относительные трудоемкости Q_i . Но, как видно из уравнения (2), общая сумма относительных трудоемкостей все равно будет равна единице. Следовательно, от изменения одного из слагаемых в (2) меняют свою величину и все остальные, то есть происходит перераспределение значимости слагаемых, котрое может выдвинуть на наиболее значимое место другую составляющую общей трудоемкости процесса производства. В обыденном смысле, если удалось выявить какой-то параметр производства, который делает технологическую операцию наиболее трудоемкой ("узкое место производства"), то изменив его в положительную сторону, мы перенесем это "узкое место производства" на другой участок.

Уравнение состояния производства (ремонта) применяется для исследования степени влияния любого изменения тех или иных факторов на перераспределение роли остальных в общей сумме длительности работ, их трудоемкости, стоимости затрат и других показателей, определяющих рентабельность авиаремонтного производства.

Ремонтные размеры

Анализ влияния размеров сопряжений на их работоспособность

Пару деталей, входящих в сопряжение, можно условно рассматривать, как "вал" и "отверстие". Под "валом" следует понимать детали, износ которых ведет к уменьшению их номинального размера, или охватываемые детали. Под "отверстием" следует понимать детали, износ которых ведет к увеличению их номинального размера, или охватывающие детали.

Характер посадки сопряженных деталей, определяющий характер сопряжения, изменяется из-за изменения размеров деталей вследствие их износа.

Если обозначить: $D_{вн}$ и $D_{он}$ - соответственно номинальные диаметры вала и отверстия; $D_{в \min}$, $D_{в \max}$, $D_{о \min}$, $D_{о \max}$ - соответственно верхний (\min) и нижний (\max) допуск на их номинальные размеры (напоминание, допуски задаются в "теле" изделия. Допуска на вал уменьшают его номинальный размер. Допуска на отверстие-увеличивают его номинальный размер.), то максимальный и минимальный размеры можно записать следующими выражениями:

$$D_{в \max} = D_{вн} + D_{в \min} \qquad D_{в \min} = D_{вн} + D_{в \max} \qquad (3)$$

$$D_{о \max} = D_{он} + D_{о \max} \qquad D_{о \min} = D_{он} + D_{о \min} \qquad (4)$$

Наиболее типичным случаем сопряжения является: $D_{вн} = D_{он}$.
(5)

Максимальный и минимальный зазоры : d_{\max} и d_{\min} в сопряжении "вал" и "отверстие" запишутся:

(6), (7)

$$0,5 d_{\max} = D_{о \max} - D_{в \min} = D_{он} + D_{о \max} - D_{вн} - D_{в \max} = D_{о \max} - D_{в \max}$$

$$0,5 d_{\min} = D_{о \min} - D_{в \max} = D_{он} + D_{о \min} - D_{вн} - D_{в \min} = D_{о \min} - D_{в \min}$$

Выражения (6) и (7) показывают, что:

- изменение номинального размера соединения не влияет на характер сопряжения, а, значит, и на его работоспособность;
- для сохранения работоспособности соединения важно сохранение тех-же предельных отклонений "вала" и "отверстия";
- восстановление посадки заключается в возвращении сопряжению "вал" и "отверстие" зазора или натяга в соответствии с заданными чертежными отклонениями номинальных размеров.

Способы восстановления посадок

Номинальные размеры сопряжения и их допуски не меняются- замена изношенных деталей сопряжения деталями первой категории из РГК с размерами, предусмотренными чертежами.

Номинальные размеры сопряжения и их допуски не меняются- восстановление начальных размеров деталей сопряжения, или одной из них с заменой другой на деталь первой категории с помощью различных технологических процессов восстановления /2/.

Сохранение характера сопряжения с изменением номинальных размеров- **метод ремонтных размеров**- обработка одной из деталей до ближайшего ремонтного размера, например, расточка отверстия, и замена сопрягаемой детали на деталь с ремонтным размером, например, постановка вала большего номинального диаметра. При этом допуски на

новые ремонтные размеры обеспечивают тот-же характер посадки, что и для деталей первой категории. При этом, для приведенного примера, количество "валов" с увеличивающимися диаметрами может быть несколько. Самый маленький из увеличенных размеров- первая ремонтная градация. Следующие увеличения обозначаются соответственно как вторая и так далее ремонтные градации.

Ремонтный допуск

С понятием ремонтный допуск познакомимся на примере "отверстия". Для "вала" рассуждения аналогичные.

В ремонтно-конструкторской документации указывается максимально допустимый фактический размер диаметра отверстия - До тах. рем. Превышение его недопустимо по соображениям безопасности эксплуатации детали. Ремонтным допуском на отверстие называется величина:

$$\text{До рем} = \text{До тах. рем} - \text{Дон}; \quad (8)$$

Если: $\text{До тах. рем} = \text{До тах}$, то ремонт отверстия может производиться без ремонтных градаций, то есть, если после удаления дефектной поверхности отверстия и слоя, необходимого для восстановления чистоты поверхности, мы остаемся в пределах До рем., "вал" можно оставить прежний.

Для применения метода ремонтных размеров необходимо условие:

До тах. рем больше., чем До тах.

Ремонтный размер

Ремонтный фактический диаметр отверстия рассчитывается по формуле:

$$\text{До рем.} = \text{До} + 2 (T1 + T2), \quad (9)$$

где: До - фактический диаметр отверстия детали 1-й категории; T1 - толщина "дефектного" слоя; T2 - **минимальный припуск** - толщина слоя, которую необходимо снять для обеспечения требуемой чистоты поверхности. Величина $2 (T1 + T2)$, в (9) называется **ремонтным интервалом**.

Если принять ремонтный интервал для всех последующих капитальных ремонтов одинаковым, то **количество ремонтов** будет:

$$N = \text{До рем.} / 2 (T1 + T2); \quad (10)$$

Для ответственных сопряжений **количество ремонтных градаций "вала" будет соответствовать количеству ремонтов**.

Обработка деталей под ремонтные размеры ведется:

для сложных и дорогостоящих деталей - **под стандартные размеры**. При этом все размеры ремонтных градаций соответствуют гостированным стандартным размерам; для остальных деталей может вестись обработка **под свободные размеры**.

1.6 Законы и закономерности развития авиаремонтного производства

Впервые задача выявления законов и закономерностей АРП поставлена, обоснована и решена в работе /17/. Ее решение в тот период строилось на плановой системе народного хозяйства и, в условиях рыночных отношений, необходимо дальнейшее развитие.

Актуальность знания законов и закономерностей АРП.

Жесткая конкуренция в сфере технического обслуживания и ремонта авиатехники возникшая как результат, с одной стороны, общего сокращения эксплуатируемого парка, снижения налета и уменьшения объема перевозок, а, с другой стороны, большими производственными мощностями авиаремонтных предприятий, заставляет искать пути выживания. Помимо показанных в разделе 2 возможностей диверсификации, авиапредприятия должны обладать соответствующей гибкой технологической структурой производства, способной адаптироваться в условиях меняющейся конъюнктуры рынка, быстро занимать возникающие "экологические рыночные ниши" и расширять ареалы производственной и коммерческой деятельности.

Основой построения таких структур является **прогнозирование** ситуаций.

Основные термины и определения прогнозирования.

Предвидение - объединяющее понятие всех разновидностей получения информации о будущем. Оно разделяется на **ненаучное**, к которому относят **интуитивное, обиденное и религиозное** предвидение и **научное**, которое основано на знании закономерностей развития природы, общества, мышления и так далее. Граница между научным и ненаучным достаточно условная. Например, кибернетика и генетика еще 50 лет назад считались лженаукой, а сейчас общепризнанные научные направления. Работы по гелиобиологии А.Л.Чижевского показали непосредственную связь активности Солнца с глобальными природными, биологическими и социальными катаклизмами на Земле, о чем всегда утверждала "лженаука" астрология. Новейшие концепции строения физического вакуума, например, теория торсионных полей, раскрывает механизмы дистанционных магических воздействий.

Предвидение реализуется в форме **предсказания** (описание возможных перспектив, состояний, решений проблем будущего) и **предуказания** (решение проблем будущего с использованием информации о будущем для целенаправленной деятельности).

Предсказание имеет формы **предчувствия** (информация о будущем на уровне подсознательной интуиции), **предугадывания** (информация о будущем на основе жизненного опыта), **прогнозирования** (специальное научное исследование, предметом которого выступают перспективы развития какого либо явления).

Предугадывание имеет формы: **целеполагание** - установление идеально предположенного результата деятельности; **планирование** - проекция в будущее человеческой деятельности для достижения

предустановленной цели при определенных средствах, преобразование информации о будущем в директивы для целенаправленной деятельности; **программирование** - последовательность конкретных мероприятий по реализации планов; **проектирование** - создание конкретных деталей разработанных программ.

Таким образом, **решения в сфере управления строятся по схеме:**

прогноз - вероятностное научно обоснованное суждение о перспективах того или иного явления в будущем и об альтернативных путях и сроках их осуществления;

цель - решение относительно предположенного результата предпринимаемой деятельности;

план - решение относительно системы мероприятий ведущих к цели;

программа - решение относительно совокупности планов и их конкретизации;

проект - решение относительно конкретного мероприятия.

Научное обоснование предсказаний ведется в последовательности: **описание; объяснение; предсказание.**

Источники информации о будущем, или **инструментарий прогнозирования:**

оценка перспектив развития будущего состояния прогнозируемого явления строится на основе опыта, чаще всего при помощи аналогии с достаточно хорошо сходными явлениями и процессами;

экстраполяция - условное продолжение в будущее тенденций, закономерности развития которых достаточно хорошо известны;

модель будущего состояния того или иного явления, процесса, построенная согласно ожидаемым изменениям ряда условий, перспективы развития которых достаточно хорошо известны.

Понятия "закон" и "закономерность"

Закон - философская категория, отображающая существенные, необходимые и повторяющиеся связи. Это внутренняя существенная связь между причиной и следствием.

Закономерность - это существование и развитие соответственно законам.

Закон глубже закономерности по степени познания причинно-следственных связей. Но, с другой стороны, он и беднее закономерности, поскольку закономерность включает в себя и интегральное действие нескольких законов.

Из самого определения понятий "закон" и "закономерность" вытекает, что знание их является основой прогнозирования, в том числе, и в авиаремонтном производстве.

Основные законы и закономерности развития АРП в ГА

В /17/ подробно изложены все теоретические и математические аспекты основных законов и закономерностей, действующих в сфере

авиаремонтного производства. В данном пособии по ИД они излагаются в конспективном варианте.

Закон зависимости производственной мощности АРП от масштаба и характера задач, решаемых ГА. Этот закон проиллюстрирован ситуацией военного времени. По мере того, как увеличивалось число самолетов участвующих в боевых операциях, задача восстановления их работоспособности в результате боевых повреждений приобретала все более значимый характер и, как следствие увеличивалось число мобильных и стационарных ремонтных органов. По мере спада интенсивности боевых действий происходило уменьшение и всех остальных показателей.

Закон роста эффективности авиаремонтного производства

Эффективность производства - главнейший экономический критерий, который характеризует соотношение между достигнутым результатом производства и затратами различных ресурсов. Он характеризует конечный результат производства, его рентабельность.

Основные показатели эффективности производства:

P_1 - объем реализованной продукции в момент времени T_1 , P_2 - соответственно в T_2 . Изменение объема реализованной продукции P за период времени T будет:

$$P = (P_2 - P_1) / (T_2 - T_1)$$

Если аналогичным образом обозначить за этот-же временной период изменение суммы прибыли Π , изменение общей рентабельности Φ , изменение производительности труда V , изменение себестоимости C , то комплексным критерием эффективности производства K может служить выражение:

$$K = (P \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot T) / C$$

В период среднесрочного прогноза до 8 лет: $K = \exp(0,19 T)$;

Для более дальних прогнозов: $-0,2224 T$

$$K = 14,8 / (1 + 13,8 e^{-0,2224 T})$$

Закон зависимости АРП от научно-технического потенциала

Если обозначить какую то обобщенную характеристику авиаремонтного производства - G ; показатель уровня развития (или массив научных данных) - S ; показатель объема и совершенства техники и технологии - J , то гармоничное развитие этой триады будет осуществляться с течением времени t при условии:

dS / dt больше dJ / dt больше dG / dt , то есть скорость развития науки должна быть выше скорости развития техники и они должны быть больше скорости авиаремонтного производства.

Закон усложнения структуры авиаремонтного производства.

Под сложность структуры структуры здесь понимается число параметров, учитываемых и перерабатываемых инженерно-авиационной службой в сфере ремонта авиатехники. Число этих параметров постоянно

возрастает, а, следовательно, постоянно возрастает и усложняется структура авиаремонтного производства.

Закон повышения уровня механизации и автоматизации авиаремонтного производства.

Из предыдущих законов видно, что растут объемы производства и количество перерабатываемой информации при ремонте авиатехники, при повышении эффективности производства. Данный закон раскрывает механизм взаимной реализации этих тенденций. Показывает, как при незначительном изменении численности людских ресурсов повышаются общие результаты.

Особенности функционирования законов и закономерностей АРП в период перехода к рыночной экономике

Наука тектология рассматривает внешние силы природы, человеческую деятельность, мировую практику и другие проявления материального мира с точки зрения организующего опыта. Поэтому иначе она называется всеобщей наукой об организации систем. Применительно к нашей теме из нее можно выделить два всеобщих закона/19/:

Любые находящиеся в равновесии системы обнаруживают тенденцию сохранять его, оказывают внутреннее противодействие силам, его изменяющим. В физической химии этот закон известен как закон А.Л. Ле-Шателье. Это объясняет почему затягиваются процессы перехода к рыночной экономике. **Основной формой организации комплексов является их соединение посредством общих звеньев.** Для того, чтобы системы работали совокупно организованно, необходимо, чтобы общие звенья (связки) были сродственны обоим соединяемым комплексам. Разрушенные экономические, иерархические, хозяйственные, управленческие связи между предприятиями должны восстановиться и только тогда наступит организованность и прогресс экономики. Но для этого нужны как можно более постоянные внешние условия- законы, налоги и так далее.

1.7 Освоение ремонта

Освоение ремонта изделия авиационной техники начинается с принятия согласованного решения между АРП, заводом изготовителем, предприятием- разработчиком и соответствующими вышестоящими организациями. После этого присоединяются представители авиаремонтного завода отремонтировав составляет детальный план-график, основными моментами которого являются следующие мероприятия:

Реконструкция и строительство производственных площадей. Например, в 1979 г. перед заводом № 400 ГА была поставлена задача освоить ремонт двигателя Д-30КУ в связи с прекращением эксплуатации двигателей Аи-20М. Производственные площади и технологический процесс ремонта Аи-20М был приспособлен к массовому ремонту этого небольшого по габаритам двигателя. Трудоемкость ремонта равнялась 850

норма-часов. Осваиваемый двигатель отличался большими габаритами, трудоемкость первых ремонтов равнялась 17000 н/час. Количество ремонтов в месяц за 1 полугодие 1981 г. не превышало 5 штук Д-30КУ. В связи с этим пришлось полностью реконструировать действующие производственные площади. Для вертикальной сборки оборудовать стенд ямой, поскольку высота конструкции не позволяла производить эту операцию в "наземном" варианте. Были полностью реконструированы 4 бокса мотороиспытательной станции, перестроена система шумоглушения и другие коммуникации. Для вспомогательных работ вновь построено здание из легкосборных металлических конструкций площадью 3,4 тысячи квадратных метров.

Поставка и модернизация технологического оборудования. Для освоения ремонта Д-30КУ заводом №400ГА было приобретено около 5 тысяч наименований ремонтно-монтажного инструмента, 1700 мм. мерительного инструмента, 2500 приспособлений, 50 стендов и установок, 400 эталонов, 10 модернизированных станков, 1000 единиц режущего инструмента.

Получение комплекта ремонтной документации. Обучение персонала на предприятии-изготовителе. Монтаж оборудования и освоение технологических процессов. Выпуск из ремонта первых двигателей. Проведение 300- часовых испытаний на одном из них. Предъявление результатов освоения ремонта специальной межведомственной комиссии и получение соответствующего разрешения на ремонт.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РЕМОНТА

2.1 ПРИЕМКА В РЕМОНТ

Приемка в ремонт от заказчика (эксплуатационной организации) заключается в проверке технического состояния АТ (предварительной дефектации), комплектности и контроле поступившей с изделием информации.

Предварительная дефектация - наружный осмотр АТ.

Проверка комплектности - производится согласно комплектовочным ведомостям. При отсутствии каких-либо деталей, агрегатов или документации, заказчик должен провести доукомплектацию.

Особенности приемки.

Если в результате осмотра ЛА при приемке его в ремонт установлено, что требуется замена отдельных элементов конструкции, агрегатов или требуется проведение работ при ремонте, выходящих за пределы действующих на заводе технологий ремонта, составляется технический акт на состояние изделия. В этом акте перечисляются все работы, выходящие за пределы технологии ремонта.

После приемки - в основном для вертолетов и самолетов - производится: очистка от грязи, пыли, следов течи масла и других жидкостей; для сельскохозяйственной авиации - обязательная дегазация; входной контроль работы двигателей, систем, агрегатов и их технического состояния; консервация двигателей; слив топлива и жидкостей из систем; снимаются лопасти несущих винтов и аккумуляторы; производится нивелировка.

По окончании всех работ по приемке в ремонт изделие АТ буксируется или перевозится на разборку.

Основные технологические операции при поступлении изделия АТ в ремонт.

1. Проверить наличие паспортов и другой документации: без документации принимать изделие в ремонт не рекомендуется до получения соответствующих документов.

2. Проверить документы-направления изделий в ремонт. Если изделие АТ снято с эксплуатации досрочно - дополнительно к основным документам должен быть приложен рекламационный акт или заключение комиссии по расследованию авиапроисшествия.

3. Проверить укомплектованность агрегатами, формулярами и паспортами, сверить фактические номера агрегатов с записанными в документации.

4. Проверить правильность и полноту заполнения документации (паспортов) по наработке, проведению регламентных работ в процессе эксплуатации.

5. Проверить состояние упаковки, наружной консервации и других мероприятий (в том числе доработок по бюллетеням).

6. Составить акт наружного осмотра изделия АТ при приемке, отразив в нем наличие документации, состояние упаковки, консервации.

7. Проверить соответствие номеров в формулярах действительным номерам.

8. Проверить завершенность всех записей в формулярах подписями и печатями.

9. Проверить для ЛА наличие свидетельства о регистрации судна (удостоверение пригодности к полетам).

Приемка в ремонт является первым этапом технологического процесса ремонта.

Технологический процесс- часть производственного процесса, содержащий действия по изменению и последующему определению состояния предмета ремонта.

Производственный процесс - совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимый на данном предприятии для ремонта изделий. В результате производственного процесса ремонтируемым изделиям возвращается утраченная по каким-либо причинам работоспособность .

Производственный процесс охватывает подготовку средств ремонта; организацию обслуживания рабочих мест; получение и хранение ремонтного фонда; материалов, полуфабрикатов, запасных частей; все стадии ремонта машины; транспортировку (деталей, узлов, материалов); консервацию и упаковку отремонтированной машины и все другие действия, связанные с ремонтом.

2.2. РАЗБОРКА ИЗДЕЛИЙ АТ

Изделия АТ, поступившие в ремонт по выработке ресурса или вследствие повреждений, подвергаются разборке для осмотра, ремонта и замены деталей, пришедших в негодность. Как правило при капитальном ремонте производится полная разборка АТ. Перечень постоянных работ при разборке указывается в технологической ремонтной документации.

Компоновка самолета позволяет свести процесс общей разборки к снятию силовых установок, отъемных частей крыла, шасси, рулей, топливных баков и съемного оборудования, расположенного в фюзеляже и центроплане.

При разборке самолета обязательно использование приспособлений препятствующих складыванию шасси в случае неосторожного обращения с кранами управления и опрокидывания планера вследствие резкого смещения центра тяжести при снятии силовых установок.

Оборудование для разборки - автокраны и автопогрузчики различной грузоподъемности, передвижные платформы, передвижные и стационарные доки, которые оборудованы системами электропитания, сжатого воздуха и переговорных устройств. Демонтаж ведется в соответствии с такелажными схемами самолета.

Основные работы связанные с разборкой: промывка и очистка, зачистка коррозии, проверка геометрических параметров самолета. таких как: углы установки крыла и оперения, вынос колес шасси, углы между осями двигателей и осью фюзеляжа, симметричные размеры правой и левой половин самолета и другие.

Снятая силовая установка дефектируется без разборки.

Основные требования при разборке изделий АТ.

1. Помещения для разборки должны быть чистыми, светлыми, температура воздуха должна поддерживаться в пределах 10 - 35° С.

2. Помещение для разборки должно иметь влажность не выше 70 % для предохранения деталей от коррозии. Помещение должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией и хорошо проветриваться.

3. Колеса транспортировочных тележек должны иметь резиновое покрытие во избежание повреждения полов и образования пыли.

4. Стапели и тележки для разборки должны быть оборудованы поддонами для сбора масла.

5. Рабочие места не должны быть захламлены, должны иметь достаточную площадь рабочей поверхности.

6. Грузоподъемные механизмы и приспособления должны иметь отметку об испытании с указанием грузоподъемности и срока повторной проверки.

7. Перед началом работы с грузами грузоподъемные механизмы и приспособления необходимо проверить на плавность подъема, спуска и хода тельфера по монорельсу, четкость работы механизмов включения.

8. Путем внешнего осмотра проверить, нет ли на грузоподъемных механизмах обрывов нитей и ослабления заплетки тросов, трещин в узлах крепления и на сварных швах.

9. Категорически запрещается находиться под подвешенным грузом.

10. При выполнении операций разборки следует применять инструменты и приспособления, рекомендованные для этой операции в ремонтной документации и не имеющие повреждений и загрязнений.

11. При отворачивании гаек проверить, не осталось ли части шплинта, контрольной проволоки или замка в отверстии шпильки или болта.

12. После разборки все детали и узлы должны быть уложены в специальную тару. Вся транспортировка и хранение деталей должны производиться только в таре.

13. Все подшипники перед укладкой в тару должны завертываться в парафинированную бумагу.

14. Все штуцеры, трубки, отверстия в деталях, агрегатах и трубопроводах необходимо закрывать заглушками промытыми чистым бензином.

15. Гайки, шайбы, болты после сортировки укладывать в специальные ящики или нанизывать на проволоку

16. Детали обязательной замены сразу после разборки подлежат изъятию.

17. Нельзя оставлять открытыми концы проводов, электрощитки распределительных устройств, клеммные панели, если цепи ЛА находятся под напряжением.

18. Запрещается прислонять к обшивке стремянки и другие тяжелые предметы.

19. Ходить по обшивке можно только в специальной мягкой обуви (войлочной, матерчатой) очищенной от песка, грязи и пыли.

20. При разборке разрешается пользоваться только алюминиевыми текстолитовыми или деревянными выколотками.

21. При восстановительном ремонте напрессованные детали (кольца, текстолитовые и бронзовые втулки, ступицы втулок и так далее), как правило, не снимаются в том случае, если не обнаружено неисправностей или если неисправности можно устранить без снятия деталей.

22. При разборке, как правило, не допускается разуконплектование деталей. При необходимости могут быть обезличены только некомплектные взаимозаменяемые детали.

23. Установка агрегатов и закрепление их допускается только в специальных бестисковых приспособлениях.

Важнейшим фактором обеспечения работоспособности авиатехники является решение проблемы нахождения новых, нетрадиционных путей повышения качества ремонта.

В настоящее время критерием качества служит степень соответствия свойств изделия, прошедшего ремонт, свойствам этого же изделия в период поступления в эксплуатацию после изготовления. Согласно ГОСТ 18675-79 технология, обеспечивающая максимальность этого критерия, должна быть изложена в "Руководстве по капитальному ремонту", которое разрабатывается предприятиями-разработчиком и изготовителем. В гражданскую авиацию "Руководство ..." поступает в виде директивного документа. Прерогатива его изменения бюллетенями по ГОСТ 24435-80 принадлежит этим же предприятиям.

Таким образом, в стадии подготовки производства к капитальному ремонту заводы гражданской авиации участвуют как бы постфактум. Поэтому все управляющие воздействия на обеспечение качества продукции преследуют одну цель: добиться в стадии производства полной и безусловной адекватности реально выполняемых технологических операций и документально предписанных в ремонтной документации.

2.3. ОЧИСТКА И ПРОМЫВКА.

Определение - очистка - освобождение детали от чужеродных примесей, загрязнений. **Промывка** - основной метод очистки с помощью потока какой-либо жидкости. Эти технологические операции необходимы для ликвидации причин появления ложных дефектов при дефектации деталей.

Механические методы - для удаления твердых, сильно пригоревших углеродистых отложений, старых лакокрасочных покрытий, окисных пленок, продуктов коррозии, окалины и других механическими приспособлениями (скребки, щетки и др.) и сжатым воздухом, как несущей среды для песка, косточковой крошки и т.д.

Ручная очистка - применяется, в основном, для доочистки крупных деталей. При этом стремятся максимально механизировать процесс.

Крацевание - очистка при помощи дисковых проволочных щеток.

Галтовка - очистка деталей в барабанах. Очищаемые детали и очиститель (песок, дробь, стружка, опилки) загружаются во вращающийся барабан. Очистка происходит в результате трения деталей об абразивную среду.

Пневматическая очистка - песок, дробь, косточковая крошка, глина и др. очистители подаются на деталь потоком воздуха. При этом возможно

повреждение поверхности детали. Для устранения недостатка применяется очистка деталей при помощи косточковой крошки или глины.

Принцип действия пневматических очистительных аппаратов - в струю сжатого воздуха подается очиститель, который с большой силой выбрасывается струей воздуха из сопла. Ударяясь о поверхность отложения (загрязнения), частицы очистителя разрушают его. Способы подачи воздуха: инжекторный, самотеком, под давлением.

Гидроабразивная очистка - в качестве несущей среды используется вода, или моющие растворы.

Электрохимический способ очистки - очистка деталей в моющих растворах под воздействием электрического тока. Стальная ванна - катод; деталь - анод. Плотность тока 3 - 6 А/дм²

Ультразвуковая очистка - под воздействием ультразвуковых колебаний в среде жидкости возникают усилия сжатия и растяжения. Это сопровождается образованием пузырьков газа и разрывом жидкости. Эти пустоты почти мгновенно исчезают с развитием местных кратковременных давлений и ударных волн жидкости, которые приводят к разрушению загрязненных пленок на поверхности детали.

Очистка электрическим разрядом в жидкости - при высоковольтном разряде внутри объема жидкости возникают большие импульсные гидравлические давления. Эти ударные волны, гидравлический удар, в сочетании с необратимыми химическими процессами, высокой температурой интенсифицируют процесс.

Растворители - органические или неорганические жидкости, способные растворять другие вещества; **физико-химическое явление** - способность данного вещества растворяться в данном растворителе называется - **сольвация**. Наиболее распространенные растворители - углеродные, ароматические углеводороды, крезолы, терпеновые и гидроциклические углеводороды, спирты, хетоны, моноэфиры.

Сложный и разнообразный состав загрязнений вынуждает применять смеси растворителей.

Классификация моющих и специальных жидкостей.

а) по назначению - обезжиривающие, удаляющие углеродистые отложения, для чистовой промывки, удаления старых лакокрасочных покрытий, травильные;

б) по химическому составу - органические, неорганические, смешанные;

в) по числу компонентов - одно, двух, трех и многокомпонентные.

Механизм моющего действия жидкостей - в основе моющего процесса лежит абсорбция поверхностно-активных веществ (ПАВ) на границах раздела-жидкость-воздух и жидкость-твердое тело. Если загрязнение-твердое вещество, происходит гидрофилизация. т.е. резкое усиление его смачиваемости. Если загрязнение - жидкое вещество, эффективность моющего препарата определяется эмульгирующей

способностью. Этот показатель характеризует способность моющего препарата образовывать дисперсную фазу. ПАВ, абсорбируясь на поверхности капель жирового вещества, образуют прочную оболочку, препятствующую слиянию других капель.

Если загрязнение - твердое вещество, основным свойством моющего препарата является диспергирующая, стабилизирующая и пенообразующая способность. Благодаря малому поверхностному натяжению моющий раствор проникает в зазоры и трещины между частицами, создает расклинивающее давление, которое размельчает и отрывает их. Абсорбция обуславливает и стабилизирующие и пенообразующие способности удерживать частицы загрязнений во взвешенном состоянии и выносить их прилипшими к пузырькам воздуха.

Основа моющего действия - поверхностная активность применяемого препарата и связанная с этим его адсорбция на поверхности раздела фаз.

Компоненты моющих жидкостей:

Кислоты - **уксусная** (нагары, лакокрасочные покрытия) - имеет острый запах и коррозионно активна; **щавелевая**—маслянистые и неорганические загрязнения; **олеиновая** - со щелочами и основаниями легко образует мыла; **лимонная** - коррозия черных металлов; **азотная** - травление и обезжиривание; **серная** - хороший растворитель для асфальтосмолистых продуктов и органических веществ; **соляная** - травление, удаление накипи; **фосфорная**- удаление коррозии, обезжиривание, удаление лакокрасочных покрытий.

Щелочи, щелочные соли - для получения мыл и жидкостей для удаления старых лакокрасочных покрытий и обезжиривания. **Едкий натр и едкое кали** - наиболее распространенные щелочи. **Жидкое стекло** - ингибитор коррозии, повышение моющей способности растворов, коагуляция загрязнений. **Сода кальцинированная** - повышает диспергирующие и стабилизирующие свойства ПАВ. **Тринатрийфосфат** - для электролитической очистки.

Основания - компоненты мыл, смачиватели, ингибиторы коррозии, обезжиривающие вещества. **Мыла** - продукт взаимодействия органических кислот со щелочами.

Синтетические ПАВ - жирозаменители группы катионактивных и анионоактивных ПАВ.

Органические растворители - в основном **крезолы**.

Смешивающие вещества - гомогенизаторы жидкости, придают ей однородность.

Антивспениватели - уменьшают пену путем уменьшения прочности жидкой оболочки, образующей пузырек пены.

Дезодоранты - уменьшают неприятные запахи моющих растворов.

Ингибиторы коррозии - для предотвращения образования коррозии при применении моющих составов.

Технология промывки и очистки деталей АТ.

Предварительная промывка и очистка - промывание наружной и внутренних поверхностей планера мыльной эмульсией и теплой водой с жидкостью "Прогресс".

Обезжиривание деталей - удаление консервирующих составов, консистентных смазок и паст.

Удаление высокомолекулярных веществ (натуральных и синтетических смол, пластмасс, клеев) - осуществляется путем их растворения органическими растворителями:

Удаление старых лакокрасочных покрытий - определяется тип лакокрасочного покрытия. Например, **перхлорвиниловые** покрытия горят медленно, образуя коптящее пламя; **акриловые** горят спокойно, ярким пламенем; **нитроцеллюлозные** горят бурно, подобно пороху. Определяются тип подслоя и метод обработки поверхности металла. Наносится соответствующий **растворитель** с добавкой фосфорной кислоты. **Предварительно на лакокрасочное покрытие может наноситься насечка, например, лазером, для увеличения поверхности соприкосновения ЛКП и растворителя. Затем покрытие удаляется смывкой или механически.**

Нагары - удаляются крезольными жидкостями.

Лаковые пленки - обезжиривают, обрабатывают крезольными жидкостями, промывка горячей водой, чистовое обезжиривание, сушка, противокоррозионная обработка и дезодорация, обработка в уайт-спирите.

Коррозия - удаляется специальными растворами и механически.

Основные требования к промывке и очистке.

1. Помещение должно иметь достаточную высоту для использования грузоподъемных и транспортных средств.

2. Помещение должно быть чистым и светлым, материал пола должен быть стойким по отношению к бензину, керосину, маслу и другим промывочным жидкостям.

3. Помещение должно быть изолировано от участков, не связанных с промывкой деталей.

4. Двери помещения должны быть обиты с обеих сторон кровельным железом.

5. Стены помещения не менее, чем на два метра от пола, должны быть окрашены масляной краской или выложены плиткой.

6. Фонарные и оконные переплеты и все другие устройства естественной вентиляции должны быть приспособлены для открывания.

7. Помещение должно быть оборудовано взрывобезопасными электроосветительными установками.

8. Расположение оборудования в помещении должно соответствовать технологическому маршруту процесса промывки.

9. Помещение для промывки должно быть оборудовано металлическими ваннами с алюминиевыми и деревянными решетками, предохраняющими узлы и детали от забоин. К ваннам должен быть подведен сжатый воздух для обдувки деталей; в магистрали сжатого воздуха должен быть установлен масловлагоотделитель; должны иметься приточно (вытяжная) вентиляция.

10. Вытяжная вентиляция у промывочных ванн должна быть оборудована в виде двусторонних бортовых отсосов или вентиляционных зонтиков.

11. Помещение должно иметь достаточное количество стеллажей, верстаков, сортовиков, приспособлений и инструментов.

12. Для предупреждения искрообразования в процессе промывки и транспортировки от ударов и соударений стальных деталей, борта стальных ванн для бензиновой промывки должны быть обиты алюминиевыми полосками, а ванны и шланги заземлены.

13. Транспортировочные тележки должны быть на резиновом ходу.

14. Электрическая арматура должна быть взрывобезопасной.

15. Помещение должно быть оборудовано только пневмоподъемниками для подъема и опускания деталей. Применение электроподъемного оборудования допускается только во взрывобезопасном исполнении.

16. В помещении должно быть достаточно средств пожаротушения, оно должно быть оборудовано пожарной сигнализацией.

17. Транспортировочные бачки и ванны с бензином должны быть заземлены.

18. При длительной и непрерывной работе с агрессивными средами - работу производить в предохранительных перчатках.

19. Промывочные установки и средства промывки должны содержаться в чистоте и сохранности.

20. Эксплуатация установок для промывки и промывочных устройств должна производиться в соответствии с инструкциями.

21. На каждую установку должны быть инструкция по уходу и эксплуатации установки, схема или чертеж установки, чертежи фильтров, тетрадь учета.

22. В тетради учета должны регулярно записываться даты замены промывочной жидкости и производства анализов данной жидкости, время осмотра фильтров, время регламентных работ, чистки установки и проверки приборов контроля.

23. Состояние промывочных установок и чистота фильтров должны быть проверены ОТК.

24. Перед началом работы необходимо производить осмотр установок, проверку чистоты жидкости и фильтров путем прокачки жидкости через сетчатый фильтр в течении 5-6 минут. Не допускается применение батистовых фильтров.

25. Все результаты анализов применяемых веществ и рабочих жидкостей должны заноситься в специальную тетрадь и предъявляться ОТК

26. Фильтры на установках должны быть установлены согласно чертежам; прокладки и разъемы должны обеспечивать плотное и надежное уплотнение; шланги не должны иметь изломов, вздутий, расслоений и фильтрующих сеток на выходе.

Снижение трудоемкости и улучшение качества промывки и очистки деталей авиадвигателей от углеродистых и других загрязнений путем полной механизации и автоматизации этих процессов возможно только при применении эффективных пожаровзрывобезопасных моющих средств. Наиболее перспективными являются жидкости на водной основе, сочетающие свойства растворителя и моющего средства как, например, водный раствор креолина. Однако применение этих жидкостей выдвигает целый комплекс проблем, связанных с утилизацией отработанных растворов и защитой окружающей среды от загрязнений. Учитывая сложный химический состав жидких отходов после технологических процессов промывки деталей, содержащих в основном органические вещества, локальный характер их сосредоточения и сравнительно небольшой объем в них горюче-смазочных материалов, утилизацию этих отходов целесообразно осуществлять универсальным термическим методом.

Для этого создана автономная установка наклонного типа для сжигания жидких отходов, образующихся в процессе работы поточной линии промывки деталей. Ее производительность - до 1 кубометра отходов в час. Работает она на остатках отходов горючесмазочных материалов.

2.4. КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ИСПРАВНОСТИ.

2.4.1 Общие положения и классификации технического контроля

Система контроля - совокупность методов и средств, обеспечивающих а) определение и оценку технического состояния объекта; б) поиск неисправностей; в) прогнозирование технического состояния объекта; г) выдачу рекомендаций по устранению неисправностей.

Объект контроля - все элементы, устройства, системы или комплексы ЛА, информацию о которых необходимо получить в процессе технического обслуживания или ремонта.

Процесс контроля - получение и анализ технической информации, характериз./ ующей состояние объекта контроля.

Классификация систем контроля - по степени участия оператора: а) неавтоматизированные; б) полуавтоматизированные; в) автоматизированные.

Глубина проверки - число и точность проверяемых параметров.

Объективность проверки - или надежность контроля - определяется методической и инструментальной достоверностью результатов контроля.

Контролеспособность - приспособленность (подготовленность) объекта к проведению проверок.

Показатели контролеспособности:

- а) время, необходимое для контроля;
- б) изменение надежности вследствие введения в систему ЛА дополнительных контрольных элементов и их инфраструктуры;
- в) изменение веса и габаритов ЛА из-за установки контролируемых элементов;
- г) оптимальность выбора контролируемых параметров;
- д) эффективность выбранных методов контроля.

Контролепригодность - возможность доработки конструкции ЛА для внедрения в нее выбранной системы контроля.

Параметры контроля : основные - определяющие выполнение ЛА основных функций; **вспомогательные** - измерение которых вызывается необходимостью определения отказавшего элемента и которые характеризуют выполнение узлами, блоками и частями ЛА частных функциональных задач; **косвенные** - параметры, которые нельзя измерить непосредственно и о которых судят на основании измерений близко связанных с ними других величин. **Прямые** - параметры, которые можно непосредственно измерить.

Классификации технического контроля.

Классификация по назначению.

Входной контроль - на соответствие стандартам и ТУ поставляемых извне изделий 1 категории (новых).

Текущий контроль - осуществляется в процессе ремонта, сборки или изготовления изделия как послеоперационный.

Приемочный контроль - для проверки отремонтированных, собранных или изготовленных изделий.

Контроль испытаниями - для оценки соответствия фактических параметров изделия заданным в ТУ.

Эксплуатационный контроль - нормальной и опытной эксплуатации - диагностика ЛА, анализ отказов и неисправностей.

Классификация по степени охвата изделий.

Сплошной контроль - проверка всей предъявленной продукции. **Выборочный контроль** - подразделяется на простой и статистический - проверке подвергается выборка из общего количества продукции. Простой контроль не связан с непосредственным воздействием на производство. При статистическом - выборка и расчет параметров исправности ведется специальным образом и позволяет с большой долей вероятности судить о показателях, как если бы проводился сплошной контроль.

Классификация контроля по месту его осуществления.

Стационарный контроль - выполняется на специально оборудованной площадке (пункте). **Скользкий контроль** - осуществляется

непосредственно на рабочих местах. **Кольцевой контроль** - разновидность скользящего - обход работником ОТК рабочих мест, расположенных в порядке технологической цепочки с выборочным контролем изделий.

Классификация по степени технической оснащённости.

Ручной контроль - контроль ручными контрольно-измерительными приборами. **Механизированный контроль** - контроль специальными механизированными контрольно-измерительными приборами. **Автоматизированный контроль** - контроль без участия и вмешательства человека.

Активный контроль изделий, термины и определения.

Активный контроль - процесс наблюдения за образованием контролируемого параметра по ходу обработки или сборки изделия.

Устойчивость технологического процесса - цель активного контроля - способность техпроцесса сохранять по времени достаточную точность.

Качество изделий. Конечной целью системы контроля является обеспечение качества изделий (продукции).

Качество продукции - совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

Свойство продукции - объективная особенность, проявляющаяся при ее создании, эксплуатации или потреблении.

Показатель качества - количественная характеристика свойств продукции.

Стандарты показателей качества:

единичный - относящийся к одному свойству;

комплексный - относящийся к нескольким свойствам;

базовый - относящийся к исходной продукции при сравнительных оценках качества;

интегральный - комплексный показатель (например, суммарный полезный эффект), относящийся к суммарным затратам.

Классификация группы показателей качества:

по стадии определения - проектные, производственные, эксплуатационные;

по количеству свойств - единичные и комплексные;

по отношению к различным свойствам - показатели, по надежности, по эргономике, прочие (эстетические, технологические и др.);

по способу выражения - оцениваемые бальным способом и прочие (вероятность, проценты, размерность и др.);

по методу определения - органолептический (при помощи органов чувств), социологический, экспертный, расчетный, экспериментальный и др.;

по области применения - применяемые к единице продукции; совокупности единиц однородной продукции; совокупности единиц разнородной продукции.

по применению для оценки уровня качества - базовые и относительные.

Используемые данные из смежных дисциплин

Настоящий конспект лекций предполагает знакомство студентов с такими понятиями, как размер; отклонение; допуск при контроле изделий; сопряженные соединения; отверстие и вал; свободные поверхности; функциональные размеры; выбор размеров; номинальные и действительные размеры; предельные размеры; отклонения - верхнее и нижнее предельные, действительные; допуск; величина допуска; построение и обозначение классов точности; применение допусков.

Погрешности измерений и выбор измерительных средств.

Измерение - нахождение физической величины опытным путем с помощью технических средств. Прямое измерение - искомое значение величины находят непосредственно из опытных данных; косвенное - искомое значение находят расчетным путем по известным функциональным зависимостям от величин прямых измерений.

Методы оценки и сравнений - метод непосредственной оценки (непосредственный отсчет по нимубу измерительного средства) и метод сравнения с мерой.

Цена деления - разность значений величин - соседних отметок шкалы прибора;

Диапазон показаний - разность значений конечного и начального значения шкалы прибора;

Чувствительность измерительного прибора - отношение изменения показания измерительного прибора к вызывающему эту перемену изменению измеряемой величины.

Погрешность измерительного прибора - погрешность, свойственная средству измерения, находящемуся в нормальных условиях применения.

Классификация погрешностей измерений и их влияние на результаты точности величин изучается в соответствующих курсах и оперирует такими понятиями, как: величина погрешности измерения; систематическая погрешность; случайная погрешность; грубая погрешность; осреднение случайных погрешностей; предельная погрешность; средняя квадратическая погрешность.

Поля допусков, соединений и посадок.

Вопросы взаимозаменяемости в машиностроении регламентируются системой стандартов: "Основные нормы взаимозаменяемости" и "Единая система допусков и посадок". Эти стандарты используют нормы, разработанные Международной организацией по стандартизации и изучаются в курсе "Допуски, посадки и технические измерения". Но, в авиаремонтном производстве ремонтируется техника, где применялась

отечественная система, и основная масса чертежной документации выполнена в старом варианте. Поэтому представляется целесообразным краткое ознакомление с ней специалистов-ремонтников.

Обозначение допусков: А - основное отверстие; В - основной вал; Пр3, Пр2, Пр1 - соответственно прессовая третья, вторая, первая; Гр - горячая; Пр - прессовая: Пл - легкопрессовая; Г - глухая; Т - тугая; Н - напряженная; П - плотная; С - скользящая; Д - движение; Х - ходовая; Л - легкоходовая; Ш - широкоходовая; ТХ - тепловая ходовая. Эти поля допусков образуют 16 основных посадок в системе отверстия и 11-в системе вала.

Общие требования, предъявляемые к конструкции ЛА.

Аэродинамические требования; требования прочности; жесткости; наименьшего веса (массы); живучести; эксплуатационные требования (надежность); требования производственно-технологические (возможность применения прогрессивных и экономичных технологических процессов; технологичность конструкции.

Технические требования к управлению ЛА.

Достаточная прочность и жесткость, малый вес и небольшое сопротивление, простота производства и ремонта, удобство эксплуатации и достаточная живучесть; плавное возрастание усилий на штурвале и педалях; обеспечение необходимого отклонения рулей и элеронов; независимость; соответствующие люфты и трение; нормальная работа тросов; регулировка педалей.

Технические требования к покрытиям.

Хромированные - равномерный осадок без прогаров и шелушений; при толщине более 0,08 ... 0,1 мм допускаются мелкие дендриты; для износостойкого покрытия - цвет блестящий, для высокотемпературного покрытия - цвет молочный.

Химическое никелирование - цвет блестящий или матовый; не допускаются шелушения, пузыри, непокрытые места; после термообработки более 300° С допускаются цвета побежалости.

Медное покрытие - гладкое, мелкокристаллическое и однородное, не допускаются непокрытости, подгары, дендрита, пузыри и отслоение.

Никелевое покрытие - равномерный мелкокристаллический осадок серебристого цвета. После пескоструйки - матовый; после шлифовки и полировки - блестящий со слабым желтоватым оттенком.

Цинковое покрытие - без пассивации - мелкокристаллическое, сплошное, светло-серого цвета с голубоватым оттенком.

Кадмиевое покрытие - мелкокристаллическое, с гладкой однородной поверхностью, матовое или блестящее. Детали хромовой пассивации имеют сплошную золотисто-радужную окраску с зеленым или желтым оттенком. Не допускается отслаивание и губчатость, полосы и пузыри.

Серебряные покрытия - гладкие, мелкокристаллические, светлые, без дендритов, вздутий и пузырей.

Твердое анодирование - цвет от темно-серого до черного, не допускается растворение металла, образование рыхлой пленки и светлых пятен.

Оксидирование (воронение) стали - цвет от голубого до черного и темно-серого.

Измерение толщины покрытий.

Хром и никель химический - магнитным толщиномером; капельный метод - 1 капля 25 % раствора соляной кислоты растворяет слой толщиной в 1 мкм.

Цинк и кадмий - наносится капля раствора: йодистый калий - 2 весовые части, йод металлический - 1 в.ч., вода дистиллированная - 10 в.ч.. Выдерживается в течение 1 мин. Затем каплю вытирают насухо и операции повторяют до обнаружения основного металла. Толщина покрытия: $h = h_k (n - 1)$; где n - число капель: h_k - толщина покрытия, снимаемая одной каплей.

Никель - раствор для капельного метода: хлорное железо - 150 г , сернокислая медь - 100 г , уксусная кислота - 250 мл , вода дистиллированная - 1 л.

Твердое анодирование - снимает пленку на участке очерченным восковым карандашом раствором: ортофосфорная кислота - 200 г, хромовый ангидрид - 80 г , вода - 1 л. Толщина замеряется по разности уровней.

Анодирование сернокислотное и хромокислотное - 2...3 капли раствора: соляная кислота- 25 куб.см., двуххромовокислый калий- 3 г., вода дистиллированная- 75 куб. см. Засаекают время до позеленения капель. При толщине пленки 5 мкм при температуре 18 ... 21 гр. С и времени 12 мин., а при температуре 22 ... 26 С - 8 мин. - покрытие качественное.

Оксидированные стали (воронение) - покрытие качественное, если при нанесении 2% раствора медного купароса в течении 20 сек. на поверхности не образуется красной "контактной" меди. Второй способ - по отрыву магнита от стали. Чем толще покрытие, тем меньше усилие отрыва.

Технические условия на эксплуатацию деталей самолета.

В каждом конкретном случае пользуются величинами допусков на дефекты изделий, которые задаются документацией на самолет данного типа.

Элементы надежности АТ.

В процессе эксплуатации детали АТ подвергаются естественному износу, действию атмосферы и других факторов, вызывающих физико-механические и химические изменения материала. Это вызывает снижение работоспособности и, следовательно, ограничение ресурса АТ.

Ресурс АТ - наработка (в часах налета, годах хранения, циклах срабатывания, влетах-посадках и т.д.), в течение которых разрешается эксплуатация изделия АТ.

Ресурс до 1 капитального ремонта - (гарантийный) - наработка от начала эксплуатации до 1 капитального ремонта.

Межремонтный ресурс - ресурс между двумя последовательными капитальными ремонтами.

Назначенный ресурс - наработка изделия от начала эксплуатации до снятия изделия с эксплуатации. Равен сумме гарантийного и всех межремонтных ресурсов.

Надежность АТ - интегральное свойство, состоящее из:

безотказность - свойство изделия сохранять работоспособность в течение некоторой наработки без перерывов;

ремонтпригодность - свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей;

работоспособность - состояние изделия, при котором оно способно выполнять заданные функции с заданными параметрами;

долговечность - свойство изделия сохранять работоспособность в течение назначенного ресурса;

сохраняемость - свойство изделия сохранять работоспособность во время хранения и транспортировки;

Факторы, влияющие на надежность - конструктивные; производственные, эксплуатационные, ремонтные (АРЗ); **конструктивные факторы** - соответствие элементов конструкции режимам и условиям работы, условиям эксплуатации всей системы; **структура конструкции** - число и способ соединения между собой;

заменяемость и взаимозаменяемость; защищенность от воздействий атмосферы и других факторов; доступность для контроля, осмотра, регулировки, ремонта; удобство управления системами и поиска неисправностей; **производственные факторы** - качество применяемых материалов; совершенство технологии изготовления; совершенство испытаний и доводки; **эксплуатационные факторы** - соответствие режимов и условий эксплуатации заданным конструктором; квалификация летного состава и ИТР; методы и средства предполетной подготовки, регламентных работ, мелких и средних ремонтов; техническое снабжение; совершенство технологических и эксплуатационных методов эксплуатации; объективность и своевременность обмена информацией по надежности; **ремонтные факторы** - соответствуют производственным, но в части восстановления изделий.

Контроль и исследование технического состояния.

В целях получения обоснованных данных для разработки мероприятий, направленных на повышение надежности АТ, инженерно-авиационная служба эксплуатирующих организаций, отделы надежности и бюро анализа дефектов авиаремонтных заводов, научные организации, конструкторские бюро и заводы-изготовители АТ систематически проводят: контроль и исследование технического состояния АТ при различной

наработке; учет всех отказов и неисправностей, выявленных при эксплуатации, обслуживании и ремонте; изучение и анализ причин и условий появления отказов и неисправностей; исследование состояния ЛА с наибольшим налетом (подконтрольная эксплуатация); проведение доработок и оценка их эффективности.

Анализ неисправностей и отказов авиатехники.

Изучаются обстоятельства возникновения неисправностей, отказов и условий работы АТ (режим работы, наработка, налет, количество ремонтов и т.д.); проверяется правильность эксплуатации обслуживания и ремонта; подбор и изучение статистических материалов по аналогичным случаям отказов и неисправностей; определение характера неисправности или испытания; испытание авиатехники для выявления характера неисправности или отказа; разборка с анализом состояния деталей; установление предположительных причин неисправности; исследование влияния факторов, определяющих надежность, для проверки сделанных выводов и установления действительных причин; разрабатываются мероприятия по предупреждению.

Прогнозирование отказов и неисправностей - научно-обоснованное предсказание возникновения отказов на основе данных испытаний, измерений, наблюдений.

Прогнозирование методом сравнения - основан на сравнении показаний последовательных измерений параметров изделий, характеризующих их работу. В случае существенного расхождения параметров изделие считается ненадежным.

Прочность и длительная прочность соединения.

Условие прочности - отношение допускаемой нагрузки к расчетной эксплуатационной нагрузки больше единицы.

Длительная прочность - способность сопротивляться разрушению при длительном действии нагрузок.

Опыт эксплуатации свидетельствует о том, что разрушение силовых элементов конструкции узлов возникает в большинстве случаев в местах расположения разъемных и неразъемных соединений и на участках перехода к таким соединениям. Такого рода разрушения наблюдаются как при высоких кратковременно действующих статических нагрузках, так и при низких длительных повторных нагрузках.

Термокомпенсирование конструкций - свободное деформирование соединения деталей при нагревании без напряжений - основной метод нагрузки скрепленных деталей при свободном тепловом удлинении.

Долговечность соединения конструкций.

Выносливость - прочность конструкции при воздействии на нее повторно-статических нагрузок.

Нормирование выносливости - нормируется зависимость $Lg N$, где N - число циклов повторной нагрузки до разрушения при частоте нагружения 0,02 - 0,1 Гц.

Показатель выносливости - число циклов до разрушения образца при отношении максимальной нагрузки к расчетной 0,5. Минимальное число циклов $2 \cdot 10^3$.

Накапливание деформаций - в соединениях деталей напряжения распределяются неравномерно, происходит накопление пластических деформаций и образование усталостных трещин.

Повышение выносливости - ограничение местного напряжения; уменьшение числа зон концентрации напряжений - монолитные конструкции.

Воздействие акустических нагрузок - большая частота акустического нагружения вызывает усталостные трещины при небольшом уровне напряжения.

Деформация при скоростных и ударных нагружениях резко отличается от характера деформации при медленном нагружении.

Повышение вибропрочности изделий - использование эффекта внутреннего трения (амортизационные устройства, прокладки, покрытия); противовибрационные демпферы; увеличение жесткости; использование композиционных армированных материалов.

Снижение концентрации напряжений системы втулка-вал: увеличение диаметра вала в месте напрессовки втулки; исключение задиров; предварительная обкатка роликами места запрессовки; уменьшение жесткости шестерен проточкой канавок в месте перехода от вала к шестерне; зенковка и дорнование отверстия.

Повышение усталостной прочности пружин - заневоливание - предварительное нагружение пружины за предел текучести.

Факторы, влияющие на усталостную прочность - вынужденные и самовозбуждающиеся колебания; резонансные частоты; неожиданные разрушения при нерасчетных переменных напряжениях; усталость материала или недостаточная усталостная прочность.

Предел выносливости - наибольшая амплитуда напряжений, при которой конструкция может выдерживать какое угодно большое число циклов нагружения без разрушений.

Статическая нагрузка - чем больше статическая нагрузка, тем меньше предел выносливости.

Причины зарождения трещин - наличие небольших зон, в которых возникают внутренние силы, значительно более интенсивные, чем в основной массе материала детали. Главная причина - концентраторы напряжения, вызывающие в его окрестности местные напряжения. Местные напряжения в месте силовых концентраторов - контактные напряжения.

Перераспределение напряжений. В то время, когда основная масса материала находится в зоне упругих деформаций, в окрестностях концентратора образуется локальная зона пластических деформаций, выравнивающая местные напряжения.

Пути повышения прочности и срока службы - конструктивные (равномерное распределение внутренних сил): технологические (тщательная обработка поверхностей, покрытия, создание в деталях компенсирующих остаточных напряжений); металлургические (оптимальный выбор материалов и режимов термической обработки, цементация, азотирование, цианирование и др.); эксплуатационные (защита от коррозии, предохранение от повреждений, предупреждение от загрязнений).

Пути повышения усталостной прочности - устранение — заслон концентраторам напряжений; увеличение площади опасного сечения фасонной расточкой; уменьшение числа посадок на вал.

2.4.2 Обнаружение и определение неисправностей. Анализ и исследование деталей и систем.

Характеристики состояния систем.

Исправное состояние - состояние ЛА, когда все его характеристики соответствуют техническим условиям.

Неисправное состояние - имеет много стадий. Например, 1 стадия - нарушение покрытия, но при нормальном функционировании систем; затем, выход за пределы ТУ одной характеристики и, кончая полным отказом в работе системы.

Работоспособное состояние - положение системы, при котором она способна выполнять заданные функции с параметрами установленными ТУ. Система может находиться только в работоспособном или неработоспособном состоянии.

Отказ. - нарушение работоспособности. Признаки отказов оговариваются в технической документации.

Неисправность - нарушение исправности. Количество стадий неисправностей проявляется в отказе.

Классификация отказов:

По статистическому распределению времени безотказной работы - приработочные; вследствие износа, внезапные.

По методам предупреждения отказов

По характеру развития и проявления - внезапные и постепенные.

По критичности - критические - отказы, требующие прекращения полета или запрета на полет.

Основные правила при определении отказов и неисправностей:

1) осмотр свежих следов: 2) тщательно осматривать уязвимые места; 3) получить полные сведения от экипажа о внешних и "приборных" признаках отказа; 4) установить, все ли детали узла находятся на месте, разыскать недостающие.

Запрещается разбирать, резать, испытывать узел до завершения всестороннего анализа внешнего состояния; 5) ничего не считать раз и навсегда установленным; 6) не прибегать к поспешным решениям; 7)

исследовать даже малейшие следы; 8) привлечь и опросить по возможности больше специалистов и свидетелей; 9) сохранять отказавшие детали не только во время исследования, но и после него; 10) действовать по плану; 11) все вещественные доказательства и доводы "за" и "против" тщательно записывать; 12) вскрыть прямые и косвенные причины, связывая их в логические цепочки, 13) сведения подтверждать фактами.

Последовательность поиска неисправностей.

Принципы от простого к сложному - блочная система рассматривается как целая, затем проверяются поочередно блоки от простого к сложному блоку.

Поочередное отключение блоков с заменой их эталонными и регистрацией параметров .

Использование статистической информации - если имеется статистика по вероятностям появления неисправностей в системе и имеются данные о трудозатратах на обнаружение каждой этой неисправности, вычисляется **коэффициент последовательности проверок** - отношение вероятности к трудозатратам. Последовательность поиска - от максимального коэффициента к минимальному.

Автономные проверки - ведутся, если предыдущие не дали результата, при этом вырабатывают оптимальную последовательность и глубину поиска.

Осмотр, исследование и анализ разрушений.

Если среди разрушившихся деталей имеется деталь с усталостным разрушением, можно считать, что она разрушилась первой.

Макроскопический осмотр поверхности излома

Осмотр в натуре - наличие на поверхности излома окислов, следов затекшего масла, краски и т.д. помогает судить о пути и скорости распространения трещин и месте ее зарождения.

Очистка изломов - после осмотра изломы очищают (промывают в растворителе и т.д.) и высушивают. Осмотр изломов производится органолептически и методами оптической дефектоскопии. Как правило,осмотр ведется с постепенным переходом со все большим увеличением.

Фотографирование изломов производят при косом освещении для наиболее четкой передачи на фотоснимке особенностей строения излома. Кристаллические изломы фотографируют в затемненном поле во избежание бликов. Увеличение выбирается так, чтобы не снижать глубину резкости изображения.

Идентификация усталостного разрушения.

Наработка детали - от 1 до 5 млн. циклов нагружения.

Расположение и ориентация трещин - на участке зарождения - зигзагообразная форма; на участке собственно усталостного развития - плавная. Усталостное разрушение происходит по месту наибольшей

концентрации напряжений. Листовой и тонколистовой материал - поверхность излома перпендикулярна поверхности листа (при статическом - ряд площадок, наклоненных к поверхности листа). Отсутствие следов пластической деформации - дополнительный признак усталостного нагружения.

Воспроизведение излома - если по внешним признакам нельзя установить характер излома, берут целую деталь и подвергают разрушению воспроизводя схему нагружения. Изломы сравнивают.

Оценка условий нагружения - установление характера приложения внешних сил по расположению и зоне излома.

Концентратор напряжения - устанавливается по месту расположения очага разрушения и фокуса излома. При анализе концентратора необходимо устанавливать степень воздействия концентратора на излом. Для этого обычно путем сопоставления сравнивают данную поломку с ранее имевшимися. Если всегда присутствует концентратор - это основная причина поломки, если иногда - способствующий фактор.

Признаки перегрузки - оценка ведется по: соотношению зон собственно усталостного разрушения и зоны "долома" (чем больше зона "долома," тем выше перегрузка); смещению ядра долома к центру сечения детали (чем больше смещение к центру, тем выше перегрузка); чем больше количество одновременно возникших очагов разрушения, тем выше перегрузка; чем гуще усталостные линии и интенсивнее блеск поверхности излома, тем выше перегрузка.

Дефектация и контрольно-проверочные процессы.

Дефектация - процесс проверки технического состояния, надежности деталей. При этом производится отбраковка негодных деталей, подбор годных, определяется вид и объем ремонтно-восстановительных работ.

Основные правила дефектации.

1. Размеры деталей измеряют при температуре +20° С. если это условие не соблюдается - вносятся поправки с учетом линейного расширения материала.

2. Сопряженные детали (пары) измеряет один и тот же исполнитель.

3. На участке дефектации (так же, как и на всех других участках ремонта и сборки) должно соблюдаться единство всех измерительных и контрольно-проверочных средств.

4. Приработанные трущиеся пары могут быть допущены для выработки остаточного ресурса с ремонтным зазором. Окончательные размеры деталей и зазоры определяются после ремонта.

5. Ремонт деталей производится после окончательной дефектации.

6. Участок дефектации должен быть изолирован от других производственных участков, иметь хорошее освещение с рассеянным светом: для осмотра ответственных деталей (например, подшипников) иметь рабочее место, оборудованное лампами дневного света.

7. Общее освещение участка дефектации должно быть не менее 200лк, местное - не менее 2000 лк (для люминисцентных ламп); для ламп накаливания - общее, не менее 100 лк, местное - не меньше 1000 лк.

8. На участке должны быть переносные матовые лампы с отражателями.

9. Состояние стен, потолка должно исключать попадание на детали пыли и грязи.

10. Применяемый при дефектации инструмент должен быть лучшего качества, чем на других участках.

11. Все детали и узлы,прибывающие на дефектацию,должны быть уложены в специальную тару (сортовики) и тележки. Все трубопроводы и каналы деталей и узлов должны быть заглушены.

12. Детали, забракованные и не подлежащие восстановлению, следует немедленно клеймить браковочным клеймом или окрашивать красной краской и убирать в отдельное помещение или в изолятор брака. Рекомендуются всегда точно учитывать износы и дефекты деталей для статического анализа.

Основные контрольно-проверочные процессы - осмотр поверхностей деталей; обмер сочленяющихся деталей для проверки геометрических размеров, посадок, зазоров: измерение размеров; определение глубины коррозионных повреждений; контроль триботехнических характеристик и другие.

2.4.3 Характерные дефекты изделий АТ.

Неисправности подшипников качения - коррозия тел качения; тугое вращение вследствие недостатка смазки, попадания пыли и грязи; "хруст" при вращении из-за деформации наружного кольца при его запрессовке в гнездо и завальцовке; проворачивание колец в гнездах и на валу из-за слабой посадки и износа посадочной поверхности; выкрашивание дорожек качения и поверхностей качения; износ от загрязнения; образование лунок на дорожках качения из-за пульсирующего характера нагрузки; износ тел качения под действием осевых нагрузок; разрушение и неисправности сепаратора; выпадение шариков; выпадение и смятие шайб; цвета побежалости; риски, надирь. наволакивание металла.

Контроль работоспособности подшипников качения - проверка: на вращение, на намагниченность, осевых и радиальных зазоров: перекося внутреннего кольца. Проверка подшипников качения запрессованных в стаканы оценивается по эталону перемещения внутреннего кольца относительно наружного или путем раскрытия подшипника.

Краны, клапаны, редуктора - внутренняя негерметичность кранов из-за рисков, надиров, коррозии на сопрягаемых поверхностях деталей. увеличенные по сравнению с допускаемыми зазоры,овальность и конусность золотниковых пар вследствие износа: эрозионные округления (износ) на отсечных кромках поясков. Внешняя и внутренняя негерметичность клапанов из-за износа, усадки или разрушения

уплотнительных деталей. Для воздушных редукторов - негерметичность в соединениях, нарушение регулировки, износ и коррозия деталей.

Дефекты остекления - возникают от воздействия аэродинамических нагрузок, избыточного давления, резкого перепада температур, атмосферных осадков, ультрафиолетовых лучей. Основные дефекты - уменьшение прочности; растрескивание (серебро); царапины, заколы, забоины, глубокие трещины, отслаивание ленты мягкого крепления, нарушение герметичности кабин в местах заделки стекол, помутнение; увеличение напряжений в стекле.

Обшивка - ослабление заклепок - внешними признаками могут быть: "дымление" заклепок - следы гари и копоти у мест заклепки гнезда под заклепку; образование венчика закладной головки, перекося.

Волнистость - или гофрообразование. Возникает обычно в пределах "клетки", образованной стрингерами, нервюрами, шпангоутами и другими силовыми элементами каркаса, вследствие потери устойчивости листа обшивки из-за деформации конструкции. Небольшие гофры называют "хлопуны".

Трещины - наиболее часто возникают в местах крепления к элементам каркаса.

Вмятины - вследствие попадания посторонних предметов и неаккуратного проведения технического обслуживания ЛА.

Силовые элементы каркаса планера - частичное или полное разрушение полок и ребер поясов лонжеронов, разрушение лонжерона по всему сечению, деформация поясов и стенок лонжеронов, частичное или полное разрушение стрингеров, нервюр, шпангоутов. На стенках стрингеров могут быть трещины, забоины.

Лопастей несущих и хвостовых винтов вертолетов:

на металлических лопастях - нарушение лакокрасочного покрытия; пробоины и трещины на обшивке, полках нервюр и хвостовом стрингере; отслаивание обшивки от элементов каркаса; повреждения оковок и обтекателей; на деревянных лопастях хвостовых винтов - нарушение лакокрасочного покрытия; отслаивания твердотелочного покрытия; разрушение оковок и деталей их крепления: отказы противообледенительной системы.

Детали и узлы управления - на деталях и узлах жесткой проводки - нарушение защитного покрытия и коррозия тяг, качалок и кронштейнов; трещины; риски, забоины, вмятины; износ труб тяг под направляющими роликами; ослабление трубчатых заклепок и их смятие регулирующими наконечниками тяг; неисправности шарикоподшипников и других деталей соединений.

Тросовое управление - "завершенность" троса из-за обрыва отдельных проволок; заломы, вмятины, засечки; на проволоках прядей: коррозия, износ, вытяжка троса; ослабление заделки троса в наконечниках; выкрашивание, вмятины, глубокий износ реборд и

рабочих канавок роликов; неисправности шарикоподшипников направляющих роликов.

Агрегаты жидкостно-газовых систем - характерные неисправности - негерметичность внешняя и внутренняя. Внешняя негерметичность характеризуется появлением течи через уплотнения в соединениях, сварных и паяных швах; внутренняя негерметичность - перетекание рабочего вещества из одной полости агрегата в другую через неисправные уплотнения. Заедание и заклинивание движущихся частей вследствие попадания в рабочие зазоры пыли, коррозии и других частиц. Трещины, забоины, вмятины, риски, коррозия деталей.

Трубопроводы - негерметичность соединений; разрушение (трещины) труб и соединительной арматуры; вмятины, забоины, потертости, скручивание; нарушение защитного покрытия и коррозия.

Силовые цилиндры - трещины на деталях и сварных швах соединений; наружная и внутренняя негерметичность из-за износа и повреждений сочленяемых поверхностей и уплотнительных деталей: деформация стенок цилиндров и штоков; износ деталей замков и пружин; коррозия деталей, особенно воздушных цилиндров. На внутренней поверхности цилиндров - риски, царапины, надирь, коррозия.

Взлетно-посадочные устройства - на амортизационных стойках передних и задних ног шасси: трещины в сварных швах и по основному металлу; износ рабочих поверхностей штоков, букс, цилиндров; негерметичность уплотнений из-за разрушений и износа; коррозия. Колеса шасси - дефекты корпусов (барабанов, реборд) колес, деталей и узлов тормозов, износ и повреждения камер и покрышек. На галтелях и в пазах могут быть забоины, надирь. На беговых дорожках колец шарикоподшипников - трещины, надирь, цвета побежалости. Тормозные колодки - неравномерный износ, сколы.

Турбины авиационных двигателей - перегрев и разрушение во время эксплуатации, усталостное разрушение в связи с образованием трещин; забоины; коррозия; налет твердых продуктов сгорания; увеличение шероховатости поверхности лопаток. Особенностью разрушения лопаток является их вытяжка с образованием шейки, в самом узком месте которой и происходит обрыв. Усталостное разрушение, в основном, по первому пазу елочного замка и по профильной части пера. На втулке вала турбины, шлицах вала и ведущей шлицевой втулке - наклеп, наволакивание металла и надирь. У корпуса турбины и наружной обоймы соплового аппарата - усадка, коробление, трещины на перемычках отверстий под болты.

Компрессора авиационных двигателей - на входной части компрессора - царапины, забоины, вмятины, шероховатость поверхности эрозионного происхождения. На корпусных деталях - трещины, забоины на стенках, шероховатость внутренней полированной поверхности, нарушения лакокрасочного покрытия, выкрашивание талькового покрытия

лабиринтного уплотнения, выработка в отверстиях под цапфы направляющих лопаток, наклеп и надиры на посадочных поверхностях корпуса подшипника. На направляющих и спрямляющих лопатках - забоины и трещины, на стальных лопатках - коррозия, на цапфах -наклеп. На роторах - шероховатость, износы, забоины на лопатках воздухозаборников - шероховатость рабочих поверхностей, наклепы и выработки лопаток рабочих колес. На роторах - забоины и надиры резьб цапф, изменения посадки подшипников, срыв резьбы на цапфах, забоины и надиры на лабиринтах. На лопатках - забоины, шероховатость. увеличение тангенциального люфта, погнутость, трещины, расслоение металла. На шариковых и роликовых подшипниках - выработки, выкрашивание, трещины, следы перегрева, коррозия.

Тонкостенные детали горячего тракта - коробление, трещины, истирание посадочных поверхностей, обгорание кромок, местный перегрев (и прогары) металла, разрушение защитных покрытий, ослабление мест крепления.

Агрегаты топливной аппаратуры - их дефекты аналогичны самолетным агрегатам. На форсунках - царапины, забоины, погнутость, разрыв сопел, эрозия, отложения, засорение, износы и наклепы.

2.4.4 Основные методы неразрушающего контроля

Оптическая дефектоскопия

Определение метода - метод неразрушающего контроля органолептического визуального действия, в том числе с использованием оптических приборов.

Физические основы - законы распространения и преломления света в системах оптических приборов и взаимодействия света с контролируемым объектом.

Факторы, влиявшие на видимость - субъективные органолептические способности: контрастность; яркость; угловые размеры контуров; резкость контуров; продолжительность видения. По каждому из этих свойств существует **порог видимости**.

Порог контрастной чувствительности - минимальный различаемый глазом яркостный контраст предмета и фона. В среднем для людей он равен 1...2 %. Практический порог для дефектации около 5 %.

Острота зрения - при достаточных освещенности и контрасте глаз различает объекты, угловой размер которых выше некоторой определенной величины. Эта величина - острота зрения - в среднем 2...4 '. При остроте 2' на расстоянии 250 мм различаются элементы деталей размером не менее 0,15 мм.

Назначение оптических приборов - увеличение углового размера рассматриваемого объекта и, как следствие, остроты зрения.

Недостатки оптических приборов - сокращение поля зрения и глубины резкости; снижение производительности и надежности контроля.

Классификация приборов:

1) для рассматривания мелких близко расположенных объектов:

лупы - карманные складные однолинзовые (увеличение в 2,5 ... 7 раз) и трехлинзовые апланатические (6 ... 20 раз); обзорные складные (до 2 раз); часовые (1,7 ... 10 раз); зерновые на штативе и с постоянным рабочим расстоянием (4,5 раз); текстильные; биноккулярные налобные - крепятся на голове человека, имеют подсветку, наблюдение ведется двумя глазами - стереоскопичность (объемность и глубина) изображения; измерительные (для измерения линейных размеров по встроенной шкале); телескопические (4...40 раз).

микроскопы - стереоскопические с постоянными (3,5...88 раз) и сменными объективами (6,3 ... 320 раз).

2) приборы для рассматривания удаленных предметов:

телескопические лупы;

бинокли - галилеевские (где окуляром служит рассеивающая линза, образующая прямое изображение рассматриваемого объекта (большая светосила, но малое поле зрения) и призмные (большое поле зрения и стереоскопичность). Обозначения биноклей: Б - бинокль призмный; БГ - бинокль галилеевский; Т - театральный; П - полевой и морской; Ш - широкоугольный; 0 - для носящих очки.

3) приборы для рассмотрения скрытых объектов:

бронхоскопы и техноэндоскопы - для осмотра полостей глубиной до 500 мм. Бронхоскопы позволяют производить прямое наблюдение глубоких поверхностей; техноэндоскопы имеют боковое направление осмотра.

перископический микроскоп - для осмотра способом бокового обзора внутренней поверхности труб и протяженных закрытых конструкций. Оборудованы осветителем. Диаметр осматриваемых отверстий более 35 мм, глубина до 900 мм, увеличение до 4 крат.

Приборы для осмотра внутренней поверхности полых изделий - типа РВП состоят из сменных объективов, окуляров, оборачивающейся системы в неразборных и разборных трубах и системы подсветки.

Эндоскоп коленчатый управляемый - трубчатой конструкции. Объективная часть может отклоняться и вращаться вокруг своей оси. Управление отклонением - стержневая с червячной передачей; вращением - тросовая. Полная длина до 850 мм; отклонение до 135 мм; диаметр эндоскопа - 30 мм.

Гибкие эндоскопы - для передачи изображения используется жгут волокон с регулярной укладкой на торцах. Свет в зону осмотра подается по стекловолоконному световоду.

Магнитная дефектоскопия.

Определение - метод неразрушающего контроля ферромагнитных деталей, предназначенный для обнаружения поверхностных и подповерхностных дефектов.

Физическая сущность - регистрация магнитных полей рассеяния, возникающих в результате взаимодействия магнитного потока с дефектами.

Основные методы: **Магнитопорошковый** - основан на выявлении полей над дефектами с помощью ферромагнитного порошка, взвешенного в жидкости. **Магнитографический** - основан на записывании полей рассеяния дефектов на ферромагнитной ленте с последующим их обнаружением с помощью воспроизводящей головки и электронно-лучевой трубки.

Технология магниторошкового контроля:

Чувствительность метода - поверхностные дефекты шириной раскрытия больше 0,001 мм и глубиной 0,01...0,03 мм; подповерхностные - на глубине до 3 мм. **Подготовка к контролю** - удаление загрязнений (влаги, коррозия, масло и т.д.), покрытий толщиной > 30 мкм; заглушивание отверстий; нанесение на детали с темной поверхностью белой краски слоем до 5 мкм при использовании черного магнитного порошка. **Намагничивание** - воздействие на деталь магнитным полем таким образом, чтобы магнитные силовые линии пересекали дефект под возможно близким к прямому углом, то есть перпендикулярно.

Классификация намагничивания:

По виду применяемого тока - постоянный и выпрямленный пульсирующие токи - для выявления поверхностных и подповерхностных дефектов, вследствие глубокого проникновения поля в глубь металла; переменный и импульсный токи - для выявления поверхностных дефектов, вследствие вытеснения тока к поверхности (поверхностный эффект).

По типу применяемого магнитного поля - **циркулярное намагничивание** - ток пропускают через деталь или медный стержень на который надевается полая деталь или по тороидальной обмотке, намотанной на деталь. Через внутренние отверстия продевают токопроводящий кабель. Силовые магнитные линии имеют вид замкнутых контуров расположенных в плоскости, перпендикулярной направлению тока. Для выявления продольных и радиальных дефектов. **Полюсное намагничивание** - магнитные силовые линии проходят часть пути по детали, а часть по воздуху, что обуславливает появление полюсов на концах детали. Проводится в катушке или токопроводящий кабель наматывается на деталь. Для обнаружения дефектов, расположенных поперек и под углом к продольной оси детали. **Комбинированное намагничивание** - проводят в приложенном поле с расположением магнитных силовых линий по винтовой линии. Для выявления как продольных так и поперечных дефектов.

Нанесение магнитной суспензии - проводят поливом или окунанием. Если суспензия наносится после выключения магнитного поля - ведется **контроль на остаточной намагниченности**; если без снятия магнитного

поля - **контроль в приложенном магнитном поле.** Первый способ для магнитотвердых материалов, второй - для магнитомягких.

Контроль деталей - проводится методами оптической дефектоскопии при освещенности 3000...4000 лк для ламп накаливания и 4000 ... 5000 лк для люминисцентных.

Размагничивание - удалением деталей из соленоида, питаемого переменным током промышленной частоты; пропусканием убывающего по амплитуде переменного тока через деталь, кабель, соленоид или стержень; коммутацией постоянным током, уменьшаемым до нуля при пропускании его, как в предыдущем случае; нагреванием деталей до точки Кюри.

Специальные (особо чувствительные) способы магнитного контроля - нанесение на поверхность намагниченной детали воздушной взвеси мелких частиц магнитного порошка; контроль деталей без их извлечения из суспензии.

Магнитные порошки и суспензии - черный магнитный порошок (закись-окись железа); красный порошок (гамма-окись железа); серый порошок (смесь черного порошка и алюминиевой пудры); флуоресцирующие порошки; цветная магнитная паста; водные суспензии (для обезжиренных поверхностей); органические суспензии.

Признаки дефектов при магнитном контроле:

закалочные трещины - плотные извилистые валики;

шлифовочные трещины - тонкие штрихи, короткие извилистые линии в направлении, перпендикулярном направлению шлифования.

непровары - размытые полосы;

усталостные трещины - плотные валики, чаще в местах концентрации напряжений;

волосовины - тонкие неметаллические включения - прямые линии или черточки.

Признаки мнимых дефектов:

В местах касания намагниченной детали каким-либо острым ферромагнитным предметом - образуется скопление магнитного порошка в форме размытого валика. Для расшифровки - при повторном намагничивании порошок в этом месте не осаждается.

В местах резкого уменьшения сечения намагниченного изделия - размытое осаждение порошка. Для расшифровки дополняют сечение детали ферромагнитным предметом и повторно намагничивают. Если дефекта нет - порошок в этом месте осаждаться не будет.

В местах рисок - слабое осаждение порошка. Для расшифровки подозрительный участок зачищается наждачной бумагой.

В местах местного поверхностного наклепа металла и забоин - размытые полосы или точечные скопления. Зона наклепа и забоины обычно видны методами оптической дефектации.

В местах карбидной полостности и ликвации - аналогичен осаждению порошка над трещинами. Целесообразно проверить дефект другими методами неразрушающего контроля.

В местах раздела структур металла - широкая полоса с нечеткими границами. Она легко отличима от других дефектов.

На границе сварных швов и основного металла - происходит осаждение порошка. Если возможно - зашлифовать подозрительное место на небольшой длине и повторно проверить. При циркулярном намагничивании ложных осадений порошка практически не бывает.

Классификация дефектоскопов - стационарные, передвижные, переносные. Существуют также приборы для определения концентрации магнитного порошка в суспензии, полусоискатели, приборы контроля размагниченности.

Капиллярная дефектоскопия.

Определение - капиллярная дефектоскопия или люминисцентная и цветная дефектоскопия - метод неразрушающего контроля, предназначенный для обнаружения невидимых невооруженным глазом поверхностных дефектов путем создания индикаторных рисунков с высоким оптическим (яркостным и цветовым) контрастом и с размерами, превышающими размеры дефектов.

Физическая сущность - на деталь наносят специальную смачивающую (проникающую) жидкость, которая под действием капиллярных сил заполняет полости поверхностных дефектов. Жидкость с поверхности детали удаляют и наносят проявитель, который адсорбирует жидкость, образуя индикаторный рисунок.

Индикаторные рисунки - в зависимости от метода капиллярной дефектоскопии обладают цветом (наибольший контраст, возбуждающее действие, зрительное ощущение при красном цвете), люминисцируют при осмотре в ультрафиолетовых лучах и хорошо выявляются оптическими методами контроля.

Основные технологические операции.

Подготовка деталей к контролю - очищение поверхности деталей и освобождение полостей дефектов от загрязнений, препятствующих их обнаружению. Удаляют масла, смазки, нагар, окиснув пленку, коррозию, лакокрасочные и, иногда, и гальванические покрытия. Наиболее ответственная операция - обезжиривание, поскольку влияет на смачиваемость (растекаемость) и капиллярные эффекты.

Сушка деталей - для освобождения полостей дефектов от растворителей, применяемых для очищения. Способы сушки: выдержка деталей на воздухе; обдувка сжатым воздухом; прогрев в печи, термостате или сушильном шкафу; сушка в вакууме; высокотемпературный прогрев в среде инертных газов или вакууме.

Нанесение проникающей жидкости - жидкость наносят на подготовленную поверхность погружением деталей в ванну, распылением,

обливанием или кистью и выдерживают ее на поверхности столько времени, сколько требуется для капиллярного заполнения контролируемых поверхностей.

Удаление проникающей жидкости - производится, чтобы предотвратить появление окрашенного или светящегося фона на бездефектной поверхности детали и сохранить его в полостях поверхностных дефектов.

Технология удаления - при контроле методом цветной дефектоскопии на поверхность детали наносится масляно-керосиновая смесь. Она наносится на последний невысохший слой проникающей жидкости. Затем детали протирают сухой чистой ветошью. **Люминисцентные жидкости** смывают окунанием в ванну с проточной водой. На **деталях сложной формы** используют барботирование удаляющих жидкостей или промывку с помощью жесткой кисти. На **малых участках деталей** люминисцентную жидкость удаляют протиркой ветошью или кистью, смоченной водой.

Способы нанесения проявителя на детали: проявители, порошки и суспензии - погружением; суспензии и краски - струйное нанесение или кистью. **Осмотр деталей** - деталь осматривают через 15...60 минут после нанесения проявителя. Освещенность рабочих мест - 4000 лк для люминисцентных и 3000 лк для ламп накаливания при цветной дефектоскопии. Ультрафиолетовая облученность при люминисцентной дефектоскопии - 700...1200 черных люкс.

Основные признаки дефектов:

1. Трещины, волосовины, заковы, непровары - четкие линии различной конфигурации.
2. Растрескивание материала, межкристаллидная коррозия - группы отдельных коротких линий или сетки. Межкристаллидная коррозия мелкозернистых сплавов - пятна, размывы, полосы.
3. Поры, язвенная коррозия, выкрашивание материала, эрозионные повреждения - отдельные точки или небольшие пятна.

Ложные дефекты - за ложные трещины могут быть приняты царапины и риски, галтели малого радиуса, уступы, сколы окисной пленки, следы лакокрасочных покрытий, окрашенные волокна ветоши.

Анализ рисунка дефектов - по различным дополнительным признакам устанавливают, имеется ли действительный дефект или ложный. Такими признаками могут быть: место расположения, направление, протяженность рисунка, конфигурация линий, наличие изломов, изгибов, четкость контуров рисунка, цвет и насыщенность окраски, характер микрорельефа поверхности и другие.

Очистка деталей от технологических материалов - проявляющие порошки удаляют водой, проявляющие краски - погружением в ванну с растворителем или электрохимическим способом.

Область применения капиллярной дефектоскопии.

Обнаруживаемые дефекты - открытые поверхностные дефекты - шлифовочные, термические, усталостные трещины, волосовины, закаты, заковы, различные виды коррозии и другие.

Чувствительность - для цветной - ширина раскрытия трещины у поверхности более 0,001 мм, глубиной более 0,01 мм и длиной более 0,1 мм. Люминисцентно-порошковый, аналогично, ширина раскрытия трещины у поверхности более 0,01...0,03 мм, глубиной более 0,03...0,04 мм, длиной более 3 мм. Люминисцентно-красочный на уровне цветного.

Капиллярные методы для ферромагнитных материалов применяют только когда не применима или неэффективна магнитная дефектоскопия. Благодаря высокой чувствительности используется и для подтверждения дефектов, выявленных другими методами.

Дефектоскопы и другие приборы.

Дефектоскопы представляют обычно чемоданы с гнездами для размещения флаконов с дефектоскопическими материалами, переносными лампами, краскораспылителями, лупами и контрольными образцами для проверки качества красок и жидкостей. К ним прилагаются смывки, защитные мази, резиновые перчатки и напалечники, запасы кистей и ветоши.

Люминисцентные дефектоскопы снабжены ультрафиолетовыми источниками главным элементом которых являются ртутные лампы высокого и сверхвысокого давления. Для выделения ультрафиолетовых лучей в спектре видимых и инфракрасных лучей используют светофильтры.

Акустические методы дефектоскопии.

Определение - метод неразрушающего контроля, основанный на использовании результатов взаимодействия упругих колебаний с контролируемым объектом.

Физическая сущность - упругие колебания - периодическое изменение состояния материальной среды. Возмущения, распространяющиеся в упругой среде, называют волной. Упругие колебания: инфразвуковые (ниже 16 Гц), звуковые (16... 20000 Гц), ультразвуковые (20000 до 10^9 в 9 степени Гц), гиперзвуковые. Типы колебаний - продольные, поперечные, поверхностные, нормальные и другие.

Ультразвуковая дефектоскопия - основана на использовании свойств упругих колебаний: направленного распространения звука в материальной среде с большой скоростью слабо расходящимся пучком; отражения, преломления и трансформации звука на границе раздела двух материальных сред; дифракции и затухания.

Получение упругих колебаний - основано на использовании пьезоэлектрического эффекта некоторых кристаллов - кварца, титаната бария, цирконата-титаната свинца.

Основные методы акустической дефектоскопии -

Импульсный эхо-метод - излучение в контролируемый объект ультразвуковых колебаний и прием отраженных сигналов. УЗК отраж-

аются от дефектов в материале отлично от отражения от концевых поверхностей детали, что фиксируется на экране приемника. Применяется для выявления внутренних и наружных дефектов, контроля толщины деталей и покрытий, структуры материала и других характеристик, если имеется односторонний подход к стенке детали.

Теневой метод - сквозное прозвучивание контролируемого объекта УЗК. Излучатель и приемник УЗК расположены по разные стороны стенки детали. Звуковые колебания, пройдя через деталь преобразуются приемником в электрические сигналы. При однородном материале и его толщине интенсивность УЗК почти неизменная. Дефекты уменьшают (затеняют) интенсивность УЗК.

Резонансный метод - основан на измерении частот и амплитуд УЗК. В деталь вводят УЗК меняющейся частоты, которые распространяясь в ней, отражаются от противоположной поверхности. На определенной частоте наступает явление резонанса. Возрастает амплитуда колебаний, увеличивается потребляемая энергия и уменьшается входное сопротивление нагрузки генератора. Резко возрастает анодный ток генератора, что регистрируется индикатором. Определив частоту колебаний f и зная скорость распространения УЗК в материале детали с вычисляют толщину детали $f = nc/2f$. При резонансе на основной частоте - порядок гармоники $n = 1$.

Применяется для измерения толщин, зон коррозионного поражения. непроая, непроклея в листовых соединениях, расслоения в тонких листах и биметаллах, определения уровня жидкости в закрытом сосуде.

Импедансный метод - основан на измерении механического сопротивления (импеданса) контролируемого объекта в местах контакта с ним искателя.

С помощью излучателя в изделии возбуждаются упругие колебания. Если излучатель находится над участком, например, с цельным клеевым или паяным соединением, сила реакции изделия на стержень достигает большой величины. Над непроклеенной зоной сила реакции резко уменьшается. На обкладках приемного пьезоэлемента возникает электрическое напряжение пропорциональное силе реакции, которое передается на индикаторное устройство.

Механический импеданс $Z = F/V$ - отношение возмущающей силы к скорости частиц среды в точке приложения силы.

Метод свободных колебаний - основан на возбуждении упругих колебаний в контролируемом объекте и анализе характеристик собственных колебаний объекта. Сущность контроля заключается в регистрации изменения частоты и логарифмического декремента затухания свободных колебаний твердого тела при нагружении сплошности его материала.

Логарифмический декремент затухания - натуральный логарифм декремента затухания - отношение "предыдущего размаха" колебания к

последнему за определенное время. Показатель затухания характеризует затухание колебаний в единицу времени. Логарифмический декремент - затухание колебаний за период.

Контроль методом свободных колебаний состоит в том, что в изделия с помощью ударника возбуждаются свободные колебания. Спектр их частот регистрируется пьезоэлементом, преобразуется в электросигнал и подается на фильтр, пропускающий лишь спектр колебаний "дефектного" участка.

Технология акустического контроля включает в себя: цель, зоны и чувствительность контроля; место ввода УЗК в деталь: дефектоскоп; угол ввода и тип УЗК; жидкость для обеспечения акустического контакта; порядок проведения контроля (подготовка к контролю, размещение аппаратуры и принадлежностей, разбивка деталей на зоны контроля, нанесение контактной жидкости; установка и сканирование искателя; наблюдение за индикатором; идентификация дефектов); частота УЗК; искатель; контрольный образец (эталон); обеспечение акустического контакта: расшифровка результатов контроля; отбраковка деталей.

Основные детали и узлы ЛА с акустическим контролем: лопатки роторов турбин и компрессоров АД на наличие дефектов материала их кромок (трещин, межкристаллической коррозии, крупных зерен и т.д.); цельноштампованные кожухи камер сгорания; диски ступеней компрессора и турбины; лопасти воздушных винтов; авиационные колеса и другие.

Основные виды дефектоскопов: ультразвуковые импульсные толщинометры; импедансные акустические дефектоскопы; структурные анализаторы - дефектоскопы; специализированные ультразвуковые искательные головки.

Вихретоковая дефектоскопия (электромагнитная, токо-вихревая дефектоскопия).

Определение - метод неразрушающего контроля, основанный на использовании законов возникновения вихревых токов, появляющихся при изменении пронизывающего электропроводный материал магнитного потока, и измерений обратного действия этих токов на возбуждающую (первичную) обмотку или измерительную катушку.

Физическая сущность - если к поверхности металлического изделия подносится катушка, по которой протекает переменный ток, в металле возникают замкнутые вихревые токи, величина которых зависит от величины и частоты возбуждающего переменного тока, электропроводности материала, его магнитной проницаемости, относительного расположения катушки и изделия, размеров и формы последнего, а также от наличия и величины дефектов типа несплошности материала. Собственное магнитное поле вихревых токов стремится противодействовать изменениям магнитного потока, индуктирующего

вихревы токи, вследствие чего эти токи будут влиять на величину полного сопротивления катушки возбуждения, которое может быть измерено.

Явление изменения полного сопротивления катушки используется для обнаружения дефектов, различий физических свойств или химического состава материала.

Глубина контроля - вихревые токи концентрируются вблизи поверхности детали, поэтому метод пригоден для контроля поверхностных и подповерхностных дефектов.

Область применения - трещины усталости и другие поверхностные дефекты типа несплошности материала протяженностью более 1...3 мм, шириной более 1...2 мкм, глубиной более 0,15 мм. Могут контролировать качество термообработки, режимы поверхностной обработки, изменение толщины защитных покрытий, изменение электросопротивления материалов и другие.

Рентгенография и гаммографирование.

Определение - методы неразрушающего контроля, предназначенные для обнаружения внутренних дефектов в материалах путем их просвечивания проникающими рентгеновскими или гамма-лучами, основанные на различии ослабления этих лучей при прохождении сквозь участки изделий разной плотности и протяженности в направлении просвечивания.

Физическая сущность - рентгеновские и гамма-лучи - коротковолновые электромагнитные колебания. Рентгеновские лучи возникают при торможении катодных лучей (электронов) при столкновении с атомами металла анода рентгеновской трубки. Г-излучение имеет ядерную природу и возникает при переходе ядра атома из одного энергетического состояния в другое. Лучи, проходя сквозь металлы, в различной степени поглощаются веществами с различной плотностью, вызывают фотохимические эффекты, ионизируют молекулы газа, вызывают свечение некоторых веществ.

Процесс, контроля - источник излучения устанавливается на определенном расстоянии от контролируемого изделия. С другой стороны располагается детектор, регистрирующий это излучение. Интенсивность зарегистрированного излучения будет различна в зависимости от состава, плотности и толщины материала.

Классификация методов контроля - в зависимости от вида детектора: фотографический (радиографический) - получение изображения на рентгеновской пленке; визуальный (радиоскопический) - получение изображения на осцилляторном, электролюминисцентном или телевизионном экране; ионизационный (радиометрический) - регистрация величины тока гальванометром в ионизационной камере.

Наиболее чувствительный и распространенный метод - фотографический.

Основные технологические операции - подготовка деталей к просвечиванию; выбор пленок, выбор и зарядка кассет рентгеновской пленкой; установка просвечиваемых деталей и кассет; выбор режимов просвечивания; просвечивание деталей; фотообработка пленок; расшифровка снимков.

При расшифровке целесообразно сравнивать снимок контролируемой детали с эталонами.

Область применения - выявляются газовые поры, шлаковые включения, непровары, трещины, подрезы, прожоги в сварных соединениях, разностенность полых деталей, внутренняя коррозия, неправильная заделка наконечников шлангов и тросов, взаимное положение деталей закрытых механизмов и другие скрытые дефекты.

Основным этапом технологического процесса ремонта, влияющим на всю послеремонтную надежность изделий, является определение технического состояния деталей - дефектация. На эту работу в равной степени влияют различные подразделения завода. Возможная рассогласованность при этом устраняется едиными положениями о службе дефектации. Этим обеспечивается входной контроль технического состояния изделий без разборки или с разборкой, выявление годных и требующих восстановления работоспособности, учет неисправностей, назначение доработок по бюллетеням, выявление полноты и качества доработок, входной контроль запасных частей и комплектующих изделий.

2.5 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ.

2.5.1 Слесарные работы

Под слесарными работами подразумевают обработку металлов в холодном состоянии, выполняемую слесарями ручным способом при помощи различных инструментов.

Слесарные работы состоят из разнообразных технологических операций, в которые входят: разметка, рубка, правка и гибка металлов, резка металлов ножовкой, опилование металла, сверление, зенкование, развертывание, нарезание резьбы, клепка, шабрение, притирка и доводка, паяние, лужение и другие. Некоторые из перечисленных операций могут производиться и при горячем состоянии металла.

При капитальном ремонте авиационной техники слесарные, слесарно-механические, слесарно-клепальные и слесарно-сборочные работы составляют основную долю трудоемкости.

Во время проведения слесарных работ используется различный инструмент:

Универсальные контрольно-измерительные инструменты и приспособления - плоскопараллельные концевые меры длины (плитки), щупы пластинчатые, радиусомеры наборные, штангенциркули, штангенрейсмусы, штангенглубиномеры, угломеры, микрометры, микрометрические штихмассы, микрометрические глубиномеры, нутромеры индикаторные, индикаторы, глубиномеры индикаторные,

микрометры рычажные, миниметры узкошкальные и широкомасштабные, резьбовые микрометры, резьбовые шаблоны и резьбомеры, ротаметры.

Погрешность выбранного инструмента должна быть всегда меньше допуска на изготовление проверяемой детали.

Специальные средства измерения - различные приспособления, предназначенные для измерения конструктивных и технологических размеров, узлов и деталей, которые нельзя измерить универсальными средствами. Эти приспособления базируются на использовании универсальных измерительных средств. Конструирование и изготовление таких измерительных приспособлений производит завод - изготовитель изделия и поставляет вместе с комплектом ремонтно-монтажного инструмента.

К специальным средствам измерения относят также средства контроля чистоты поверхности деталей.

Сборочно-монтажный инструмент - бородки слесарные, кернеры, воротки, вставки для винтовертов и отверток, головки сменные, зубила слесарные, иглы, ножи, ключи, крейцмесели, кусачки, масленки, метчики, молотки, надфили, напильники, ножницы, острогубцы, отвертки, пинцеты, пломбиры, плоскогубцы, пассатижи, пневматические отвертки, гайковерты, резьбонарезные машины, полотна коксо-вочные ручные, коксницы ручные для металла, станки ножовочные, струбицы, тиски, чертилки, шаберы, шпунтовыводергиватели, элект-рообжигатели, электроклещи, зажимные устройства.

2.5.1 Технология напыления.

Детонационное напыление.

Сущность процесса - в камеру подается через отдельные провода кислород и ацетилен в строго определенных количествах. Через специальное отверстие в камеру азотом выталкивается порошок напыляемого материала. Газовую смесь с порошковой взвесью поджигают электрической искрой. Выделившаяся теплота и ударная волна разогревают и разгоняют частицы порошка, которые через водоохлаждаемый ствол направляются на напыляемую деталь.

Кинетическая энергия частиц порошка, а они на расстоянии 75 мм от среза ствола достигают скорости 820 м/с, при столкновении с деталью преобразуется в тепловую и температура может достигнуть 4000 С.

Особенности технологии.

После взрыва газовой смеси ствол продувается азотом. Процесс повторяется с частотой 3-4 раза в секунду.

Детонационное напыление предназначено в основном для получения твердых износостойких покрытий, состоящих из металлов, окислов и их смесей.

За один цикл (выстрел) наносится покрытие толщиной около 6 мкм. Путем перемещения детали относительно среза ствола достигается равномерное покрытие толщиной около 0,3 мм.

Температура основы (поверхности напыляемой детали) остается низкой, меньше 200 гр. с, и она практически не деформируется и не подвергается другим физическим изменениям.

Покрyтия обладают большой прочностью сцепления с основной, высокой плотностью.

Недостатки - значительные, до 140 дБ, шумы; высокая стоимость оборудования.

Плазменное напыление.

Назначение технологии - восстановление изношенных поверхностей деталей, когда требуемая толщина покрытия должна быть от 0,1 до 4,0 мм. Другие методы по этому показателю либо неэкономичны, либо покрытия скалываются от больших внутренних напряжений. Нанесение покрытий производится также для защиты деталей, работающих при высоких температурах, в агрессивных средах или подверженных интенсивному механическому воздействию.

Сущность процесса.

Материал покрытия (тугоплавкие металлы, окислы, карбиды и др.) вводят в виде порошка или проволоки в плазменную струю, в которой он плавится, распыляется, приобретает скорость до 200 м/сек и в виде мелких частиц (20...100 мкм) наносится на поверхность изделия.

Особенности технологии.

Плазменные покрытия отличаются пониженной теплопроводностью и хорошо противостоят термическим ударам.

Получаемая в плазматроне плазменная дуга может использоваться для резки металлов (резка осуществляется сжатой плазменной дугой, которая горит между разрезаемым металлом (анод) и катодом плазменной горелки).

Свойство плазменной дуги глубоко проникать в металл используется для сварки металлов. Толщина свариваемого металла - до 15 мм без специальной разделки кромок.

Плазматроны - плазменные генераторы - газоразрядное устройство для получения "низкотемпературной" ($T = 10000$ К) плазмы. Дуговой плазматрон постоянного тока состоит из системы электродов - катода и анода, разрядной камеры и узла подачи плазмообразующего вещества. Плазма истекает из сопла плазматрона. Плазма создается в разряде между катодом и анодом. Стабилизация разряда осуществляется магнитным полем, потоками газа и стенками разрядной камеры и сопла.

Плазменная горелка - ручной дуговой плазматрон.

Перспективы усовершенствования процесса плазменного напыления - применение глубокого вакуума на операции напыления, определение рациональных режимов техпроцесса. Рациональные режимы могут выбираться из условия оптимизации математической модели плазменного напыления при восстановлении изделий авиатехники по различным критериям.

Состав математической модели плазменного напыления 1) критерий трудозатрат - восстановление детали должно быть экономически эффективно; 2) принципиальная возможность ремонта, например, глубина повреждения должна быть меньше 4 мм ; 3) температурное условие - степень релаксации напряжений должна быть минимальной; 4) прочность сцепления покрытия с поверхностью детали, зависящая в основном от среднеарифметического отклонения профиля и среднего шага неровностей; 5) условие существования процесса - зависимость, связывающая технологические факторы (расход порошка, сила тока, дистанция оплавления, скорость перемещения детали относительно горелки, расход плазмообразующего газа и т.д.) с усталостной прочностью деталей, подвергнутых плазменному напылению; 6) условие усталостной прочности - зависимость усталостной прочности от структурной неоднородности, наличия окислов, пористости покрытия и т.д.; 7) условие предварительной подготовки поверхности - зависимость остаточных напряжений от условий подготовки поверхности детали; подачи, скорости резания, угла наклона режущей грани инструмента; список условий может быть продолжен по мере изучения физико-химических явлений при технпроцессе.

Газопламенное напыление - один из технологических процессов газопламенной обработки - процессов тепловой обработки металлов пламенем горючих газов сварочных горелок. Процесс аналогичен плазменному напылению, но функцию плазматрона выполняет газовая горелка.

Напыляемый материал, имеющий форму прутка или проволоки, подают через центральное отверстие горелки и расплавляют пламенем горючей смеси. Расплавленные частицы металла подхватываются струей сжатого воздуха и в мелкораспыленном виде направляются на поверхность изделия. Проволока подается с заданной скоростью роликами, приводимыми в движение встроенной в горелку воздушной турбиной, работающей на сжатом воздухе, используемом при напылении, или электродвигателем через редуктор.

В случае подачи проволоки воздушной турбиной невозможно точно регулировать скорость подачи проволоки и поддерживать ее постоянно на одном уровне. Но, в этом случае, горелка имеет малую массу и компактна, что позволяет осуществлять ручное напыление.

При приводе от электродвигателя горелка имеет большую массу, но можно точно регулировать подачу проволоки. Поэтому такие горелки используют в основном в механизированных установках.

При напылении порошком, последний поступает в горелку сверху из бункера через отверстие, разгоняется потоком транспортирующего газа (смесь кислорода с горючим газом) и на выходе из сопла попадает в пламя, где происходит его нагрев. Подача порошка в пламя и разгон образующихся расплавленных частиц могут осуществляться и струей сжатого воздуха.

В зависимости от состава смеси температура пламени может колебаться от 3100 до 1530 С. После напыления иногда проводят оплавление покрытия.

Дуговая металлизация

Через два канала в горелке непрерывно подают две проволоки (диаметром 1,5...3,2 мм), между концами которых возбуждается дуга и происходит расплавление проволоки. Расплавленный металл подхватывает струёй сжатого воздуха, истекающего из центрального сопла электрометаллизатора, и в мелкорасплавленном виде переносится на поверхность основного материала.

При дуговом напылении при постоянном токе процесс протекает стабильно, обеспечивая получение покрытия с мелкозернистой структурой при высокой производительности процесса. Поэтому в качестве источника тока применяют источники постоянного тока со стабилизатором напряжения или со слегка возрастающей характеристикой.

Эксплуатационные расходы при электрометаллизации небольшие. При применении электродов из разных металлов, желательно применять металлизаторы с отдельной регулировкой подачи каждого электрода.

К числу недостатков относится опасность перегрева и окисления напыляемого материала при малых скоростях подачи распыляемой проволоки. Кроме того, большое количество теплоты, выделяемой при горении дуги, приводит к значительному выгоранию легирующих элементов, входящих в напыляемый состав.

Электроимпульсное нанесение покрытий основано на импульсном разряде конденсатора через проволоку напыляемого металла. При этом происходит взрывное плавление проволоки и осаждение расплавленных мелких частиц металла на поверхность изделия. Своеобразие покрытия вызвано особо малыми размерами частиц в мелкораспыленном состоянии.

2.5.2 Наплавка.

Отличие от напыления - напыление, это образование на поверхности изделия покрытия из нагретых до плавления или близкого к нему состояния частиц распыляемого материала с использованием теплоты перехода откинетической энергии к тепловой, сжигания горючей смеси или теплоты дугового разряда в газовых средах.

Наплавка - нанесение слоя расплавленного металла на оплавленную металлическую поверхность путем плавления присадочного материала теплотой кислородо-ацетиленового пламени, электрической или плазменной дуги.

Оба технологических процесса используются для восстановления изношенных деталей и создания на поверхности изделия слоя, обладающего повышенной износостойкостью, коррозионной стойкостью, жаропрочностью и другими свойствами. Но, в случае наплавки, превалирует восстановление изношенных поверхностей, а, в случае напыления, повышение эксплуатационных свойств поверхностных слоев изделий.

Газовая наплавка - один из способов сварки плавлением, протекающий в условиях частичного оплавления основного металла при использовании высокотемпературного пламени, получаемого при сжигании смеси горючего газа с кислородом. Горючий газ обеспечивает высокую температуру пламени при сгорании, высокую скорость горения, высокую теплоту сгорания.

При наплавке, в отличие от сварки, желательна малая глубина проплавления основного металла. Поэтому наплавку осуществляют способом скоростной сварки. Используется горелка с соплом большого диаметра, нагревающая металл детали науглероживающим пламенем. При сварке с использованием ацетилена на поверхности металла оседают частицы восстановленного углерода, образуя тонкий науглероженный слой толщиной - 0,02 мм. Вследствие снижения точки плавления металла науглероженного слоя происходит расплавление только в тонком поверхностном слое. Это явление называется "запотеванием". Отрицательным является снижение механических свойств и коррозионной стойкости. Поэтому способ газовой наплавки применяют только при наплавке высокохромистого сплава на основе железа, стеллита и других высокоуглеродистых наплавочных материалов.

Преимущества способа - незначительное проплавление основного металла; возможность наплавки мелких деталей сложной формы; уменьшение опасности возникновения трещин за счет предварительного подогрева поверхности изделия и замедленного охлаждения; низкая стоимость оборудования.

Недостатки способа - низкая производительность при наплавке массивных деталей; высокая квалификация сварщика.

Дуговая наплавка покрытыми электродами.

Этот способ называют также ручной дуговой наплавкой, поскольку он осуществляется обычно вручную. Основан на использовании электродов в виде стержней с покрытием, служащим для защиты ванны жидкого металла от кислорода и азота воздуха, стабилизации дуги, повышения технологичности процесса наплавки и введения легирующих элементов в состав наплавленного металла.

Преимущества способа: низкая стоимость оборудования; выполнение наплавки вручную; возможность наплавки изделий сложной формы; возможность выбора наплавочного материала, наиболее пригодного для конкретного назначения, из широкого ассортимента покрытых наплавочных электродов; транспортабельность оборудования для наплавки в полевых условиях.

дуговая наплавка под Флюсом - дуга при наплавке электродными материалами (проволокой, лентой и др.) скрыта под слоем гранулированного флюса, предварительно насыпаемого на поверхность основного металла.

Преимущества: высокая производительность процесса при наплавке изделий простой формы с большой площадью наплавляемой поверхности; простота осуществления процесса, не требующая высокой квалификации сварщика; возможность получения хорошего внешнего вида наплавленного валика; хорошие условия труда, связанные с отсутствием разбрызгивания электродного металла, поскольку дуга скрыта под слоем флюса.

Недостатки: более высокая стоимость оборудования; непригодность для наплавки мелких изделий сложной формы.

Наплавка электродной проволоки под Флюсом.

Многоэлектродная наплавка - осуществляется обычно способом, при котором дуга возникает между двумя электродами. Преимущество этого способа связано с косвенным дуговым нагревом основного металла, обеспечивающим небольшое его проплавление в сочетании с высокой скоростью плавления электродной проволоки.

Использование нагрева проволоки электросопротивлением характеризуется тем, что увеличение вылета электродной проволоки сопровождается повышением скорости наплавки и снижением степени влияния основного металла на состав наплавленного слоя.

При обычной одноэлектродной наплавке под флюсом во избежание чрезмерного проплавления основного металла необходимо: тщательно выбирать наплавочный материал с учетом влияния основного металла на состав наплавленного слоя; ограничивать глубину проплавления путем более плотной укладки наплавляемых валиков; использовать многослойную наплавку.

Наплавка электродной лентой под флюсом - электрод - в виде широкой стальной ленты, располагаемой в процессе наплавки практически под прямым углом к основному металлу.

Преимущества: получение плоского валика наплавленного металла. достаточно большой ширины, примерно равной ширине ленточного электрода; возможность наплавки слоя требуемой толщины за один-два прохода, что обусловлено малой глубиной проплавления основного металла и в связи с этим незначительным влиянием его на состав наплавленного слоя; высокая производительность в связи с возможностью наплавки с высокой скоростью при большой силе тока. Электродные ленты шириной до 180 мм.

Наплавка открытой дугой - наплавка без защитной среды, в среде воздуха, осуществляется проволокой сплошного сечения или порошковой проволокой при отсутствии подачи флюса или защитного газа в зону дуги. Сопряжена с большими практическими трудностями. Ее применение обусловлено следующими преимуществами: простота используемого оборудования; возможность наплавки в полевых условиях; простота введения легирующих элементов в наплавленный металл.

Наплавка в среде углекислого газа - защита зоны дуги от окружающего воздуха осуществляется потоком защитного газа со стороны подачи электродной проволоки (наплавочного материала). В качестве защитного газа используют CO₂, или его смесь с аргоном и другими инертными газами. Недостатком является невозможность работы на открытом воздухе из-за влияния ветра на процесс наплавки. Основное преимущество - возможность за счет его осуществления в автоматическом и полуавтоматическом режиме.

Наплавка в среде инертного газа - зона дуги защищается аргоном, гелием или иным инертным газом. Наплавка осуществляется в двух вариантах: плавящимся и вольфрамовым электродами.

Плавящийся электрод: дуга возникает между основным металлом и вольфрамовым электродом. Наплавочный пруток подается в дугу и плавится в ней.

Электрошлаковая наплавка - протекает в условиях непрерывной подачи электродной проволоки (или ленты) внутри слоя расплавленного шлака, а плавление происходит за счет теплоты электросопротивления или пропускания тока между основным металлом и электродом.

Преимущества: экономичность возрастает при увеличении толщины наплавляемого слоя (применение многоэлектродных головок); меньший расход шлака, чем при дуговой наплавке под флюсом: возможность наплавки высокоуглеродистых и других материалов, обладающих высокой чувствительностью к образованию трещин, что обеспечивается низкой скоростью охлаждения наплавочного металла; простота процесса наплавки.

Плазменная наплавка - включает возникновение между основным металлом и электродом горелки (катодом) электрической дуги, обеспечивающей переход в плазменное состояние рабочего газа, подаваемого в зону дуги. При этом из сопла горелки истекает высокотемпературная плазменная струя, обеспечивающая плавление наплавочного материала. Для образования плазмы используют смесь гелия (75 %) с аргоном (25 %), а в качестве защитного газа применяют аргон.

2.5.3 Сварка.

Определение - процесс получения неразъемного соединения материалов путем местного нагрева свариваемых кромок деталей до расплавленного или пластического состояния с применением или без применения механического сжатия свариваемых деталей.

Электрическая дуговая сварка - используется тепло, выделяемое при горении электрической дуги. Выполняется плавящимся металлическим электродом, являющимся одновременно и присадочным материалом или неплавящимся угольным или вольфрамовым электродом.

Ручная дуговая сварка плавящимся электродом - применяется для прихватки деталей, для сварки швов незначительной длины и сложной конфигурации.

Используются электроды со специальными обмазками толщиной 1...3 мм. В их состав входят шлакообразующие, легирующие, раскисляющие, связующие и другие составляющие.

Ручная сварка в среде защитных газов - применяется для деталей из малоуглеродистых коррозионностойких сталей и алюминиевых сплавов. Защита деталей и электрода на свариваемом участке от действия окружающего воздуха производится аргоном.

Автоматическая сварка в среде защитных газов.

Неплавящимся электродом - производится по той же схеме, что и ручная, но в автоматическом режиме.

Дуговая автоматическая и полуавтоматическая сварка под слоем флюса - в ней электрическая дуга возникает между основным металлом и электродной проволокой под слоем флюса.

Электрошлаковая сварка - основной и электродный металлы расплавляются теплом, выделяющимся при прохождении электрического тока через шлаковую ванну. За счет равномерного распределения тепла можно вести сварку металла большой толщины за один проход.

Контактная электросварка - свариваемые участки деталей нагреваются электрическим током до пластического состояния и сжимаются. Подразделяется на точечную, роликовую (шовную) и стыковую.

Газовая сварка - для нагрева и расплавления кромок соединяемых деталей используют теплоту реакций сгорания горючих газов (ацетилена, водорода, бензола и др.) с кислородом. Применяется для тонкостенных изделий из сталей и цветных сплавов.

Особенности применения сварки при ремонте авиационной техники.

Сварные соединения в зависимости от назначения и условий эксплуатации подразделяются на три категории:

1 категория - особо ответственные сварные соединения, прочность и герметичность которых обеспечивают общую эксплуатационную надежность изделия.

2 категория - сварные соединения, несущие статические и динамические нагрузки, а также герметичные соединения, обеспечивающие эксплуатационную надежность узла.

3 категория - сварные соединения, несущие второстепенное значение и только статические нагрузки, не требующие герметичности и не оказывающие влияния на эксплуатационную надежность узла.

Электронно-лучевая сварка (ЭЛС).

Определение - сварка плавлением, при которой для нагрева соединяемых частей используется энергия электронного луча (ГОСТ 2601-74).

Достоинства - высокая концентрация энергии на малой площади; экономичность нагрева; отсутствие зон термического влияния; малые деформации свариваемых деталей. Максимальная плотность энергии в

вт/см кв. - 5 на 10 в 8 степени (ацетилено-кислородное пламя - 5 на 10 в 4 ст., сварочная дуга - 1 на 10 в 5 ст.). Минимальная плотность пятна нагрева в см. кв. - 10 в минус 7 степени (ацетилено-кислородное пламя - 10 в минус 2 ст., сварочная дуга - 10 в минус 4 ст.). Возможность сварки любых металлов. Соотношение ширины зоны плавления к глубине от 1 к 10 до 1 к 15.

Сущность ЭЛС - под действием потенциала разгоняющего поля $-U$ в электронной пушке, электроны разгоняются в вакууме до скорости $V = 600\sqrt{U}$ км/с. При достижении электроном поверхности детали (анода) скорость его резко уменьшается из-за столкновения с атомами металла. Потеря кинетической энергии выражается в увеличении температуры вещества. Глубина проникновения электрона $d = 2,6 \sqrt{U} - 2 \sqrt{10} \sqrt{(-12)} / j$, где j - плотность вещества в г/ см.куб.

Строение электронной пушки - катод, соединенный с высоковольтным источником постоянного тока является источником электронов. Головка катода обеспечивает фокусировку электронов в пучок с диаметром, равным диаметру отверстия в первом аноде с положительным потенциалом в несколько десятков тысяч вольт. Разогнанные первым анодом электроны фокусируются магнитной линзой и направляются магнитной отклоняющей системой к свариваемому изделию.

Движение электронов не сопровождается свечением. Луч не виден. Его действие на вещество можно наблюдать по нагреву места электронной бомбардировки.

Вакуум - для обеспечения свободного движения электронов от катода к аноду и далее к изделию; для тепловой и химической изоляции катода; для предотвращения возможности возникновения дугового разряда между электродами. Глубина вакуумирования порядка 10⁻⁴ мм.

Пример ремонта лопаток - основные этапы технологического процесса ремонта лопаток ротора компрессора газотурбинного двигателя из жаропрочных титановых сплавов методом вварки вставок в местах забоин.

1. Выбор оптимальных ремонтных сечений.
2. Отрезка дефектной части пера лопатки.
3. Штамповка заменяющей вставки.
4. Подготовка стыковых поверхностей.
5. ЭЛС лопатки и вставки.
6. Зональная термообработка сварного соединения сканирующим, циклически подвижным электронным лучем.
7. Механическая обработка вставки.
8. Неразрушающий контроль сварного соединения (рентген, люминисцентный).
9. Упрочнение поверхности пера ремонтной лопатки поверхностным пластическим деформированием.
10. Окончательный контроль и приемка лопатки ОТК.

Лазерная сварка.

Определение - сварка плавлением, при которой для местного расплавления соединяемых частей используется энергия **светового луча**, полученного от оптического квантового генератора (ГОСТ 2601-74).

Лазер или оптический квантовый генератор - источник электромагнитного излучения видимого, инфракрасного и ультрафиолетового диапазона, основанный на вынужденном излучении атомов и молекул.

Принцип действия лазера - излучение любого источника света представляет собой интегральный эффект излучения совокупности атомов и молекул. Это излучение происходит независимо друг от друга и хаотично-некогерентно. Это является следствием того, что основной причиной возбуждения атомов в нагретых телах и газовом разряде являются столкновения. Моменты столкновения случайным образом распределены во времени, что приводит к хаотическому распределению фаз волн, излучаемых отдельными атомами.

Принцип действия лазера построен на возможности организации когерентного излучения пучков света с очень малой расходимостью пучка. Для этого был создан принципиально новый способ генерации светового излучения - стимулированное излучение.

Прежде чем перейти к изложению принципа получения стимулированного излучения, рассмотрим кратко механизм квантовых процессов, происходящий при возбуждении атома.

Известно, что атомы, из которых состоят все материальные тела, являются сложными системами, состоящими из ядер и электронов. Согласно законам квантовой механики энергия относительного движения частиц системы может принимать только строго определенные значения. Эти дозволённые значения энергии называются уровнями энергии. Совокупность энергетических уровней составляет энергетический спектр системы, например атома. Нижний уровень, соответствующий минимальной энергии, называется основным, остальные — возбужденными. Населенностью уровня называют число атомов (или электронов), обладающих энергией данного уровня.

По теории, разработанной М. Планком, при взаимодействии атомов системы излучение и поглощение электромагнитной энергии атомами происходит не непрерывным потоком, а отдельными порциями-квантами. Кванты световой энергии называются фотонами. При поглощении фотона энергия атома увеличивается и он переходит на более высокий энергетический уровень. При излучении фотона происходит обратный переход на более низкий энергетический уровень, причем в соответствии с законом сохранения энергии энергия излученного или поглощенного фотона в точности равна разности соответствующих энергетических уровней.

Если атом в какой-то момент времени находится в одном из возбужденных состояний, то такое состояние атома неустойчиво даже

тогда, когда на него не влияют другие частицы. Через некоторое время атом может перейти в состояние с меньшей энергией и при этом излучить фотон. Такой самопроизвольный (по принятой в квантовой физике терминологии спонтанный) переход с одного уровня на другой сопровождается спонтанным излучением.

Случайность спонтанных переходов приводит к тому, что различные атомы излучают одновременно и независимо друг от друга. Фазы электромагнитных волн, излучаемых различными атомами, не согласованы одна с другой. Случайный характер при этом имеет не только момент испускания атомом фотона, но и направление излучения и его поляризация. Поэтому суммарное спонтанное излучение различных атомов некогерентно.

Излучение всех обычных источников света возникает за счет спонтанного излучения. Из-за случайного характера спонтанных переходов излучение этих источников не монохроматично, т. е. содержит излучение с различными длинами волн, а также ненаправленно и неполяризовано.

Однако атом может перейти с высшего энергетического уровня на другой, более низкий, не спонтанно, а под действием электромагнитной волны, если только частота этой волны достаточно близка к частоте перехода. Такая резонансная волна как бы "раскачивает" электрон и ускоряет его «падение» на уровень с меньшей энергией. Переходы, происходящие под действием внешнего электромагнитного поля, называются вынужденными (стимулированными, индуцированными). При вынужденном излучении атом отдает энергию электромагнитной волне, амплитуда которой в результате увеличивается. Так как облучаемое вещество или система состоит из множества частиц, в которых будут происходить указанные выше процессы, то излученная этой системой энергия будет значительно выше той, которая поступила на вход, за счет лавинообразного процесса переходов, возникших в системе, как это имеет место в оптическом квантовом усилителе (ОКУ).

Особенностью вынужденного излучения является:

1. Частота излучения точно совпадает с частотой электромагнитного поля, вызвавшего это излучение.

2. Направление распространения излученной волны и ее фаза, т. е. начало колебаний, совпадают с направлением и фазой волны, вызвавшей это излучение.

3. Поляризация, т. е. направление векторов электрического и магнитного полей излученной волны и волны, вызвавшей это излучение, совпадают.

Эти особенности вынужденного (стимулированного) излучения показывают его полную когерентность.

Таким образом, вынужденное излучение дает возможность управлять излучением атомов с помощью электромагнитных волн и, следовательно,

генерировать и усиливать когерентное излучение. Чтобы осуществить это практически, нужно выполнить некоторые условия.

Известно, что для возникновения стимулированного излучения необходимо, чтобы число атомов на верхнем уровне было больше, чем на нижнем. Конечно, при этом имеются в виду те промежуточные уровни, между которыми возможен переход, так как не все переходы разрешены природой. Состояние вещества, при котором населенность одного из уровней с более высокой энергией больше населенности уровня с меньшей энергией, называется активным или состоянием с инверсией населенностей. Если системе с инверсией населенностей уровней сообщить извне некоторое количество энергии с определенной частотой электромагнитных колебаний в виде света определенной длины волны, то в результате возникнет стимулированное излучение с той же частотой, но значительно усиленное.

В оптических квантовых усилителях внешняя энергия возбуждения (накачка) используется для перевода атомов или ионов активного вещества с нижнего энергетического уровня на верхний. При этом возбуждение производится до некоторого промежуточного состояния, при котором самопроизвольная генерация еще невозможна. Однако под действием внешнего, даже весьма слабого сигнала, длина волны которого соответствует длине волны генерации самого усилителя, может возникнуть усиленное стимулированное излучение с той же длиной волны.

Для создания же оптического квантового генератора (ОКГ) необходимо, кроме того, как и в радиочастотном диапазоне, осуществить обратную связь, с тем чтобы часть излучаемой световой энергии все время оставалась внутри активного вещества, вызывая вынужденное излучение все новыми и новыми атомами. Это осуществляется, например, с помощью двух зеркал, образующих резонатор. Активное тело размещается между зеркалами резонатора. Одно из зеркал полупрозрачно. Возникающая в результате спонтанного перехода атомов световая волна усиливается. Дойдя до полупрозрачного зеркала, свет частично пройдет через него. Эта часть световой энергии излучается оптическим квантовым генератором (лазером) и может быть использована. Отраженная же от полупрозрачного зеркала световая волна вновь пройдет через активное тело и даст начало новой лавине фотонов. Эта лавина ничем не будет отличаться от предыдущей.

Однако для того чтобы возникла генерация света, усиление света в активном теле должно превышать некоторое значение, называемое пороговым.

Итак, для создания источника когерентного света необходимы следующие условия:

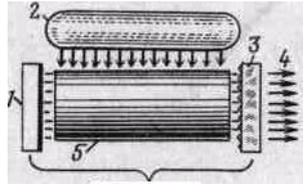
1. Активное тело с инверсией населенностей.

2. Активное тело должно быть помещено между двумя зеркалами (одно из которых полупрозрачное), образующими резонатор и осуществляющими обратную связь в процессе генерации.

3. Усиление, даваемое активным телом, т.е. число возбужденных электронов, атомов или молекул в активном теле, должно быть больше порогового значения.

13

В качестве примера рассмотрим оптический квантовый генератор на рубине, схема работы которого изображена на рисунке. Цифрами обозначены:



Резонатор

1. Непрозрачное зеркало 2.Источник возбуждения. 3. Полупрозрачное зеркало. 4. Стимулированное излучение 5. Активное тело

Активным телом этого генератора является рубин, представляющий твердое кристаллическое вещество, основой которого является бесцветный диэлектрический кристалл окиси алюминия - корунд. При замещении некоторого количества ионов алюминия ионами хрома корунд превращается в рубин - кристалл розовато-красного цвета. Рубин, используемый в лазерах, содержит примерно 0,035—0,07 весовых процентов атомов хрома. Именно они и являются стимулятором генерации, возникающей в рубиновом стержне.

Для возбуждения атомов хрома применяют оптическую накачку, в качестве которой могут быть использованы высокоинтенсивные источники света — лампы-вспышки. Импульсная лампа-вспышка излучает широкий спектр, из которого для перевода ионов хрома в возбужденное состояние используется только узкий участок около 0,41 и 0,56 мкм. Энергия излучения этих длин волн лампы-вспышки как раз и переводит ионы хрома на верхний энергетический уровень, создавая тем самым состояние с инверсией населенностей, являющееся необходимым условием возникновения генерации в рубине.

Энергия, накапливаемая в атомах активного тела лазера, освобождается затем в виде монохроматического излучения при переходе атомов или ионов из метастабильного состояния в основное.

Резонатор лазера, образованный двумя зеркалами, предназначен для того, чтобы возвращать часть индуцированного излучения обратно в активное тело — рубиновый стержень, заставляя тем самым другие возбужденные атомы испускать свет. Таким образом, в стержне накапливается значительная энергия, которая испускается в виде одного

мощного импульса лазерного света через полупрозрачное зеркало резонатора.

Зеркала, образующие резонатор, должны быть строго параллельны относительно друг друга, так как даже при незначительном отклонении параллельности генерация срывается.

Длина резонатора, т. е. расстояние между зеркалами, определяет весьма важные характеристики оптического квантового генератора: угол расходимости излученного лазером пучка энергии, мощность и плотность излучения.

Для питания системы накачки используется система мощных конденсаторов.

Лазерное оборудование.

Малой мощности: 0,8... 1,2 кВт для резки и термообработки тонкостенных (до 1 мм) деталей;

Средней мощности: около 5 кВт для сварки сталей и титановых сплавов толщиной до 8 мм.

Большой мощности: до 15 кВт и выше - сварка сталей и титановых сплавов толщиной до 16 мм.

Особенности лазерной технологии:

- высокая плотность потока излучения в зоне обработки, дающая необходимый термический эффект при длительности импульса меньше 1 мсек.;

- локальность воздействия излучения, обусловленная возможностью его фокусировки в световые пучки предельно малого диаметра, порядка длины волны излучения (например, 6943 А):

- малая зона термического влияния, обуславливаемая кратковременным воздействием излучения;

- бесконтактный ввод энергии в зону обработки и возможность ведения технологических процессов в любой прозрачной среде через прозрачные окна технологических камер, оболочки электровакуумных приборов.

Контроль качества сварных соединений.

Контроль качества сварочных работ начинается еще до того, как сварщик приступил к сварке изделия. При этом проверяют качество основного металла, сварочных материалов (электродов, сварочной проволоки, флюса и т.д.), заготовок, поступающих на сборку, состояние сварочной аппаратуры и качество сборки, а также квалификацию сварщиков. Все эти мероприятия носят название предварительного контроля.

В процессе сварки проверяют внешний вид шва, его геометрические размеры при помощи шаблонов, производят обмер изделия, осуществляют постоянно наблюдение за исправностью сварочной аппа-

ратуры, наблюдают за выполнением технологического процесса. Указанные операции составляют текущий контроль.

Последней контрольной операцией является проверка качества сварки в готовом изделии. Для этой цели существуют следующие виды контроля: внешний осмотр для выявления наружных дефектов (подрезы, прожоги, трещины, раковины, незаваренные кратеры и др.); обмер сварных соединений; испытание на плотность, просвечивание рентгеновскими или гамма-лучами; контроль ультразвуком; магнитные методы контроля; люминисцентный метод контроля; металлографические исследования; механические испытания.

Вид качества готового изделия выбирают в зависимости от назначения изделия и требований, которые предъявляются к этому изделию техническими условиями и ГОСТом.

Внешний вид, форма и размеры швов должны соответствовать ГОСТ 5264-58, а допустимые дефекты сварных швов должны соответствовать указаниям инструкций: ПИ-75-64, ПИ-77-64 и ПИ-113-66.

Основные правила техники безопасности.

Меры предохранения от поражения электрическим током.

1. Лица допущенные к дуговой сварке в среде защитных газов, должны быть проинструктированы об опасности поражения электрическим током, о способах защиты и мерах по оказанию первой помощи пострадавшим от поражения электрическим током.

2. Корпусы сварочных трансформаторов, генераторов, стационарных и переносных пультов управления и другого электрооборудования, а также сварочные столы и плиты должны быть надежно заземлены.

3. Электропровода должны быть защищены от механических повреждений и действия высоких температур. В процессе работы необходимо следить за состоянием изоляции проводов и немедленно исправлять поврежденные места.

4. Все находящиеся под напряжением части горелки-электродержателя должны быть надежно защищены от случайного прикосновения рукавами, для чего их рукоятки следует изготавливать из токонепроводящего и огнестойкого материала.

5. Питание электрической дуги непосредственно от электросети запрещается и должно осуществляться через трансформатор или от сварочного генератора.

6. Применение электросварочных агрегатов всех видов с первичным напряжением свыше 500 В не допускается.

7. При включенном рубильнике запрещается прикасаться голыми руками к токоведущим частям агрегата (установки).

8. Подключать к электросети и отключать от электросети электросварочные агрегаты, а также наблюдать за состоянием их исправности в процессе эксплуатации должны специально выделенные

дежурные электромонтеры с квалификацией по технике безопасности не ниже третьей группы.

9. Длина провода для присоединения к электросети передвижных сварочных агрегатов не должна превышать 10 м. Если необходим более длинный провод, наращивание его допускается только посредством соединительных муфт с изолирующей оболочкой.

10. Напряжение холостого хода сварочного трансформатора не должно превышать для ручной сварки 75 в, а для автоматической 80 В.

11. После окончания работы или отлучки от рабочего места, сварщик должен выключить рубильник.

12. В случае поражения работающего электрическим током необходимо до прихода врача оказать пострадавшему первую помощь:

- а) не касаясь пострадавшего, выключить ток первичной цепи;
- б) если пострадавший не подает признаков жизни, приступить к искусственному дыханию, облегчив ему доступ свежего воздуха.

Меры предохранения от излучения электрической дуги.

1. Горение сварочной дуги сопровождается излучением световых лучей, невидимых инфракрасных и ультрафиолетовых лучей.

2. Каждый электросварщик, производящий работу открытой электрической дугой, должен быть обеспечен маской или щитком с защитными стеклами - светофильтрами ЭС различной прозрачности в соответствии с величиной сварочного тока, а именно: ЭС-100 при сварочном токе 100 а, ЭС-300 при токе 100-300 а, ЭС-500 при токе свыше 300 а.

3. Для защиты окружающих лиц от действия сварочной дуги рабочее место сварщика в цехах и участках размещать в специальных кабинах или окружать специальными щитками (экранами).

Меры безопасности при эксплуатации баллонов с инертными газами.

1. Аргон и гелий не вступают в химические реакции с другими элементами и поэтому являются безвредными для здоровья сварщика.

2. Давление в баллонах с инертными газами 150 атм., в связи с чем при неправильном обращении они могут быть взрывоопасны.

3. Баллоны со сжатым газом должны устанавливаться на расстоянии не менее 5 м от сварочного поста и не менее 1 м от радиаторов отопления. При наличии у отопительных приборов экрана, предохраняющего баллон от местного нагрева, расстояние от баллона до экрана должно быть не менее 0.1 м.

4. Баллоны предохранять от ударов и толчков.

5. На рабочем месте баллоны укреплять в вертикальном положении хомутом или цепью в специальной стойке.

6. Если баллон находится под давлением, то не разрешается:

- а) подтягивать соединение в вентеле;

б) стоять против редуктора или выходного отверстия вентиля при его открывании.

Меры безопасности при применении торированных вольфрамовых электродов.

1. При использовании торированных вольфрамовых электродов марок ВТ-10 и ВТ-15 для сварки в среде инертных газов необходимо соблюдать требования, изложенные в "Санитарных правилах по применению торированных электродов при сварочных работах" N 446-63.

2. Радиационной опасности не представляет получение электродов, доставка их на предприятие, хранение на складе в количестве до 5 кг, доставка их к сварочным постам в количестве менее 1 кг, а также сварка торированными электродами одновременно не более чем на пяти рабочих местах.

3. Заточка торированных электродов и сварка ими одновременно более чем на пяти рабочих местах представляют условную радиационную опасность. При проведении таких работ необходима дополнительная защита органов дыхания сварщиков.

4. Операции по заточке торированных электродов следует проводить на специально выделенном заточном станке. Заточный станок должен быть оборудован механической вытяжкой. Пыль, накапливающаяся на поверхности станка и на полу, должна собираться и помещаться в сборнике - твердых реактивных сосудах.

2.5.4 Пайка.

Основы физико-химических процессов.

Пайка - сложный физико-химический процесс получения неразъемного соединения в результате взаимодействия твердого паяемого и жидкого припаяемого металлов соединяемых деталей.

Спаи - переходные слои на границах шва и соединяемых деталей.

Для получения спая необходимо удалить с поверхности металлов окисную пленку и создать условия взаимодействия твердого и жидкого металлов. При кристаллизации припоя образуется паяное соединение.

В отличие от сварки, при пайке паяемый металл не плавится.

Кинетика образования слоев - для получения паяных соединений необходимо выполнение условий: нагрев соединяемых деталей до температур ниже точек плавления материала деталей; введение в зазор между соединяемыми деталями жидкой прослойки - припоя; взаимодействие между материалом соединяемых деталей и расплавом припоя; кристаллизация жидкой фазы.

Соединение состоит из шва - неоднородной по составу и строению прослойки между соединяемыми деталями, образующейся в результате взаимодействия припоя с паяемым материалом и последующей кристаллизации расплава в зазоре. Связь между швом и поверхностью детали возникает в результате образования спаев. Диффузионная зона -

граничащий со спаем слой паяемого материала с измененным химическим составом и микроструктурой, образовавшейся в результате диффузии компонентов припоя и паяемого материала.

Бездиффузионный спай - если процесс прекращается на стадии образования химических связей. Последующая выдержка создает условие развития диффузионных и растворно-диффузионных процессов в зоне контакта твердого и жидкого металлов.

Контактно - реакционная пайка - соединение, полученное без предварительного введения припоя, путем контактного нагрева при температурах ниже точек плавления взаимодействующих металлов. Спаи образуются за счет диффузионных процессов при отсутствии жидкой фазы.

Диспергированные спаи - когда при пайке происходит не истинное растворение паяемого металла в припоях, а диспергирование (тонкое измельчение твердых или жидких тел) более тугоплавкого металла взаимодействующей пары в результате снижения поверхностной энергии под действием расплава припоя.

Виды спаев между металлами: бездиффузионный; растворно-диффузионный; контактно-реакционный; диспергированный.

Смачивание и растекание припоев. Смачивание - проявление межмолекулярного взаимодействия на границе соприкосновения трех фаз (твердого тела, жидкости и газа (или др. жидкости), выражающееся в растекании жидкости по поверхности твердого тела. Согласно первому закону капиллярности (формула Лапласа), капиллярные явления определяет поверхностный слой жидкости, имеющий кривизну и производящий на жидкость добавочное давление по сравнению с тем, какое она испытывает при наличии плоской поверхности. Согласно второму закону капиллярности (равенство Юнга) при растекании капли жидкости по плоской поверхности твердого тела условия ее равновесия выражаются в виде равновесия сил поверхностного натяжения в точке на границе трех фаз. Этой границей является периметр смачивания.

Растекание расплава припоя, как и всякой жидкости, по поверхности твердого тела определяется соотношением сил адгезии припоя к поверхности основного металла и когезии, характеризуемой силами связи между частицами припоя. Работа адгезии определяется поверхностной энергией, освобождаемой при смачивании. Когезия частиц припоя оценивается работой, необходимой для образования двух новых поверхностей жидкости.

Растекание произойдет, если работа адгезии будет больше работы когезии частиц припоя. Разность между этими работами - коэффициент растекания.

Капиллярное течение припоев - экспериментально установлено, что прямой зависимости между растеканием и течением припоя в зазоре нет. Это объясняется тем, что в капиллярном зазоре расплавленный припой

интенсивно насыщается компонентами паяемого металла и теряет жидкотекучесть.

Описание капиллярного течения припоев основано на статической теории, рассматривающей форму жидкости, находящейся на поверхности твердого тела в условиях наименьшей свободной поверхностной энергии системы, и на динамическую теорию - рассматривающую течение жидкости.

По статической теории высота поднятия припоя по капилляру прямо пропорциональна коэффициенту смачивания, поверхностному натяжению жидкости на границе с газовой средой и обратно пропорциональна диаметру капилляра и плотности жидкости.

По динамической теории скорость течения расплавленного припоя зависит от размеров нахлестки и зазора, разности давлений на входе и выходе из зазора, а также от вязкости припоя.

Флюсование и самофлюсование - на поверхности незачищенного металла всегда имеется слой окисной пленки. Для ее удаления в процессе пайки применяют флюсы, активные газовые среды, вакуум. Если сам припой содержит в своем составе специальные добавки не требующие дополнительного применения флюсов, он называется самофлюсующимся.

Способы пайки - установлены ГОСТ 17949 по условиям заполнения зазора и механизму образования паяного шва, а также по источникам нагрева и методам удаления окисной пленки.

Капиллярная пайка - при которой расплавленный припой заполняет зазор и удерживается в нем под действием капиллярных сил.

Контактно-реактивная пайка - припой образуется в результате контактного плавления соединяемых металлов, промежуточных покрытий или прокладок.

Реактивно-флюсовая пайка - припой образуется в результате восстановления металла из флюса или диссоциации одного из его компонентов. Образующиеся в результате реакции металлы в расплавленном состоянии служат элементами припоев, а их летучие компоненты создают защитную среду и способствуют отделению окисной пленки от поверхности.

Диффузионная пайка - при которой затвердевание расплава происходит при температуре выше температуры солидуса припоя без охлаждения из жидкого состояния. Легкоплавкие элементы припоя в основном отводятся за счет диффузии в паяемые материалы.

Некапиллярная пайка - в ней разделка кромок соединяемых деталей аналогична подготовке, применяемой при сварке. Применяется при соединении разнородных металлов за счет расплавления менее тугоплавкого металла.

Пайка композиционными припоями - пайка припоями, имеющими гетерофазную структуру псевдосостава. Наполнитель композиционного

припоя в виде порошка, сетки, волокон образует разветвленный капилляр, удерживающий большую часть жидкого припоя (матрицы), излишками которого осуществляется смачивание поверхностей паяемых материалов.

Припой и паяльные смеси - их номенклатура очень большая, но качество паяного соединения зависит от следующих предъявляемых к припою требований:

- температура плавления припоя должна быть ниже температуры плавления соединяемых материалов;

- хорошая жидкотекучесть, смачиваемость поверхности соединяемых материалов и растекаемость по ним, проникновение в узкие зазоры;

- за счет растворно-диффузионных процессов припой должен образовывать с соединяемыми материалами сплав, обеспечивающий прочную связь в зоне спаев;

- коррозионная стойкость припоя, паяных швов, паяемого материала должна быть примерно одинакова во избежание образования электрокоррозии;

- физико-механические характеристики припоя и соединяемых материалов должны быть максимально близки во избежание образования остаточных напряжений и трещин в паяном соединении;

- припой не должен в значительной степени снижать прочность и пластичность соединяемых материалов, а также способствовать их хрупкому разрушению.

Припой классифицируют по признакам: по химическому составу; по технологическим свойствам; по содержанию активизирующих компонентов; по температуре плавления; по сортаменту.

Флюсы - паяльный флюс - вспомогательный материал, применяемый для удаления окислов с поверхности паяемого материала и припоя и предотвращения их образования.

Флюсы должны вступать во взаимодействие с окислами, прежде чем расплавится припой; смачивать паяемый металл; не вызывать коррозионного влияния на соединяемые детали и припой; оказывать адсорбирующее действие на металл, снижая поверхностное натяжение жидкого припоя и улучшая его растекаемость по паяемой поверхности; не менять своего химического состава при нагревании вследствие испарения отдельных компонентов; не содержать дорогостоящих компонентов; быть устойчивым при транспортировании, хранении и применении.

Паяльные пасты - вещество, готовое к употреблению при пайке и состоящее из порошкообразного припоя и пастообразного флюса.

Газовые среды - используют при пайке в печах. Применяют восстановительные, инертные и различные активированные газовые среды.

Паяльное оборудование

Печи: электропечи с контролируемыми средами; установки для получения контролируемых сред; вакуумные электропечи; средства откачки (создание вакуума); вакуумные затворы и вентили; приборы для измерения и контроля вакуума; элеваторные печи. Индукционные установки для пайки с ламповыми преобразователями; установки с машинными преобразователями частоты; индукторы.

Оборудование для пайки погружением в расплав припоя и погружением в расплавы солей. Установки для пайки электросопротивлением. Установки для пайки концентрированными источниками энергии - инфракрасным излучением, электронно-лучевые, лазерные. Оборудование для газопламенной пайки: ацетиленовые генераторы, предохранительные затворы, редукторы, лампы, горелки. Паяльники. Контрольно-измерительная и регулирующая аппаратура.

Технологический процесс пайки

Очистка поверхности под пайку - термическая, механическая (напильниками, шаберами, шлифовальной шкуркой, металлическими проволочными щетками, гидropескоструйная и дробеструйная); химическая (обезжиривание паяемой поверхности).

Предварительное нанесение металлопокрытий с целью облегчения процесса пайки труднопаяемых материалов; предварительного нанесения припоя; предотвращения нежелательного взаимодействия припоя и паяемого материала; достижения требуемой пористости паяемого материала; обеспечения пайки неметаллических материалов. Сборка под пайку и нанесение припоя. Термообработка. Контроль качества для выявления характерных дефектов паяных соединений: поры, раковины, шлаковые и флюсовые включения, непропаи, трещины. Дефекты классифицируются по двум группам - связанные с заполнением расплава припоя зазора между соединяемыми деталями и возникающие в процессе охлаждения изделия с температуры пайки; связанные с уменьшением растворимости газов в металлах при переходе их из жидкого состояния в твердое и усадочные явления.

2.5.5 Гальванохимическая обработка изделий.

Классификация по назначению: защитные покрытия; защитно-декоративные; функциональные. По характеру защиты: анодные (защищают металлическую поверхность электрохимически) и катодные (защищают механически).

Неметаллические покрытия - защищают металлическую поверхность только механически. Эффективны лишь при отсутствии в покрытии дефектов: трещин, царапин, отверстий, проникающих до основы.

Фосфатирование - подвергают черные металлы, алюминиевые и магнитные сплавы, цинковые и кадмиевые покрытия. Обладают высокой коррозионной стойкостью.

Оксидные пленки - наносят на черные металлы и цветные: медь, алюминий, магний, титан, цинк, кадмий и их сплавы. Хорошие защитные, тепло-и электроизоляционные свойства.

Хроматные пленки - для цинковых и кадмиевых покрытий для улучшения их коррозионной стойкости. Хорошие защитные свойства. Низкая механическая прочность.

Выбор и обозначения покрытий.

При выборе покрытий учитывается - назначение детали и покрытия, свойства покрытия и способ его получения, условия эксплуатации детали с покрытием, допустимость контакта металлов, металлических и неметаллических неорганических покрытий, экономическая целесообразность.

Условия эксплуатации регламентированы ГОСТ 15150-69.

Выбор вида и толщины покрытия по ГОСТ 9.303-84.

Допустимость контактов металлов по ГОСТ 9.005-72.

Обозначение покрытий по ГОСТ 9.306-85.

В технической эксплуатации запись обозначений покрытия производят в строчку в такой последовательности: 1) способ обработки основы; 2) способ получения покрытия; 3) материал покрытия; 4) его толщина; б) электролит, из которого производят осаждение покрытия; б) свойства покрытия; 7) дополнительная обработка.

Требования к неорганическим покрытиям.

Общие требования - внешний вид, толщина, пористость, прочность сцепления, химсостав, защитные свойства.

Специальные свойства - электропроводность, паяемость, износостойкость и другие.

Внешний вид, толщина, химсостав, пористость по ГОСТ 9.301-86. Испытания на прочность по ГОСТ 9.302-79. Равномерность распределения толщины покрытия на деталях сложного профиля по ГОСТ 9.073-77.

Изменение рассеивающей способности.

Гальванопокрытия на поверхностях сложного профиля осаждаются неравномерно. Толщина на выступающих участках заметно превышает толщину на впадинах. Это объясняется неравномерным распределением силовых линий электрического тока. Способность электролита улучшать распределение тока называют рассеивающей способностью (РС). РС, также - способность электролита давать равномерные по толщине покрытия на деталях сложной конфигурации. В первом случае РС по току, во втором РС по металлу.

Гальванотехника - изучает процессы и явления, обусловленные прохождением электрического тока через растворы электролитов. Основа этих процессов - реакции окисления и восстановления, протекающие на электродах под действием тока.

Подготовка деталей под гальванопокрытия. Качество подготовки деталей - шероховатость основного металла должна быть не более: - Rz 40 -

под защитные покрытия; Ra 2,5 - под защитно-декоративные покрытия; Ra 1,25 - под твердые и электроизоляционные анодно-окисные покрытия. Поверхность деталей после абразивной, шлифовальной и полировальной обработки должна быть без травильного шлака, шлака продуктов коррозии, заусенцев, забоин, вмятин, прижогов, рисок, дефектов от рихтовочного инструмента.

Шлифование - ведется в несколько переходов о постепенным уменьшением величины зерен абразива: шлифзерно, шлифпорошки, микропорошки. Шлифование ведется с помощью шлифовальных кругов: войлочных и фетровых; лепестковых - из полосок наждачного полотна на тканевой или бумажной основы; непрерывных гибких абразивных лент.

Полирование - сглаживание предварительно шлифованной поверхности до получения зеркальной поверхности. Полировальный инструмент - круги из фетра, войлока, тканей, резины, пластмассы, кожи. Круги шаржируются (натираются) полировальными пастами. В состав паст входят абразивные микропорошки - корунд, карбиды кремния, титана, окись железа, окись хрома, алмаз и др.

Шлифовально-полировальное оборудование - на полировальных станках.

Объемная вибрационная обработка - основана на равномерном срезании микронеровностей частицами вибрирующей абразивной рабочей среды.

Струйная абразивная обработка - пескоструйная, дробеструйная, гидроабразивная. Для очистки изделий от окалины, ржавчины, удаления заусенцев, рисок и др. Кинетическая энергия сжатого воздуха подает абразивный материал - металлический песок, дробь, стеклянные шарики, абразивные порошки на поверхность изделия.

Галтовка - абразивная обработка деталей насыпью в барабанах и колоколах. Абразивный материал загружается вместе с деталями. Галтовка бывает сухая и мокрая.

Обезжиривание - процесс очистки поверхности детали от жировых загрязнений. Жировые загрязнения бывают - минерального (минеральные масла) и животного происхождения. Они хорошо опыляются, т.е. реагируют со щелочами, образуя растворимые в воде мыла. Минеральные масла со щелочами не реагируют. Детали обычно загрязнены жирами обеих групп.

Обезжиривание в органических растворителях - жировые загрязнения удаляют с металлической поверхности органическими растворителями. Детали или погружают в растворитель или обрабатывают его парами. Мелкие детали обезжиривают с наложением ультразвука. Отработанные, насыщенные жирами растворители могут стать горючими.

Обезжиривание в растворах ПАВ - ПАВ - поверхностно-активные вещества. Они состоят из смеси моющих технических средств и синтетических средств.

Химическое обезжиривание в щелочных растворах - для удаления животных и растительных жиров.

Электрохимическое обезжиривание - при этом методе обезжиривания с подготавливаемой под покрытие поверхности удаляют как значительный по толщине слой загрязнения, так и тонкие пленки, прочно сцепленные с металлом и трудноудаляемые другими методами. Процесс протекает в щелочных растворах. Обезжириваемые детали играют роль катода или анода. В обоих случаях с поверхности происходит значительное газовыделение, что дает эффект механического отрыва капелек жира и масел.

Обезжиривание венской известью - не всегда обезжиривание можно производить в горячих щелочных растворах. Отдельные детали и узлы могут иметь части из резины или пластмассы. В таких случаях применяют венскую известь - смесь оксидов кальция и магния. Порошок разводят до густоты кашицы. Обезжиривание ведется вручную растиранием кашицы по поверхности волосяными щетками или ветошью. После обезжиривания кашица смывается водой.

Травление - удаление с деталей значительного слоя окалина и ржавчины химическим путем - обработкой поверхности изделий в растворах кислот. Во время травления окалина, ржавчина и другие загрязнения растворяются.

Травление черных металлов - в растворах серной, соляной кислот или их смесей. Выделяющийся при этом водород разрыхляет слой окислов и отрывает его от металлической поверхности.

Травление меди и ее сплавов - при этом растворяются оксиды Cu_2O и CuO , а также соли CuSO_4 и CuCO_3 . Выделяется не водород, а газообразные оксиды азота.

Травление алюминия и его сплавов - применяют в технологических схемах осаждения на него металлических покрытий или формирования анодно-оксидных покрытий.

Активация - применяют для деталей, очищенных от окалина, ржавчины или других загрязнений. При этом удаляется тончайшая пленка оксидов и солей, образующихся на деталях во время их обезжиривания, промывок и транспортировки на подвесках или в барабанах из ванны в ванну. Верхний слой металла во время активации легко протравливается с выявлением его кристаллической структуры, что способствует более прочному сцеплению покрытия с основой. После активации детали кратковременно промывают холодной проточной водой. Кроме химической применяют и электрохимическую активацию.

Электроосаждение металлических покрытий. Электролиты, применяемые для получения покрытий металлами и сплавами, подразделяют на две группы: на основе простых гидротированных ионов и комплексные электролиты.

Режим электролиза - кроме состава электролита на структуру и свойства металлических покрытий влияют: **плотность тока** - с ростом плотности тока возрастает перенапряжение катодной реакции, что способствует осаждению более мелкокристаллических покрытий. Наряду с выходом по току, определяется производительность процесса. **Толчек тока** - кратковременное повышение плотности тока до значений в 2-10 раз превосходящих рабочие величины. Он благоприятствует осаждению мелкокристаллических покрытий и улучшает равномерность распределения металла. **Реверсирование тока** - периодическое изменение его полярности. При этом часть осадка с поверхности детали растворяется, что приводит к выравниванию покрытий. Улучшается качество покрытий.

Электролиты для осаждения покрытий металлами - электролиты меднения - на основе сульфата, борфторида, сульфамата, хлорида, нитрата меди;

- электролиты хромирования - из электролитов, содержащих шестивалентный хром, который вводится в виде хромового ангидрида. Особенностью хромирования является то, что детали перед хромированием нужно прогреть до температуры, соответствующей температуре хромирования. Для обеспечения прочного сцепления хромового покрытия со стальной основой проводят анодную активизацию. Все контакты деталей с токопроводящими элементами должны быть жесткими, чтобы облегчить удаление водорода.

- электролиты цинкования и кадмирования - кислые электролиты - сульфатные, хлоридные и борфторидные растворы. Имеются и комплексные электролиты.

- электролиты оловянирования и свинцевания - для оловянирования - кислые, щелочные и пирофосфатные электролиты. Для свинцевания - только кислые электролиты.

- электролиты железнения - хлористые и серноокислые.

Имеются -специальные электролиты для осаждения покрытий благородными металлами - серебром, золотом, палладием и радием. Для осаждения сплавов меди, олова, никеля.

Неметаллические неорганические покрытия. К ним относятся пленки, образующиеся при пассивировании, фосфатировании, наполнении оксидных покрытий, эмалировании, тонировании и других процессах. Используются для защиты металлов и сплавов от коррозии, улучшения износостойкости, электроизоляционных свойств, придания специальных свойств и красивого внешнего вида.

Оксидные покрытия на алюминии - электрохимическое оксидирование (анодирование); химическое оксидирование; электрохимические покрытия; плакирование тонким слоем чистого алюминия.

Анодное оксидирование (анодирование) - получение на поверхности металла оксидных пленок под действием электрического тока. Они

подразделяются на тонкие барьерные (0,1...1 мкм), средние (1... 50 мкм), толстые (50...300 мкм).

Для анодного оксидирования алюминия и его сплавов применяется большое количество электролитов. Наиболее распространенные - растворы серной кислоты.

Цветные декоративные пленки на алюминиевых сплавах формируются при оксидировании переменным током в растворе щавелевой кислоты.

Анодирование магния, меди и титана. При оксидировании на поверхности изделий из магния образуются покрытия из оксида магния. Электрохимическое оксидирование меди и ее сплавов применяется главным образом в приборостроении и для декоративных целей. В настоящее время разрабатываются электролиты для оксидирования титана.

Химическое оксидирование металлов применяется для получения оксидных пленок толщиной 1...5 мкм на крупногабаритных сложнопрофилированных деталях. У них низкие коррозионные свойства по сравнению с анодными. Применяются как подслой под лакокрасочные и декоративные покрытия. Проводится в электролитах, содержащих хромовый ангидрид и некоторые соединения для получения бесцветных окрашенных пленок.

Фосфатирование металлов - специальный вид обработки изделий, при котором на их поверхности формируется солевая пленка из нерастворимых фосфатов.

Оборудование и материалы. Для футеровки ванн применяются свинец, силикатные материалы, винилпласт, полипропилен, пластикат перхлорвиниловый, резина и эбонит, фторопласт, полиэтилен. **Аноды** - для электрохимического нанесения гальванических покрытий применяют растворимые и нерастворимые. Используются материалы - цинк, кадмий, олово, свинец, медь, никель, сталь, серебро, золото. **Оборудование гальванических цехов** - электрохимическое, химическое, анодно-оксидное нанесение покрытий находят самое широкое применение. Поэтому оборудование отличается особенностями технологического процесса, числом видов покрытий, покрываемыми деталями, производственным помещением и др.

Расчеты и нормы.

В гальваническом производстве рассчитываются следующие параметры; определяются площади покрытия деталей; время обработки деталей; сила тока; расход материалов на первоначальный пуск оборудования (массы анодов, катодов; количество анодов или анодных контейнеров в одной ванне; масса анодного материала для заполнения анодных контейнеров; расход материала для изготовления растворов; ткани для изготовления анодных чехлов; расход материалов на программу. В справочниках имеются расчетные формулы и таблицы.

Контроль качества покрытий - химический, физико-химический, электрохимический или физический методы анализа.

Устройства для регулирования технологических параметров - контроль плотности тока и напряжения на электролизере; регулирование температуры, кислотности и уровня электролита.

2.5.6 Химико-термическая обработка металлов.

Определение - химико-термическая обработка (ХТО) сочетает термическое и химическое воздействие с целью изменения химического состава, структуры и свойств поверхностного слоя металла или сплава.

Основные методы насыщения поверхностного слоя деталей:

- 1) из порошковых смесей (порошковый метод);
- 2) прямоточный и циркуляционный методы диффузионного насыщения из газовых сред;
- 3) диффузионное насыщение из расплавов металлов или солей, содержащих диффундирующий элемент;
- 4) насыщение из паст и суспензий (шликерный);
- 5) диффузионное насыщение с использованием вакуума.

Адсорбция на поверхности насыщаемого металла. При взаимодействии насыщающей среды с обрабатываемой поверхностью возникает повышение концентрации диффундирующего элемента (адсорбента) на металлической поверхности (адсорбенте).

Физическая адсорбция - за счет свободной энергии неуравновешенного поверхностного слоя. **Хемосорбция** - химическая связь.

Диффузия в металлах - перемещение атомов в кристаллическом теле на расстояния, превышающие средние межатомные расстояния данного вещества. **Самодиффузия** - если перемещения атомов не связаны с изменением концентрации вещества в отдельных объемах.

Диффузия сопровождается изменением концентрации вещества.

Механизм диффузии - циклический (обменный), когда несколько атомов, расположенных примерно по кругу, движутся согласованно так, что все кольцо из атомов поворачивается на одно межатомное расстояние; **краудинный** - когда в плотноупакованном ряде атомов появляется лишний атом; **вакансионный** - за счет обмена атома с вакансией; **межузельный** - атом перемещается внутри кристалла, перескакивая на одного межузелья в другое.

Основные законы диффузии.

Первый закон Фика - поток диффундирующего вещества при стационарной диффузии пропорционален градиенту концентрации и направлен в сторону уменьшения концентрации.

Второй закон Фика - уравнение в частных производных, для однозначного решения которого необходимо задать краевые (граничные) условия, которым должна удовлетворять концентрация диффундирующего элемента.

Диффузия и дефекты структуры - все структурные дефекты - вакансии, границы зерен, субграницы, внешняя поверхность, дислокации и т.д. оказывают влияние на диффузионную подвижность атомов. Для расчетов диффузии по границам зерен используется модель Фишера.

Цементация стали (науглероживание) - диффузионное насыщение поверхностного слоя углеродом при нагреве ($900-960^{\circ}\text{C}$) в углеродосодержащей среде (карбюризаторе). Окончательные свойства цементированные изделия приобретают после закалки и отпуска. Назначение - придать поверхностному слою высокую твердость и износостойкость, повысить предел контактной выносливости и предел выносливости при изгибе при сохранении вязкой сердцевины. Для цементации детали поступают после механической обработки с припуском на шлифование. Этот припуск не должен превышать 30 % цементированного слоя.

Нитроцементация стали (азотонауглероживание) - процесс насыщения стали одновременно углеродом и азотом при $700-960^{\circ}\text{C}$ в газовой среде, состоящей из науглероживающего газа и аммиака. После нитроцементации следует закалка в масле и повторный нагрев непосредственно в нитроцементационной печи с температуры насыщения или небольшого подстуживания. Преимущество перед цементацией - более низкие температуры насыщения без увеличения длительности процесса, что снижает деформацию обрабатываемых деталей.

Цианирование стали - диффузионное насыщение поверхностного слоя стали одновременно азотом и углеродом при $820-950^{\circ}\text{C}$ в расплаве, содержащем цианистые соли. Используют для повышения поверхностной твердости, износостойкости, предела выносливости при изгибе и контактной выносливости.

Азотирование - диффузионное насыщение поверхностного слоя стали азотом при нагревании в соответствующей среде. Чаще проводится при $500-450^{\circ}\text{C}$ (низкотемпературное азотирование). Используют для приобретения стали высокой твердости на поверхности, не изменяющейся при нагреве до $400-450^{\circ}\text{C}$; высокую износостойкость и низкую склонность к задирам; высокий предел выносливости; высокую кавитационную стойкость; хорошую сопротивляемость коррозии в атмосфере; пресной воде и паре. В процессе азотирования обрабатываемые изделия испытывают небольшие деформации. Азотированный слой хорошо шлифуется и полируется.

Диффузионное насыщение сплавов металлами

Из порошковых смесей - детали помещают в контейнер и засыпают их смесью порошков насыщающих металлов. В смесь добавляется активатор. Герметизация смеси и деталей осуществляется либо плавкими затворами из нитросиликатного стекла плавящегося при $750 - 800$ градусов C и не препятствующего вытеснению воздуха из контейнера в период нагрева и надежно изолирующего рабочее пространство от окружающей

среды во время основной стадии технологического процесса - насыщения. Используются также и вакуумные печи.

Прямоточный и циркуляционный методы - при этих методах детали и насыщающая среда находятся раздельно. Готовый газ, насыщенный легирующими компонентами, подается непосредственно к деталям либо напрямую, либо путем циркуляции.

Диффузионное насыщение из суспензий, паст и гелиобразных смесей - занимает промежуточное положение между насыщением из порошковых смесей и расплавов. Детали обмазываются суспензиями, пастами, гелиобразными смесями, из которых и ведется насыщение поверхности деталей.

Диффузионное насыщение из расплавов металлов и солей - применяется в случае, если температура плавления металла покрытия значительно меньше покрываемого. Погружая деталь в расплав, можно за короткое время получить покрытие толщиной несколько десятков микрон.

Алитирование - процесс диффузионного насыщения металлов и сплавов алюминием с целью повышения жаростойкости, коррозионной и эрозионной стойкости.

Силицирование - диффузионное насыщение поверхности кремнием для повышения коррозионной стойкости, жаростойкости, твердости и износостойкости металлов и сплавов.

Хромирование - в результате диффузионного хромирования повышается износостойкость и коррозионная стойкость, сопротивление усталости.

Более подробно процессы диффузионного хромирования рассмотрены в работе: Макин Ю.Н., Комиссарова О.В. Методическая разработка к выполнению лабораторной работы "Ремонт электромагнитных устройств систем аварийного выключения двигателей Д-ЗОКУ, Д-ЗОКП" -М.: МГТУ ГА, 1996. -32 с.

Борирование - насыщение поверхности металлов и сплавов бором с целью повышения твердости и износостойкости, а также коррозионной стойкости.

Титанирование - для повышения коррозионной, кавитационной стойкости, а также поверхностной твердости и износостойкости.

Цинкование - в основном для повышения коррозионной стойкости.

Многокомпонентные диффузионные покрытия - алюмохромирование, алюмосилицирование, алюмоборирование, хромооилицирование, алюмохромосилицирование.

2.5.7 Термическая обработка стали.

Отжиг - применяют для уменьшения твердости и облегчения механической или пластической обработки, устранения наклепа, подготовки к последующей термической обработке для получения заданных свойств.

Отжиг первого рода - не связан с фазовыми превращениями. Нагревание при этом отжиге производят до температур, лежащих ниже температур фазовых превращений. Отжиг первого рода применяют для снятия в изделиях наклепа и внутренних напряжений после холодной обработки давлением и для устранения ликвации. Сопровождается ростом зерна.

Отжиг второго рода - связан с наличием фазовых превращений в твердом состоянии. При таком отжиге нагрев ведут до температур, превышающих температуры фазовых превращений. После отжига второго рода сплавы получают устойчивую структуру, приобретают наибольшую пластичность и вязкость и наименьшую твердость.

Полный отжиг - применяется для доэвтектических сталей для улучшения дефектных структур (например, перегрева), измельчения зерна, улучшения обрабатываемости, получения наивысшей пластичности и снятия внутренних напряжений.

Неполный отжиг - применяется для доэвтектических сталей перед механической обработкой для снятия внутренних напряжений и улучшения обрабатываемости.

Изотермический отжиг - применяется для легированных сталей. Назначение то же, что и полного отжига, но время термообработки меньше.

Диффузионный отжиг - производится при температуре 1000-1200° С, длительной выдержке (20-25 часов) и медленном охлаждении. Применяется для устранения ликвации в крупных отливках из легированной стали. После такого отжига сталь обычно подвергается полному отжигу и нормализации.

Рекристаллизационный отжиг - осуществляется для снятия наклепа в холоднопрокатаной стали для улучшения пластичности и снятия внутренних напряжений при температуре на 100-260° С выше температуры рекристаллизации.

Нормализация - применяется для исправления структуры перегретой стали, снятия внутренних напряжений, разрушения карбидной сетки, улучшения обрабатываемости малоуглеродистых и низколегированных сталей. Нормализация является как бы переходной ступенью от отжига к закалке. Некоторые стали после нормализации приобретают наиболее благоприятные сочетания свойств прочности и пластичности. Для таких сталей нормализация может быть окончательной операцией термической обработки.

Закалка - производится для придания стали наибольшей твердости и прочности. Применяются следующие виды закалок: полная закалка, неполная закалка, закалка в одной среде (непрерывная), закалка в двух средах, ступенчатая закалка, закалка изотермическая, закалка с самоотпуском, закалка токами высокой частоты.

Отпуск - служит для уменьшения или полного снятия напряжений, снижения твердости закаленной стали и увеличения пластичности. Отпуск бывает низкий, средний и высокий.

Термическая обработка холодом - применяется для инструментальных сталей непосредственно после закалки.

2.5.8 Ремонт и восстановление лакокрасочных покрытий.

Лакокрасочные покрытия предназначаются главным образом для защиты планера самолета и его агрегатов от разрушающего действия атмосферных факторов и различных агрессивных сред, используемых на самолетах или образующихся при эксплуатации. Покрытия должны хорошо сцепляться с металлом, быть атмосфероотойкими, устойчивыми к температурным перепадам; сохранять свои свойства в условиях полета на больших скоростях, при переменных нагрузках и вибрации; выдерживать без разрушения воздействия смазочных масел и топлив, пыли или песка, попадающих на поверхность обшивки при эксплуатации; обеспечивать надежную защиту самолета и элементов его конструкции от коррозии; обеспечивать хороший декоративный вид самолета.

Состав лакокрасочных материалов - пленкообразующие - создают защитную пленку, обладающую хорошей адгезией к покрываемой поверхности. В качестве пленкообразующих используются - растительные масла (высыхающие, полувсыхающие, невысыхающие); смолы (естественные и синтетические); эфиры целлюлозы. **Растворители** - бесцветные жидкие органические соединения. Они применяются для растворения пленкообразующих веществ. Для снижения расхода дорогостоящих растворителей к ним добавляют **разбавитель**. **Пигменты** - порошкообразные цветные окислы либо соли металлов естественного или искусственного происхождения, не растворимые в пленкообразующих веществах и растворителях и находящиеся в лакокрасочном материале во взвешенном тонкоизмельченном состоянии. Пигменты придают пленке цвет, непрозрачность, замедляют старение и повышают ее атмосферостойкость. **Наполнители** - окислы или соли металлов. Употребляются для замены части пигментов в целях удешевления материала. **Сиккативы** - для ускорения процесса высыхания масел. **Пластификаторы** - для повышения гибкости лакокрасочной пленки.

Основной характер разрушения лакокрасочных покрытий - **меление** - поверхностное разрушение пигментированного лакокрасочного покрытия в результате фотохимического процесса сопровождаемое образованием свободных частиц пигмента, легко удаляемых с поверхности; **выветривание** - процесс разрушения покрытия в результате воздействия воздушного потока, вызывающего износ верхнего слоя покрытия; **растрескивание** - вследствие потери покрытием механической прочности в результате его старения; **отслаивание** - вследствие нарушения его сцепления с грунтом; **сыпь и пузыри** - при

проникновении влаги через пленку; **коррозия** - появление продуктов коррозии на поверхности покрытия.

Ремонт лакокрасочных покрытий

1. Если покрытие имеет меление, выветривание, грязеудержание и при этом не затронут разрушением грунтовочный слой, покрытие необходимо зачистить шлифовальной шкуркой (без повреждения грунтовочного покрытия), протереть сухой кистью или чистыми салфетками для удаления продуктов зачистки, затем промыть салфетками, смоченными в чистом бензине или уайт-спирите. После этого старое покрытие обновляется эмалью соответствующей марки и цвета.

2. Если покрытие имеет разрушения (растрескивание, отслаивание, сыпь и пузыри, коррозию) и по результатам дефектации подлежит полной или частичной смывке, оно должно быть полностью или частично (на участках разрушения) восстановлено. При этом, если покрытие разрушено до грунтовочного слоя, края его следует зачистить шлифовальной шкуркой, не повреждая грутовки, протереть сухой кистью или чистыми салфетками, затем салфетками, смоченными в чистом бензине. На обработанные участки следует нанести эмаль соответствующей марки и цвета.

3. Если покрытие разрушено до металла и подлежит частичной смывке на этих участках, края размытого покрытия следует зачистить шлифовальной шкуркой, не повреждая металлической поверхности, удалить продукты зачистки, протереть салфетками, омоченными в чистом бензине или уайт-спирите. На обработанные участки нанести грунтовку и эмаль соответствующей марки и цвета.

Общие правила нанесения лакокрасочных материалов

1. Лакокрасочные материалы следует наносить на окрашиваемую поверхность методом распыления (воздушного или безвоздушного). Пользоваться кистью одевает только при выполнении отдельных операций, например, при пропитке тканевой обшивки аэролаками, при подкраске небольших участков поверхности деталей и агрегатов. Наносить материалы нужно несколькими тонкими слоями. Покрытие из одного слоя не может служить надежной защитой от коррозии из-за его пористости. Уменьшать количество слоев за счет увеличения их толщины **запрещается**, так как это снижает прочность пленки, вызывает ее растрескивание, образование морщин, подтеков.

2. При нанесении лакокрасочных материалов краскораспылителем необходимо соблюдать следующие условия:

- перед началом работы осмотреть краскораспылитель, убедиться в его исправности; конус иглы краскораспылителя не должен выходить за кромку передней части сопла; при закрытии иглой сопла лакокрасочный материал не должен течь;

- стакан краскораспылителя после наполнения лакокрасочным материалом закрыть крышкой;

- давление сжатого воздуха, идущего на распыление лакокрасочных материалов, должно быть в пределах 2,5-4 атм;
- расстояние от краскораспылителя до окрашиваемой поверхности должно быть 250-350 мм;
- скорость передвижения краскораспылителя параллельно окрашиваемой поверхности должна быть равномерной - 14-18 м/мин; направление струи распыляемого материала должно быть перпендикулярным к окрашиваемой поверхности;
- распыляемый материал следует наносить перекрещивающимся двойным слоем: первый слой - по вертикали, второй - по горизонтали;
- в момент соприкосновения с окрашиваемой поверхностью лакокрасочный материал должен быть "мокрым", а не полусухим; полусухой слой может быть при чрезмерно большом удалении краскораспылителя от окрашиваемой поверхности, а также при низкой влажности окружающего воздуха или высокой его температуре;
- наносить слой лакокрасочного материала необходимо полоской сверху вниз, равномерным движением руки; вторую полоску наносить снизу вверх и т.д.; при этом надо следить, чтобы край новой полоски ложился на край уже нанесенной.

3. При нанесении лакокрасочного материала кистью требуется соблюдать следующие правила:

- вязкость лакокрасочных материалов должна быть такой, чтобы они "сходили" с кисти только при нажатии на окрашиваемую поверхность; при этом кисть необходимо удерживать перпендикулярно к окрашиваемой поверхности; материал наносить тонким и ровным слоем; в толстом слое краска высыхает неравномерно, вследствие чего на поверхности покрытия образуются шероховатости, морщины и трещины;
- для получения необходимой степени укрывистости краску следует наносить в два тонких слоя, давая возможность каждому слою высохнуть;
- распределять лакокрасочный материал по поверхности необходимо равномерно; для этого его следует наносить широкими полосами, тщательно растушевывая сначала в одном направлении, а затем в другом, перпендикулярном к первому.

2.5.9 Электро-алмазное шлифование и удаление участков конструкций

Состоит из электрохимического (анодного) растворения металла и механической обработки его алмазными зернами. Алмазный круг на токопроводящей связке присоединяют к отрицательному полюсу источника постоянного тока; круг при этом становится катодом. Обрабатываемую деталь подключают к положительному полюсу; круг при этом становится анодом. Зазор между катодом и анодом обеспечивается зернами алмаза, выступающими над металлической связкой и являющимися диэлектриками. В зазор между катодом и анодом подают электролит. Под воздействием электрического тока ионы электролита

начинают перемещаться: катионы - в направлении от анода к катоду, а анионы - к аноду, вследствие чего через электролит начинает протекать электрический ток.

В результате электрохимических процессов происходит анодное растворение материала обрабатываемой детали. В результате на катоде выделяется водород, а на деталях - пленка окислов металла -анода. Алмазные зерна катода разрушают эту пленку и процесс анодного растворения обрабатываемой детали продолжается.

На процесс влияют зернистость круга, связка круга, концентрация алмазов в алмазоносном слое круга, форма и размер круга, состав электролита, электрические режимы шлифования, механические режимы шлифования.

Главное достоинство метода - возможность обработки деталей из твердого сплава и стали.

Удаление поврежденных участков стальных сотовых паяных конструкций авиатехники методом алмазной электрохимической обработки.

Способ алмазной электрохимической обработки (АЭО) по существу является сочетанием нескольких различных технологических методов: механической обработки алмазными зернами, электрохимической и электрофизической обработки. Эти процессы характеризуются сложными физико-химическими явлениями.

Для электролитического съема металла определяющими будут явления, описываемые законами электрохимии, а для механической обработки алмазными зернами - явления, связанные с механическим взаимодействием тел при значительных относительных скоростях.

При алмазной электрохимической обработке в электрической схеме подключения катодом является инструмент с алмазной режущей кромкой, а анодом - обрабатываемая деталь. Диапазон изменения напряжения на электродах 8-12 В.

Алмазное сверло вращается со скоростью V , а обрабатываемая деталь закреплена неподвижно. Электрохимические процессы связаны с растворением материала анода детали и с протеканием окислительных реакций.

Анодные процессы значительно влияют на производительность АЭО, шероховатость и качество поверхности реза.

Образующиеся в процессе электролиза гидроокислы и окислы образуют на поверхности анода слой пассивной окисной пленки, почти не растворимой в воде, обладающей высоким электрическим сопротивлением, значительно превышающим сопротивление межэлектродного зазора, заполненного электролитом. Прочность пленки, образовавшейся на аноде, значительно меньше прочности исходного материала. Однако более эффективно она удаляется механическим путем по сравнению с процессами, указанными выше.

В процессе электрохимической обработки металлическая связка твердого сплава непосредственно переходит в раствор электролита. При этом зерна металла последовательно обнажаются, образуя скелетную структуру, нарушается монолитность твердого сплава и поверхностный слой относительно легко снимается алмазным инструментом. Ослабление, обусловленное электрохимическими процессами, происходит в тонком поверхностном слое, соизмеряемом с размерами зерен металла.

В процессе АЭО наблюдаются и электроэрозионные явления. Скорость электроэрозионного съема для принятых АЭО режимов (низкое напряжение) мала. Однако электроэрозионные явления имеют определенное значение при депассивизации анода, оказывают положительное влияние на состояние режущей поверхности алмазного инструмента и качество обработанной поверхности. Электроэрозионные явления могут возникать как следствие пробоя межэлектродного зазора, обладающего наименьшей диэлектрической прочностью, так и с проявлением короткого замыкания зазора, когда вследствие наличия в нем стружки между электродами периодически образуются контактные мостики, что приводит к появлению нерегулярных биполярных бросков тока, оплавлению мостиков и к локальному выбросу материала анода и катода. Сюда же следует отнести и моменты контакта отдельных выступающих участков связки алмазного инструмента с поверхностью анода.

Температурное поле в зоне резания весьма неоднородно и сложно, так как источником тепла являются: протекание электрического тока через электролит, непосредственное касание электродов, химические экзотермические реакции, электроэрозионные и электроконтактные явления, выделение тепла вследствие взаимодействия зерен алмаза и металлической связки инструмента с обрабатываемой деталью. Температура на микроучастках в короткие периоды времени может достигать до 500-800°C. Однако средняя температура значительно ниже, чем при обычной механической обработке.

Механические явления при АЭО играют также немаловажную роль. Образующаяся в силу анодного растворения и окисления пленка прочно удерживается на обрабатываемом материале и, препятствуя протеканию тока, тем самым тормозит электрохимические процессы на аноде. Ее удаление происходит путем механического воздействия зерен алмаза. Кинематика АЭО определяется частотой вращения алмазного инструмента, удельным давлением на алмазный инструмент и влияет не только на механическую сторону процесса, но и способствует попаданию электролита в межэлектродный зазор, выносу продуктов обработки и пузырьков газа, а также нагретого электролита из зоны реза.

После АЭО образовавшаяся поверхность не требует дальнейшей обработки, что важно для осуществления последующих процессов пайки или сварки. При этом и физико-механические свойства материала в зоне реза остаются близкими к свойствам исходного материала. Это

объясняется значительным снижением мощности и усилия механического резания за счет протекания интенсивного анодного растворения материала в зоне обработки. В результате уровень остаточных напряжений в поверхностном слое обработанного материала и тепловыделения за счет трения уменьшаются.

2.5 Сборка.

Сборочные работы являются важнейшей составной частью производственного процесса, как в самолето - вертолето - двигателестроении, так и при капитальном ремонте авиатехники. Содержание сборочных работ определяется главным образом конструктивно-технологическими свойствами. Так для планера ЛА, основными факторами, определяющими специфику сборочных работ, являются:

- многодетальность конструкции планера ЛА и большое разнообразие применяемых конструкционных материалов; это приводит соответственно к разнообразию технологических процессов и средств их оснащения, усложняет планирование, контроль и учет сборочных работ;

- сложность пространственных форм и малая жесткость большинства элементов конструкции планера, из-за которых необходимо применять многочисленную и сложную технологическую оснастку;

- высокие требования к качеству ЛА в целом и его отдельным элементам, для обеспечения которых необходимы новейшие методы и средства контроля, включая специальное оснащение, широкое кооперирование производства, существенно усложняющее решение вопросов обеспечения точности и взаимозаменяемости элементов конструкции планера;

- частая смена объектов производства из-за быстрого морального старения авиационной техники, требующая всемерного сокращения сроков подготовки производства новых изделий при весьма большой трудоемкости и сложности как конструкторской, так и технологической подготовки производства.

Непосредственно технология ремонтных сборочных работ принципиально не отличается от сборочных работ при производстве ЛА и АД. Она изложена в теме 3 текста лекций: Макин Ю.Н., Ерошкин А.Н., Комиссарова О.В. Основы производства ЛА и АД: текст лекций - М.: МГТУ ГА, 1996, - 88 с.

Особенности сборочных работ в авиаремонтном производстве заключаются в том, что кроме технических требований, изложенных в соответствующих разделах "Руководства по капитальному ремонту", **необходимо выполнять следующие указания:**

1. Все агрегаты перед установкой должны быть:

- отремонтированы и продефектированы (необходимость ремонта зависит от результатов дефектации);

- проверены на работоспособность и на соответствие технической документации; в паспортах должны быть указаны результаты проведенных испытаний;

- расконсервированы в соответствии с инструкциями по эксплуатации изделий.

2. Применяемые при сборке приспособления, оборудование и инструменты должны периодически проходить проверку и испытания.

3. В процессе сборки следует поддерживать чистоту на ЛА.

4. Электрожгуты предохранять от попадания на них масел, топлива, гидросмеси, стружки.

6. Перед закрытием отсека после монтажа агрегатов необходимо очистить отсек от посторонних предметов и убрать из него инструменты.

8. Во избежание попадания уплотнительной смазки внутрь трубопроводов и штуцеров систем необходимо при нанесении смазки оставлять несмазанными первые два-три витка резьбы соединений.

7. После испытаний систем все соединения трубопроводов должны быть законтрены и опломбированы,

8. Не оговоренные моменты затяжки болтов и гаек устанавливать в соответствии с данными таблицы, приведенной в инструкции по технической эксплуатации.

9. Проверять переключки металлизации на переходное сопротивление.

10. Шланги, подводимые к подвижным агрегатам, не должны иметь заломов, напряжений и трения об элементы конструкции и друг с другом.

11. При монтаже трубопроводов, агрегатов и фиттингов перекосы в местах соединений не допускаются. Смонтированные трубопроводы и шланги не должны иметь осевого скручивания. Обязательно проверять допустимый увод второго конца трубки при окончательно затянутой накидной гайке первого конца.

12. Зазор между самими трубопроводами, а также между ними и неподвижно закрепленными деталями и агрегатами должен быть не менее допустимого в ТУ. Эти же требования относятся к зазору между трубопроводами и шлангами, с одной стороны, и неподвижными элементами конструкции и агрегатами, между трубопроводами и электрожгутами.

13. Во избежание осевого скручивания трубопроводов при соединении их с арматурой необходимо обеспечить жесткую фиксацию арматуры от проворачивания, поддерживая ее ключом.

14. Корпусные детали, например, фюзеляж перед оборкой должны быть установлены на стенде для ремонта этих деталей.

15. Зазоры сочленений деталей и размеры переключек деталей проверить по книге - альбом основных сочленений и ремонтных допусков.

16. При ремонте и сборке необходимо руководствоваться действующей, учтенной эксплуатационно-технической и ремонтной документацией.

Особенности монтажа топливной и масляной систем :

1. В зоне монтажа запрещается производить работы, связанные с искрообразованием.

2. Вблизи топливных баков не должны находиться химически активные вещества (кислоты, щелочи).

3. Трубопроводы и арматуру перед установкой продуть сухим сжатым воздухом или азотом.

4. При монтаже дюритовых соединений разрешается смазывать внутреннюю полость дюритов на глубину посадки на трубопровод легким слоем масла МК-22 или МО-20.

б. Заглушки с трубопроводов, со штуцеров, с арматуры, фланцев агрегатов и фланцев баков снимать непосредственно перед присоединением трубопроводов, установкой агрегатов и подсоединением баков.

Основные требования к соединениям трубопроводов

1. Посадочные конусы на трубопроводах, фитингах и штуцерах агрегатов не должны иметь забоин и царапин, развальцовка трубок должна быть правильной, ниппели и гайки должны свободно проворачиваться.

2. Стыкуемый конец трубопровода должен быть соосен штуцеру; торец развальцовки трубки не должен иметь перекоса относительно штуцера и накидная гайка должна свободно навинчиваться на штуцер при положении трубопровода, соответствующем его закреплению на вертолете.

3. При монтаже трубопроводов на жестко закрепленные агрегаты или арматуру обеспечить соосность развальцовок со штуцерами; развальцовка трубок считается плотно прилегающей к конусу штуцера, если зазор между конусом, штуцерами и развальцовкой, вызванный пружением трубопровода, легко устраняется поджатием рукой.

4. При необходимости разрешается подкладывать под арматуру креплений фитингов шайбы для обеспечения плотного прилегания развальцовки к конусу фитинга.

5. Во избежание скручивания трубопроводов при присоединении необходимо обеспечивать жесткую фиксацию их от проворачивания.

6. Если негерметичность соединения не устраняется подтяжкой, трубопровод или фитинг подлежит замене.

7. Затяжку соединений производить только стандартным инструментом; увеличение затяжки с помощью воротков не допускается.

8. Торцы соединяемых трубопроводов не должны иметь острых кромок и заусенцев. Между трубопроводами проложить ленты металлизации.

Ремонт и сборка других агрегатов и систем ЛА, двигателей, редукторов и вспомогательных силовых установок имеет и другие особенности. Все они отражают общие требования, которые должны соблюдаться независимо от вида авиатехники и, в принципе, являются предметом сертификации производства по ремонту.

2.6 Приемка и испытания, консервация, упаковка и сдача заказчику

Испытания ЛА после ремонта делятся на наземные и летные. Испытания на земле предназначаются для проверки выполнения объема и качества ремонтных работ согласно результатам дефектации, укомплектованности, сборки и регулировки агрегатов, систем и оборудования ЛА и его двигателей для определения весовых и центровочных данных ЛА.

При положительных результатах наземных испытаний дается заключение о возможности, летных испытаний. При летных испытаниях проверяются летно-технические характеристики. Эти испытания проводятся по специальной программе, согласованной с ОКБ и утвержденной Федеральной службой воздушного транспорта..

Техническое обслуживание и летная эксплуатация во время подготовки и проведения летных испытаний должны выполняться в соответствии с наставлением по технической эксплуатации воздушных судов, соответствующими регламентами и технологическими указаниями по техническому обслуживанию, а также руководством по летной эксплуатации.

При обнаружении отказов, неисправностей во время летных испытаний может быть назначен повторный полет для проверки устранения этих отказов и неисправностей.

Общая технология приемки и испытаний при ремонте принципиально не отличается от этих операций в промышленности и изложена в конспекте лекций, рекомендованном в предыдущем разделе.

При приемке ЛА на летно-испытательную станции (ЛИС) все его агрегаты, системы, механизмы и электро-радио-приборное оборудование должны быть исправны и соответствовать техническим условиям на их эксплуатацию. ЛА передается на ЛИС полностью укомплектованным всей необходимой и должным образом оформленной технической документацией.

В процессе приемки проверяются:

- комплектность ЛА и оформление технической документации;
- комплектность и оформление "дела ремонта";
- отсутствие повреждений на внешних поверхностях ЛА;
- наличие и состояние крышек люков, их подгонку;
- состояние остекления;

- легкость открывания и закрывания дверей, плотность их прилегания и исправность замков;
- зарядку воздушной и гидравлической систем;
- отсутствие течи рабочих жидкостей из систем ЛА и двигателей;
- исправность состояния амортизационных стоек, подкосов и сочленений, колес шасси;
- состояние и комплектность кабины пилотов и пассажирской кабины;
- целостность и комплектность проводок;
- наличие пломб на готовых изделиях;
- исправность освещения кабин, контурных опознавательных огней и т.д.

Все замечания при осмотре вносятся в ведомость дефектов.

Для осмотра заранее подготавливаются оборудование и инструменты, открываются для осмотра все лючки. При осмотре особое внимание следует уделять труднодоступным и плохо освещенным местам конструкции.

Осмотр проводится в определенном порядке согласно маршрутной карте с тем, чтобы не пропустить при осмотре отдельные элементы конструкции. Необходимо особое внимание уделить: что бы не было посторонних предметов в системах управления ЛА и двигателей.

Подготовка к наземным испытаниям делится на расконсервацию двигателей, редукторов; заправки маслосиотем двигателей и редукторов; проверки качества монтажа систем; взвешивание и определение центровки; проверку, регулировку и наземные испытания систем ЛА т.д.

После выполнения всех наземных работ проводятся летные испытания,

После каждого испытательного полета оформляются протокол и заключение по летным испытаниям, в которых дается оценка работы ЛА, его систем, оборудования, возможности допуска к дальнейшей эксплуатации.

После летных испытаний производится техническое обслуживание в объеме послеполетной подготовки и при необходимости составляются дефектные ведомости, устраняются замечания экипажа и инженерно-технического состава ЛИС.

Для перегонки ЛА летом на эксплуатационное предприятие отремонтированный, укомплектованный и испытанный ЛА представляется заказчику. Представители заказчика (экипаж, инженерно-технический персонал) производят осмотр, проверку работоспособности и облет.

После облета представители заказчика подписывают приемосдаточный акт, заказы на выполнение работы, оформляют полетное задание и перегоняют ЛА на эксплуатационное предприятие.

При отправке отремонтированного, укомплектованного и испытанного ЛА по железной дороге производится: снятие и упаковка крыльев, лопастей винтов, консервация и установка (крепление) в

контейнере, оформляется техническая и транспортная документация.

Отремонтированный ЛА, поступивший по железной дороге, необходимо расконсервировать, произвести осмотр, проверку работоспособности и облет.

Для авиадвигателей, редукторов испытание является заключительным технологическим процессом ремонта, определяющим их годность к эксплуатации. Испытания проводятся на испытательных станциях в условиях, максимально приближенным к работе на борту ЛА.

После испытаний двигатели и редукторы могут подвергаться контрольным переборкам.

Для обеспечения их сохранности и предохранения деталей от коррозии производятся консервация и упаковка.

Такие повышенные требования обусловлены еще и тем, что не всегда в условиях ремонтных заводов ГА имеются оборудованные надлежащим образом окрасочные ангары. Кроме того, иногда в процессе эксплуатации возникает необходимость проведения небольших по объему ремонтных подкрасочных работ в условиях авиационно-технических баз, где окрасочные ангары отсутствуют вообще.

В процессе эксплуатации летательных аппаратов ГА в системе противокоррозионной защиты неизбежно выявляются зоны, в особенности подвергающиеся воздействию агрессивных сред и неблагоприятных факторов, где применяющиеся системы лакокрасочных покрытий не в достаточной степени обеспечивают надежную защиту от коррозии. Одной из таких зон является подполье ЛА. Сложность конструкции подпольного пространства, отсутствие достаточно эффективных методов удаления влаги, трудности просушивания внутренних отсеков самолета в процессе эксплуатации, воздействие жидких агрессивных сред (районы туалетов, буфета, аккумуляторов) создают благоприятные условия для возникновения и быстрого развития процессов коррозии.

3. Ремонт конкретных элементов конструкций

3.1 Ремонт обшивки и силового каркаса планера

В целях обеспечения высокой надежности, долговечности и аэродинамических свойств самолета (вертолета) в процессе ремонта планера должны быть сохранены и восстановлены:

- первоначальная прочность ремонтируемых деталей (узлов, агрегатов);
- точность внешних обводов и гладкость наружных поверхностей;
- заданные весовые, геометрические и нивелировочные данные планера;
- надежная противокоррозионная защита ремонтируемых элементов.

Ремонт обшивки клепкой. При ремонте обшивки планера самолета (вертолета) приходится устранять такие характерные дефекты, как ослабление заклепок, волнистость, трещины, пробоины, вмятины. В

отдельных случаях при значительных повреждениях заменяют листы (панели) или части листов обшивки.

Ослабление заклепок наиболее часто встречается в местах потайной клепки, особенно там, где клепка выполнена с зенкованием гнезда под заклепку. Степень ослабления заклепок и необходимость их подтяжки устанавливаются по таким внешним признакам, как дымление заклепок, образование венчика закладной головки, перекося и др. Ремонт обшивки с ослабленными заклепками заключается в их подтяжке с применением обычных методов клепки. Подтяжку заклепок производят на 0,4—,6 мм.

При клепке обычными заклепками возможны следующие дефекты:

- подсечка материала детали со стороны закладной головки (причина: обжимка с молотком установлены не под прямым углом; велика лунка обжимки);

- скошена замыкающая головка (причина: при ударной клепке рабочая поверхность поддержки установлена не параллельно детали; при прессовой клепке скошена рабочая поверхность инструмента);

- смещена замыкающая головка (причина: длина заклепки не соответствует толщине пакета);

- стержень заклепки расклепан между соединяемыми деталями (причина: соединяемые детали плохо сжаты; наличие посторонних предметов между соединяемыми деталями);

- высота замыкающей головки меньше минимального размера, оговоренного документацией (причина: мала длина заклепки; отверстие под заклепку больше требуемого)

- трещины на закладной и замыкающей головках заклепки (причина: недостаточная пластичность материала заклепки);

- замыкающая головка не соответствует установленным в документации размерам (причина: заклепка переклепана или недоклепана);

- неправильная форма замыкающей головки (причина: малая мощность клепального молотка; недостаточная масса поддержки);

- закладная потайная головка выступает над поверхностью пакета больше допустимого (причина: гнездо под потайную головку меньше требуемого размера; высота закладной головки заклепки больше допустимого размера);

- зазор между соединяемым пакетом и закладной головкой заклепки (причина: при клепке подручный слишком сильно нажал поддержкой на торец заклепки; диаметр отверстия меньше предусмотренного технологической документацией);

- закладная головка с одной стороны выступает над поверхностью обшивки (причина: гнездо под закладную головку некруглое, имеет эксцентриситет);

- неплотное прилегание закладной головки к поверхности гнезда (причина: глубина гнезда больше требуемой);

- провалы обшивки по заклепочным швам (причина: мощность клепального молотка слишком велика; несогласованная работа клепальщика и подручного);

- хлопуны на обшивке (причина: несоблюдение порядка постановки заклепок; недостаточное число установленных технологических крепежных деталей.

Свои специфические дефекты и причины их вызывающие имеются при соединении деталей пустотелыми заклепками, заклепками с сердечником, заклепками с высоким сопротивлением срезу.

Результаты испытания механических свойств образцов с различными дефектами клепки показывают снижение показателя усилия на разрыв до 30 % при малой толщине закладной головки и усилия на срез до 15% при наличии зазора в пакете деталей.

Волнистость (гофрообразование) обшивки обычно возникает в пределах клетки, образованной стрингерами, нервюрами, шпангоутами и другими силовыми элементами каркаса. Причиной этого дефекта является потеря устойчивости листа обшивки из-за деформаций конструкции вследствие больших перегрузок в полете или грубых посадок. При небольшой величине гофра (или «хлопунов») обшивка подкрепляется уголками, приклепанными с внутренней стороны.. В случае потери устойчивости обшивки на большом участке она полностью заменяется в одной или нескольких клетках.

Трещины обшивки длиной до 50 мм для предотвращения их дальнейшего развития засверливают по концам сверлом диаметром 2— мм. С внутренней стороны приклепывают усиливающую накладку, которая на 25— мм должна перекрывать концы трещин. При пробоинах размером до 15 мм в обшивке вырезают круглое или овальное отверстие с удалением деформированных (рваных) краев пробоины; с внутренней стороны приклепывают усиливающую накладку. Наружную поверхность накладки заполняют клеем ВК-9 и после его подсыхания поверхность окрашивают.

Ремонт обшивки с трещинами длиной более 50 мм или пробоинами размером свыше 15 мм при отсутствии повреждений силового каркаса включает следующие операции:

- вырезка дефектного участка обшивки по плавному прямоугольному контуру с закруглениями по углам, круглому или овальному; при этом для заклепочного шва необходимо оставлять часть старой обшивки ип расстоянии не менее 25— мм от деталей каркаса;

- изготовление и приклепка изнутри опорной поверхности в виде сплошной подкладки или разрезной подкладки , перекрывающей на 20— мм вырезанное в обшивке окно;

- изготовление, подгонка по контуру выреза и приклепка накладки-заполнителя (вкладыша) к опорной поверхности.

Подкладки (опорные элементы) обычно приклепывают нормальными заклепками. Приклепку накладок-заполнителей в случае отсутствия двустороннего подхода к месту клепки выполняют с помощью взрывных, штырьковых и других специальных заклепок. Иногда применяют винты с потайной головкой и анкерные гайки. Материал заклепок выбирают по таблицам.

Заделка **вмятин обшивки** заполнительной **пастой**. Вмятины на дюралюминиевой обшивке дозвуковых самолетов и вертолетов глубиной не более 1 см и площадью до 100 см кв. можно заделывать специальной пастой на основе эпоксидной смолы. Данный метод рекомендуется для заделки не менее трех вмятин на 1 м. кв. обшивки в тех случаях, когда нет подхода к дефектному участку изнутри, особенно если к обшивке прикреплены теплоизоляционные элементы.

С дефектного участка, включая зону на расстоянии 20 мм от вмятины, удаляют старое лакокрасочное покрытие смывкой АФТ-1, СД или смесью из 30% разжижителя Р-5 и 70% бензина Б-70. Поверхность вмятины зачищают, обезжиривают бензином БР-1 («Галоша») или ацетоном и просушивают в течение 30 мин. Пасту наносят на поврежденный участок и заглаживают ее шпателем заподлицо с обшивкой. После затвердевания пасты ее поверхность зачищают шлифовальной шкуркой № 16— и окрашивают.

Ремонт силовых элементов каркаса планера.

Характерными повреждениями элементов каркаса планера могут быть частичное или полное разрушение полков и ребер поясов лонжерона по всему сечению, деформация поясов и стенок лонжеронов, частичное или полное разрушение стрингеров, нервюр, шпангоутов.

Ремонт лонжеронов. При частичном повреждении полки или ребра пояса лонжерона дефектный участок удаляют и на его место подгоняют вкладыш. Для восстановления прочности на пояс устанавливают усиливающий уголок или накладку, либо оба эти элемента одновременно. Ремонтные детали усиления должны изготавливаться из того же материала, что и усиливаемые конструктивные элементы. Детали из алюминиевого сплава должны быть закалены и состарены, детали из стали 3ОХГСА или 3ОХГСНА — термически обработаны на соответствующий предел прочности. Отверстия под заклепки и болты сверлятся в ремонтных деталях до их термической обработки с припуском на развертывание при сборке соединения. Перед сборкой лонжерона на всех ремонтных деталях должны быть зачищены риски, забоины и другие дефекты, после чего эти детали покрываются грунтом АЛГ-1. Некоторые особенности имеет ремонт двустеночного балочного лонжерона. После постановки наружных накладок на обе поврежденные стенки между последними вставляют дюралюминиевый вкладыш. Соединение накладок с ребрами поясов лонжерона выполняется с помощью удлиненных болтов, а со стенками и вкладышем — с помощью заклепок.

Ремонт стрингеров. При наличии на стенке стрингера трещин, забоин на место обнаруженного дефекта ставят усиливающую накладку из прессованного профиля. В случае разрушения одной из стенок дефектный участок вырезают, изготавливают вставку (вкладыш) и приклепывают усиливающую накладку. При разрушении стрингера по всему поперечному сечению вместо удаленного дефектного участка устанавливают вкладыш. Для соединения обрезанных концов стрингера с вкладышем устанавливают симметрично накладку из прессованного профиля того же типа, которая устанавливается симметрично восстанавливаемой детали.

Ремонт нервюр и шпангоутов. Наряду с восстановлением первоначальной прочности большое внимание при ремонте элементов поперечного набора планера должно быть обращено на точность выполнения обводов восстанавливаемого объекта, особенно при ремонте крыла. При частичном повреждении нервюр и шпангоутов усиливающие детали ставят с внутренней стороны. Постановка деталей усиления на наружных поверхностях полок нервюр и шпангоутов, сопрягаемых с обшивкой, **запрещается.** После ремонта сильноповрежденной нервюры или изготовления новой взамен разрушенной необходимо тщательно производить ее установку на место, обращая особое внимание на увязку ее обводов с обводами соседних нервюр. Восстановление полок нервюр и шпангоутов производится такими же методами, которые применяются для ремонта лонжеронов и стрингеров. В случае повреждения стенки устанавливаются усиливающие накладки обычно изогнутые и подогнанные по контуру сечения стенки.

3. 2 Ремонт лопастей винтов вертолетов

При ремонте устраняют следующие характерные дефекты лопастей вертолетных винтов:

— на металлических лопастях — нарушение лакокрасочного покрытия; пробоины и трещины на обшивке, полках нервюр и хвостовом стрингере; отставание обшивки от элементов каркаса; повреждения оковок и обтекателей;

Для выявления дефектов применяют визуальный осмотр. Границы мест нарушений приклейки обшивки определяют дефектоскопом ИАД-2. При ремонте лопастей необходимо обеспечивать равнопрочность узлов и соединений с сохранением (в пределах допуска) весовых и моментных характеристик как лопасти в целом, так и отдельных ее отсеков. Некомплектная замена разрешена для ограниченного числа типов лопастей. На таких лопастях в случае замены должен быть проведен полный комплекс контрольных операций.

Восстановление лакокрасочного покрытия (ЛКП) лопастей следует выполнять в помещении с температурой внутри не ниже 12° С и относительной влажностью не выше 75%. При восстановлении ЛКП на деревянной лопасти дефектный участок пера лопасти зачищают шли-

фовальной шкуркой и обезжиривают с помощью ацетона или растворителя. Ремонтируемую поверхность шпаклюют тонким слоем шпаклевки, сушат в течении 4 часов, затем наносят два слоя нитроэмали соответствующего цвета.

Ремонт обшивки металлических лопастей при пробоях размером до 30 на 30 мм выполняется постановкой накладок. Допускается ремонтировать не более 6 пробоин на одном отсеке в корневой части лопасти. Поврежденный участок обшивки вырезают по плавному контуру, острые кромки скругляют. Защитное покрытие удаляют с помощью растворителя Р-5 на ширине 30 мм от края отверстия. Из листового дюралюминия толщиной 0,4—,6 мм вырезают накладку необходимых размеров. Поверхности накладки и обшивки промывают бензином, просушивают и затем дважды протирают тампоном, смоченным в ацетоне. Шпателем или кистью наносят слой клея ПУ-2 из расчета 200—г/м.кв. Выдержка перед склейкой - 10 ... 20 мин при температурах 30 или 16 градусов соответственно. Установленную на место накладку накрывают листом бумаги, а затем листом губчатой резины толщиной 2-3 мм. В месте вклейки с помощью прижимать приспособлений или груза создают удельное давление 0,5 - 1 кгс/см.кв. Выдержка под давлением - 24 часа; температура в зоне склейки - не менее 20 градусов. После снятия груза удаляют остатки клея, бумаги, резины и восстанавливают лакокрасочное покрытие. Эксплуатация лопастей на вертолете разрешается не ранее чем через 10 суток после окончания приклейки накладок. Для сокращения сроков ремонта применяют нагрев в местах склейки.

При наличии пробоины обшивки с повреждением нервюры длиной до 50 мм дефектные участки вырезают по плавному контуру. Подгоняют детали: уголок из материала Д16АТ толщиной 0,6 мм, пластины и накладка из Д16АТ толщиной 0,4—0,6 мм. Размечают и сверлят отверстия диаметром 3,1 мм под заклепки, скругляют кромки. Уголок снизу приклеивают клеем ПУ-2 и затем приклепывают к нервюре, а пластины —к уголку и нервюре. Накладку приклеивают или приклепывают к обшивке.

При ремонте обшивки с трещинами длиной до 100 мм концы их засверливают сверлом диаметром 2 мм. Дефектное место усиливают приклейкой или приклепкой накладки.

В особых случаях временно разрешается ремонтировать обшивку наклейкой заплат из ткани АСТ-100 на клее АК-20. Выдержка после склейки — 8ч при температуре не ниже 16° С. Полотняная заплата герметизируется герметиком У-30МЭС-5, после чего восстанавливается ЛКП.

Ремонт полок нервюр и хвостового стрингера, имеющих трещины, производится постановкой усиливающих накладок. Концы трещин засверливают. Накладки изготавливают из Д16АТ толщиной 0,4—,6 мм и перед приклепкой промазывают клеем ПУ-2.

Отставание (отклеивание) обшивки от нервюры или стрингера на длине не более 60% длины клеевого шва устраняют клепкой с обеспечением перемычки не менее 6 мм и шага 20 мм. Перед клепкой следует соединяемые поверхности обезжирить и промазать клеем ПУ-2. При клепке обеспечить перекрытие заклепочным швом участка не проклея не менее 10 мм с каждой стороны.

В случае отставания или повреждения носовые резиновые накладки заменяют. Для этого дефектный участок накладки удаляют, место приклейки зачищают и на него наносят слой клея К-153. Установленная на место накладка прикатывается роликом и прижимается под определенным давлением. Для вулканизации клея производится двухстадийная выдержка: сначала в течение 12 ч при температуре 15—° С, затем— ч. при температуре 75° С.

Восстановление твердопленочного (целлулоидного) покрытия деревянных лопастей выполняется срезкой на «ус»поврежденной пленки и последующим выравниванием поверхности путем нанесения 6— слоев целлулоидного клея или нитроклея АК-20. Сушка каждого слоя клея —1 час.

Ремонт оковок лопастей. Риски забоины, вмятины глубиной до 3 мм и продольные трещины длиной до 15 мм запаивают припоем ПОС-40. Поперечные разрывы (трещины) ремонтируют постановкой одной или двух дополнительных заклепок на расстоянии 5— мм от дефекта. Головки заклепок опаивают.

При наличии на оковке трещин длиной более 15 мм, глубоких вмятин и забоин необходимо заменить участок (секцию) оковки длиной до 100 мм. Новая секция подгоняется к перу лопасти с обеспечением профиля передней кромки и зазоров по торцевым стыкам не более 0,3 мм.

Взвешивание и продольная балансировка лопастей производятся в тех случаях, когда в процессе их ремонта весовые и моментные характеристики могли значительно измениться, например, за счет постановки накладок и перекраски.

3.3 Ремонт деталей и узлов управления

Для управления рулями, элеронами и другими агрегатами летательных аппаратов и их силовых установок применяется как гибкая тросовая проводка, так и жесткая, состоящая из тяг, связанных между собой шарнирными соединениями.

Ремонт жесткого управления. Продукты коррозии удаляются волосяными щетками, а также зачисткой шабером, бархатным напильником или шлифовальной шкуркой № 4 и 3. При необходимости с дефектного участка удаляется лакокрасочное покрытие с помощью смывки. Для восстановления защитной окисной пленки отремонтированные зачисткой поверхности обрабатывают травящими растворами. После обработки поверхность детали тщательно промывают

водой для удаления травящего раствора. Восстанавливают лакокрасочное покрытие.

Детали и узлы с трещинами основного материала заменяют. Трещины на сварных швах в некоторых случаях допускается устранять подваркой (не более одного раза).

Риски, забоины, надирь на дюралюминиевых тягах глубиной до 0,2 мм зачищают шлифовальной шкуркой № 4 и 3. Аналогичные дефекты, а также вмятины глубиной до 0,3 мм и площадью не более 200 мм кв. наружной поверхности механизмов загрузки защищает с последующим восстановлением анодного покрытия. На тягах из материала 30ХГСА разрешается устранять дефекты глубиной до 0,3 мм на длине до 15 мм. Зачищенное место промывают бензином, восстанавливают цинковое и затем лакокрасочное покрытие. Забоины на ребрах жесткости качалок глубиной до 2 мм устраняют опилкой и зачисткой с обеспечением плавных переходов.

В отдельных случаях допускается выполнять ремонт тяг постановкой бужа. С этой целью вырезают поврежденный участок трубы длиной не более 50 мм, зачищают торцы срезов и скругляют кромки. Буж должен быть изготовлен из того же материала, что и труба тяги. Толщина стенки бужа — не менее толщины стенки трубы, зазор между бужем и трубой — не более 0,1 мм. Люфт и посадка бужа с натягом не допускаются. Буж устанавливают на трубчатых заклепках, имеющих длину на 3,5 мм больше наружного диаметра бужа. После развальцовки трубчатых заклепок их головки не должны иметь трещин и рваных краев. На одной тяге может быть установлено не более одного бужа. Тяги указанным способом ремонтируют только в том случае, если обеспечивается свободное перемещение отремонтированной тяги при работе управления и зазоры между тягой и элементами конструкции не менее допустимых по инструкции. Силовые тяги управления (передающие движение от гидроусилителей к рулевым поверхностям) с рисками, забоинами и другими механическими повреждениями подлежат замене.

Износ тяг в местах касания роликов допускается на глубину до 0,4 мм. В целях увеличения их срока службы допускается поворот тяг в направляющих роликах на 180°. При износе свыше 0,4 мм, а также если труба имеет износ более чем в двух местах одного сечения, тяги бракуют. Подлежат замене также деформированные тяги, с прогибом более 1 мм на длине 1 м.

Дефектные шарикоподшипники в ушковых наконечниках и качалках заменяют новыми. При замене на посадочное место наносят тонкий слой грунта АЛГ-14, шарикоподшипник запрессовывают с помощью пуансона и завальцовывают, в некоторых случаях раскернивают с двух сторон. Установленный подшипник должен вращаться легко, без заеданий и хруста.

Ремонт тросового управления. Характерными дефектами тросового управления являются заершенность троса из-за обрыва отдельных проволок; заломы, вмятины (засечки) на проволоках прядей; коррозия, износ, вытяжка троса; ослабление заделки троса в наконечниках; выкрашивание, вмятины, глубокий износ реборд и рабочих канавок роликов; неисправности шарикоподшипников направляющих роликов.

Заершенность троса обнаруживают при протирании его тампоном из ваты или пакли. Концы оборванных проволок заделывают внутрь пряди, не нарушая при этом плетения троса. Места заделки проволок закрашивают красной краской в виде кольцевой метки шириной 5 мм. При обнаружении более трех оборванных проволок на длине троса 1 м или более одной оборванной проволоки в одной и той же пряди трос бракуют. Отбраковке подлежат также тросы, имеющие заломы (засечки, вмятины) нескольких проволок в пряди.

Износ троса характеризуется потертостью проволок в местах перегиба на роликах, ослаблением свивки проволок и прядей, изменением диаметра троса по его длине. Изношенные тросы и тросы с признаками нагартовки проволок подлежат замене.

При наличии на тросе поверхностной коррозии его протирают салфеткой, смоченной в бензине. В тех случаях, когда продукты коррозии не удаляются протиркой или коррозией поражены внутренние проволоки прядей, трос бракуют. Зачищать коррозию шлифовальной шкуркой **запрещается**. Вытяжку троса контролируют с помощью тензометра. Вытянутые свыше нормы тросы, а также тросы с ослаблением заделки в наконечники бракуют. Новые тросы берут либо из запасного комплекта, либо изготавливают в ремонтном подразделении.

Технология изготовления новых тросов состоит в следующем. Подбирают или изготавливают требуемые наконечники. Новый трос соответствующей длины очищают от грязи, краски и консервирующей смазки с помощью ацетона или бензина и затем вытягивают под определенной нагрузкой. Трос пропитывается в нагретой до температуры 105° С пушечной смазке в течение 2— мин. Затем трос слегка протирают салфеткой, отмеряют необходимую длину с учетом припуска на заделку в наконечники или на коуш и обрезают. Концы троса опаивают или обматывают проволокой.

Концы троса заделывают в наконечники способом обжатия или заплетки на коуш. Наиболее распространен первый способ. Тросы обжимают либо на специальном станке, либо в штампах на прессе, либо волочением (протяжкой) через фильеры; в результате между тросом и наконечником создается прочное неразъемное соединение. После протяжки через фильеры наконечник с тросом тщательно осматривают. В целях проверки качества заделки трос подвергают повторной вытяжке в течение 5 мин под той же нагрузкой, что и при первичной вытяжке.

Заплетка тросов на коуш производится в целях предохранения тросов от перетираания в местах крепления к элементам конструкции. Ввиду понижения на 15-20 % прочности в месте заплетки при заделке на ковш применяют тросы большего диаметра, чем при заделке в наконечники.

3.4 Ремонт агрегатов жидкостно-газовых систем

Общие требования по разборке, ремонту и сборке агрегатов. Перед съёмкой агрегата с изделия давление в системе необходимо стравить до нуля и слить рабочую жидкость, не допуская ее попадания на детали авиационного оборудования и штепсельные разъемы. Открытые отверстия арматуры и трубопроводов заглушить специальными колпачками, заглушками или органической пленкой.

Разборка (сборка) агрегатов выполняется с помощью специального ремонтно-монтажного инструмента. Приспособления для разборки и тиски должны иметь в местах зажима деталей прокладки (губки) из мягкого материала. Перед разборкой гидроаккумуляторов следует убедиться с помощью зарядного приспособления в том, что в газовой камере давление отсутствует, и вывернуть зарядный клапан. Детали разбираемых агрегатов должны иметь бирку с номером изделия и храниться в специальной таре (сортовиках). Обезличивание деталей не допускается.

Промывка и очистка деталей производится в органических растворителях (бензин, уайт-спирит) или в специальных водных моющих растворах. Для удаления лакокрасочного покрытия применяются смывки СД, АФТ-1 и др. Промытые детали необходимо держать в сухом помещении. При хранении деталей до сборки более суток их смазывают тонким слоем масла АМГ-10, МК или МС, а при хранении более трех суток — помещают в ванну с трансформаторным маслом или маслом АМГ-10.

Дефектация. Резиновые, кожаные, фетровые уплотнительные детали, а также шплинты, пружинные шайбы и другие контрольные детали независимо от их состояния бракуют. Фторопластовые кольца и прокладки, не имеющие износа и повреждений, допускают к дальнейшей эксплуатации.

Штоки цилиндров и стальные корпусные детали агрегатов высокого давления контролируют на магнитном дефектоскопе; высоконагруженные детали из алюминиевых сплавов контролируют цветным, люминесцентным или рентгеновским методами. При наличии трещин в основном материале детали заменяют новыми или снятыми с других агрегатов.

Пружины осматривают и контролируют при определенных нагрузках. Пружины с трещинами, деформацией витков или увеличенной усадкой бракуют.

Микрометрические измерения проводятся по картам обмера, составленным для изнашивающихся деталей. Измерительный инструмент должен иметь точность измерений до 0,001—0,005 мм. При необходимости

чистоту поверхности деталей контролируют по эталону или с помощью профилометрических приборов. Новый агрегат перед установкой на изделие должен пройти проверку и испытания по программе входного контроля.

Типовые рекомендации по ремонту деталей агрегатов. Наибольшее применение в ремонтной практике получили следующие методы восстановления деталей и узлов агрегатов систем:

— исправление геометрических форм изношенных деталей механической обработкой: проточкой, шлифованием, притиркой, развертыванием в пределах допуска на серийный или ремонтный размер или с последующим восстановлением серийного размера;

— восстановление геометрических размеров деталей хромированием, химическим никелированием и твердым анодированием с применением механической обработки;

— восстановление поврежденных защитных покрытий путем цинкования, кадмирования, оксидирования, пассивирования, никелирования или покраски;

— сварка и пайка для устранения на деталях трещин и других дефектов;

— статическая правка и правка наклепом для устранения деформации узлов и деталей;

— устранение забоин, рисок, заусенцев, а также коррозии шаберами и шлифовальными шкурками;

— замена изношенных деталей в узлах новыми или снятыми с других агрегатов.

После устранения дефектов механической обработкой (проточкой, притиркой и др.) детали приобретают ремонтные размеры, отличные от первоначальных размеров по чертежу. При сборке узлов с этими деталями должны быть обеспечены требуемые посадки (зазоры и натяги). С этой целью используют постановку специальных ремонтных деталей или восстановление размеров сопрягаемых поверхностей путем нанесения на них слоя хрома, никеля и других металлов; как исключение, допускается подбор деталей, снятых с забракованных агрегатов, не выработавших ресурс.

Коррозия устраняется зачисткой деталей до основного металла или химическим путем (травлением в кислотных или щелочных растворах). Поверхностная коррозия на пружинах удаляется зачисткой шлифовальной шкуркой № 6—. Во всех случаях нарушение защитного антикоррозионного покрытия должно быть восстановлено.

Ремонт резьб в резьбовых отверстиях корпусных деталей, на штуцерах и других деталях арматуры, а также на валах, ушковых болтах, заглушках и др. разрешается выполнять в случае повреждений не более одного-двух начальных витков резьбы. Устранение забоин, заусенцев и других дефектов производится зачисткой с последующим калиброванием резьбы

соответствующими метчиками и лерками. Негерметичность в резьбовых соединениях из-за прослабления или вывертывания деталей устраняют подтяжкой или установкой новых деталей с увеличенным диаметром резьбы. Подтяжку деталей с конической резьбой производить на 1/4 оборота. В некоторых случаях применяются уплотняющие смазки, например, паста БУ, наносимые на резьбу ввертной детали на расстоянии не менее 5 мм от торца.

Риски, царапины, надирь, заусенцы и коррозия на конических поверхностях деталей соединительной арматуры устраняют зачисткой с последующей притиркой конусным притиром с микропорошками или пастой ГОИ до получения чистоты поверхности не ниже класса детали 1-й категории. Окончательная притирка может производиться совместно с сочленяемым ниппелем.

Перед сборкой детали тщательно промывают чистым бензином и обдувают сухим сжатым воздухом, за исключением деталей, особо оговоренных в технологии ремонта; проверяют их комплектность, клеймение, убеждаются в том, что на деталях и узлах нет дефектов. Трущиеся детали и подшипники смазывают соответствующими смазками.

В процессе сборки необходимо принять меры для предупреждения попадания во внутренние полости агрегатов пыли, грязи и металлической стружки. С этой целью открытые концы труб и арматуры следует закрывать заглушками и колпачками. **Запрещается** при сборке производить ремонтные работы, особенно с применением абразивных материалов. Сборку наиболее ответственных агрегатов (гидроусилителей, агрегатов типа ГА, гидронасосов) обычно выполняют на отдельных рабочих местах, по возможности в изолированных помещениях. На агрегат, собираемый после ремонта, должны устанавливаться те детали, которые работали на нем до ремонта. Возможность использования деталей с других однотипных агрегатов специально оговаривается в технологии ремонта.

Допускается на полностью собранном агрегате выполнять подкраску мест с нарушенным лакокрасочным покрытием. При этом наружные отверстия агрегата уже должны быть заглушены.

Перед установкой на агрегат резиновые уплотнительные детали (за исключением особо оговоренных в технологии) выдерживают в масле АМГ-10 в течение 24 часов при температуре 70° С или в течение 5 суток при нормальной температуре. Промывка в бензине резиновых деталей **запрещается**. При необходимости промывка их производится в этиловом спирте. После сборки агрегата его наружные отверстия глушатся.

Испытание агрегатов проводится на специальных стендах по соответствующей программе для данного типа изделия. В процессе контрольно-сдаточных испытаний проверяется качество ремонта агрегата и соответствие его рабочих характеристик требованиям технических условий. Для установки на самолет (вертолет) допускаются те агрегаты, которые по проверяемым параметрам полностью соответствуют ТУ.

В особых условиях при отсутствии специальных стендов агрегаты можно испытывать непосредственно на изделии по окончании, монтажа системы или соответствующего участка.

После проведения испытаний все соединения должны быть законтрены, а указанные в ТУ опломбированы.

3.5 Ремонт и замена трубопроводов

Контроль за техническим состоянием трубопроводных магистралей следует выполнять с минимальной разборкой. При этом проводят испытания систем на герметичность, а также осмотр трубопроводов, соединений и деталей крепления.

Испытания на герметичность обычно проводят рабочей жидкостью (газом) при давлении, равном рабочему. Течь в соединениях трубопроводов устраняют их подтяжкой. Предварительно необходимо сбавить давление в системе, разъединить соединение и осмотреть конусную часть штуцера и развальцованную часть трубы. Если на них нет повреждений, трещин, забоин, можно навернуть от руки гайку на штуцер, не допуская перекоса и натяга трубы, и затем окончательно затянуть гайку ключом. Необходимо иметь в виду, что чрезмерная затяжка может вызвать деформацию и способствовать разрушению соединительных элементов (ниппеля, развальцованной части трубы), поэтому затяжку резьбовых соединений следует производить тарированными ключами с определенным моментом кручения.

Визуальный осмотр проводят в целях выявления механических и коррозионных повреждений трубопроводов и определения необходимости демонтажа.

Проверяют качество монтажа трубопроводов, при этом особое внимание обращают на состояние контровки соединений, колодок и хомутов крепления, зазоры между трубопроводами и элементами конструкции, отсутствие потертостей трубопроводов под крепежными колодками, для чего снимают наружные половины колодок.

Демонтаж трубопроводов необходимо выполнять в следующем порядке: полностью сбавить давление в системе; отсоединить трубопровод от крепежных элементов; рассоединить оба конца трубопровода и снять его, приняв меры предосторожности, чтобы рабочая жидкость не попала на электроразъемы и контакты; заглушить открытые концы остающихся на изделии штуцеров; прикрепить к снятому трубопроводу бирку с указанием номера изделия (обезличивание трубопроводов не допускается); забракованные трубопроводы маркировать знаком брака и изолировать.

Промывка и очистка трубопроводов в процессе их ремонта или изготовления производится неоднократно и является ответственной операцией, так как при неудовлетворительном ее выполнении частицы грязи, заусенцы и т. п. могут попасть в агрегаты системы и вызвать их отказы.

Промывка трубопроводов может выполняться с помощью органических растворителей (бензин, уайт-спи-рит и др.) и водных растворов синтетических моющих веществ (сульфанол, ОП-7, МЛ-1 и др.). Затем трубопроводы, как правило, дополнительно промывают горячей водой 80—° С и продувают сухим чистым, иногда горячим воздухом. Трубопроводы кислородной системы промывают и обезжиривают дихлорэтаном или этиловым спиртом.

Дефектация и ремонт. Дефектация трубопроводов выполняется путем визуально-оптического осмотра, контролем геометрических размеров и конфигурации трубопровода. Дополнительно могут проводиться испытания на прочность. Для выявления скрытых пороков материала трубы и сварных (паяных) швов применяется рентгеновский контроль.

Осмотр внутренних поверхностей труб выполняется с помощью специальных оптических приборов (эндоскопов).

Вмятины, забоины, риски, потертости на наружной поверхности труб оставляют без устранения или устраняют в соответствии с допусками.

Овальность, гофры, вмятины устраняют правкой. При этом не следует стремиться к обеспечению номинальных размеров, т. е. к полному устранению деформаций, достаточно восстановить размеры сечений в пределах допуска.

Ремонт правкой выполняют двумя способами:

— простукиванием дефектных мест медным, текстолитовым или деревянным молотком. Предварительно внутрь трубы вводят специальную поддержку (оправку) или заполняют трубопровод маслом (эмульсией) под давлением, равным давлению при испытаниях на герметичность;

— протягиванием (продавливанием) через дефектные сечения технологического шарика или оправки пулеобразной формы. Для продавливания шарика применяют жидкость под давлением; в этом случае в трубу вместе с шариком помещают герметизирующий пыж. При наличии дефектов глубиной более 1 мм правку шариком выполняют в несколько приемов.

Зачисткой устраняют забоины, риски, коррозионные поражения глубиной не более 10% толщины стенки трубы. Дефект ликвидируют с помощью личного напильника, шабера или шлифовальной шкурки. При этом необходимо обеспечить плавные переходы и минимально возможный съем металла. Качество зачистки оценивается по равномерному металлическому блеску поверхности, на которой не должно быть следов потемнений, пятен и точек. Не разрешается удалять коррозию на внутренней поверхности труб и устранять дефекты на местах гофрообразования и овализации.

После устранения гофра, овала и вмятин правкой на этих местах другие дефекты удалять **запрещается**. Особое внимание при ремонте трубопроводов с ниппельными соединениями обращать на развальцованную часть трубы. Следы наклепа, риски, царапины на

внутренней поверхности развальцованной части глубиной не более 0,5 мм зачищают шлифовальной шкуркой зернистостью 5—. Для получения высокой чистоты поверхности допускается производить ручную или машинно-ручную притирку с помощью чугунного притира и пасты ГОИ. На кромке торца не допускаются заусенцы, сколы, трещины.

Ремонт сваркой и пайкой выполняется для устранения, непропая, непровара, трещин и других дефектов сварных и паяных швов. Данный вид ремонта применяется только для трубопроводов среднего и низкого давления, причем швы допускается подваривать (подпаявать) в одном сечении не более одного раза. После ремонта трубопровод должен быть испытан на прочность и герметичность.

Удаление дефектной части трубопровода производят в тех случаях, когда невозможно восстановить поврежденный участок другим способом (зачисткой, правкой, сваркой). Данный способ не применяют, если трубопровод имеет усталостные трещины и коррозионные поражения на внутренней поверхности. Взамен удаленного участка трубопровода изготавливают новый, соответствующий удаленному по материалу, размерам и конфигурации. При гнутье во избежание овализации трубопровод наполняют канифолью, водой (с последующим замораживанием), сплавом Вуда или жидкостью, находящейся под давлением.

Подгибка применяется при несоответствии трубопровода требуемой конфигурации. Подгибка выполняется в тех местах, где не производится ремонт другими методами (правкой, зачисткой и др.). Подгибку разрешается выполнять только в сторону увеличения радиуса изогнутого участка.

После выполнения ремонтных работ, чтобы убедиться в том, что внутри нет посторонних предметов, наплава материала и т. д., через трубопровод прокатывают контрольный шарик.

Замена и изготовление трубопроводов. Забракованные трубопроводы заменяют либо новыми из запасного комплекта, либо вновь изготовленными из заготовок или полуфабрикатов труб. Процесс изготовления трубопроводов включает следующие операции: резку и торцовку заготовок, гибку, развальцовку и зиговку, приварку (припайку) арматуры, антикоррозионную обработку, промывку и испытания.

Ручная гибка труб выполняется на зажимаемой в тисках специальной оправке с обрезиненными упорами или на трубогибочном приспособлении. Перед гибкой на заготовке трубы отмечают мелом зоны изгиба. В качестве эталона при изготовлении и для контроля обычно используется заменяемый трубопровод.

Развальцовка является ответственной операцией, в значительной степени определяющей эксплуатационную надежность ниппельных соединений и в целом трубопроводных систем. После развальцовки обязательно проводят полный контроль развальцованной части трубы с проверкой утонения торца конуса и его выступания относительно ниппеля,

состояния кромки, чистоты внутренней поверхности конуса и других параметров. Развальцовку обычно выполняют на специальных или токарных станках с помощью развальцовочных оправок. Рабочие поверхности инструмента и концы труб при развальцовке смазывают маслом "сульфофрезол". Ручная развальцовка труб диаметром до 10 мм может производиться на винтовом приспособлении. Конец трубы зажимается в разъемных планках с помощью накидного болта. Затем планки с зажатой трубой устанавливают на лапках скобы и вращением рукоятки конус водится внутрь трубы до полной ее развальцовки.

Зиговка концов труб производится на ручных или механических зиговочных станках. Скорость вращения роликов 6-9 об/мин.; подача подвижного ролика - вручную на глубину до 3 мм, смазка — машинное масло.

Сварка и пайка применяются для присоединения к трубам деталей арматуры (ниппелей, штуцеров, фланцев).

Испытания трубопроводов на прочность и герметичность выполняются перед их установкой на изделие.

При испытаниях на прочность в трубопроводе создают давление, в 1,5—2 раза превышающее рабочее, однако величина этого давления не должна быть более 40% разрушающего для данного типа трубы. Для испытаний при давлении свыше 20 кгс/см² применяется жидкость (масло АМГ-10, 2% раствор хромпика и др.), при меньшем давлении может применяться воздух или азот. Испытания должны производиться одним и тем же исполнителем.

Укупорка трубопроводов производится с помощью заглушек и колпачков, а также нанесением на открытые концы труб органической пленки. Рекомендуется применять быстротвердеющее легко снимаемое покрытие (ЛСП) на основе красно-коричневой эмали ХВ-114 (92—%) и противокоррозионной присадки Акор-1 (8—%), наносимое холодным способом. После тщательного перемешивания присадки с эмалью ХВ-114 раствор доводят с помощью ацетона до нужной вязкости (от 15 до 90 единиц по прибору ВЗ-4). При этом толщина пленки одного слоя будет изменяться от 10 до 200 мкм.

Необходимое количество слоев ЛСП наносят окунанием или кистью на предварительно закрытые концы труб и штуцеров. Время сушки каждого слоя 15—20 мин. Покрытие легко удаляется рукой или пинцетом (после надреза) или растворяется в ацетоне.

Правила монтажа трубопроводов. При монтаже снятых или новых трубопроводов не разрешается менять места их крепления к силовому набору, а также устанавливать трубопроводы с отклонениями по длине и конфигурации более допустимых. Для уменьшения монтажных напряжений в соединениях необходимо выдерживать соосность трубопроводов и деталей арматуры в незакрепленном состоянии, а также не допускать затяжку соединений с натягами или перекосом. Признаком

правильной сборки является совпадение стыкуемых конических, фланцевых и других поверхностей и наворачивание накидных гаек на штуцер от руки не менее чем на $2/3$ длины резьбы. В ниппельных соединениях допускаются следующие неточности: смещение на величину, не превышающую $0,5-1$ диаметра трубопровода, и неприлегание $0,5-1$ мм (для прямых трубопроводов) и $1-2$ мм для трубопроводов, имеющих изгибы.

При сборке трубопроводных магистралей очень важно соблюдать определенную последовательность монтажа отдельных участков и трубопроводов. В некоторых местах систем, где трубопроводы имеют возможность смещений в процессе эксплуатации, предусматривается установка регулируемых штуцеров и компенсационных петель. Для устранения смещений и перекосов в соединениях трубопровод разрешается подгибать при одном закрепленном конце с помощью специального приспособления. С этой же целью допускается, не изменяя мест крепления трубопроводов, регулировать положение крепежных колодок, хомутов, арматуры постановкой специальных прокладок и шайб. Особое внимание при этом должно обращать на выдерживание зазоров. В местах возможного касания труб на прямых участках допускается их обвязка нитками «Маккей» или обмотка изоляционной лентой.

Перед затяжкой соединений резьбу соединительных деталей осматривают и проверяют на свинчивание. Затяжку соединений необходимо производить нормальным ключом, не допуская скручивания труб и перетяжки гаек. В целях улучшения герметичности соединений в некоторых системах допускается на резьбу штуцеров наносить смазку БУ или МГС. После окончания монтажа трубопроводные магистрали проходят испытания на прочность (опрессовку) и герметичность, соединения контрятся и при необходимости пломбируются.

3.6 Ремонт силовых цилиндров

Силовые цилиндры являются основными исполнительными агрегатами гидровоздушных систем. Они управляют работой подвижных элементов фюзеляжа, крыла и силовой установки. В конструктивном отношении силовые цилиндры сходны между собой.

Разборку цилиндров выполняют в специальном приспособлении, для выпрессовки штока (поршня) с уплотнительным пакетом используется давление жидкости, подаваемой в цилиндр. Уплотнительные детали подлежат отбраковке, за исключением фторопластовых колец, которые допускаются к повторной эксплуатации после тщательной дефектации. Штоки, стальные цилиндры, ушковые и вильчатые болты проходят магнитный контроль. Производятся микрометрические измерения рабочих (трущихся) поверхностей в сочленениях цилиндр — поршень и поршень — шток.

Детали с трещинами по основному материалу бракуются. Трещины на сварных швах устраняют подваркой, после чего отремонтированный узел должен пройти испытания на прочность.

Риски, царапины, надирь и коррозию на внутренней поверхности цилиндра устраняют хонингованием или полированием шлифовальной шкуркой и фетровым кругом с тонкой пастой ГОИ до получения требуемой чистоты поверхности. На цилиндрах малого диаметра (15— мм) дефекты можно устранять притиркой чугуном притиром с пастой ГОИ. При наличии более грубых повреждений рабочей поверхности, не устраняемых указанными способами, а также в случае неравномерного износа (овальность и конусность более допустимых 0,03—0,06 мм) применяется шлифование восстанавливаемой поверхности на внутришлифовальном станке с последующим хонингованием. Неглубокие риски, надирь и другие дефекты на трущихся поверхностях поршней и штоков устраняют притиркой или полированием до получения требуемой чистоты поверхности.

При наличии грубых дефектов, а также в случае разрушения хромового покрытия штока применяется шлифование и при необходимости хромирование восстанавливаемой поверхности. Шлифованием снимается слой металла толщиной не более 0,1 мм.

Хромирование ремонтируемых поверхностей цилиндров, поршней и штоков необходимо выполнять до обеспечения их размеров по чертежу с припуском на последующую механическую обработку 0,1—,15 мм на диаметр. Механическая обработка хромированной поверхности включает шлифование, хонингование (только внутренних поверхностей цилиндров), полирование. Кромки кольцевых канавок на поршнях должны быть скруглены абразивным (хонинговальным) бруском по радиусу $R=0,2$ мм. Поршни, восстановленные хромированием, допускается устанавливать только в цилиндры, имеющие нехромированную рабочую поверхность.

Надирь, риски, односторонний износ, коррозию на внутренних рабочих поверхностях поршней, крышек, направляющих устраняют зачисткой, притиркой или развертыванием до ремонтного размера с обеспечением требуемой чистоты поверхности. При необходимости применяется хромирование рабочих поясков.

Частым дефектом шариковых замков силовых цилиндров является осевой люфт штока при закрытом замке, появляющийся из-за износа отверстий в поршне под шарики. Для устранения этого дефекта необходимо все отверстия под шарики развернуть ручной разверткой под ремонтный размер шариков, не превышающий серийный более чем на 0,25 мм. Подобрать комплект ремонтных шариков по ГОСТ с обеспечением серийного зазора между шариком и отверстием. Размеры шариков в комплекте не должны отличаться друг от друга более чем на 0,005 мм. Для предотвращения заклинивания шарикового замка рабочую поверхность распорного цилиндра прошлифовать, сняв при этом слой металла, равный

по толщине разности диаметров ремонтного и ранее установленного шариков.

Перед сборкой цилиндров уплотнительные детали (кольца, манжеты, сальники) очищают от загрязнений, дефектируют, подбирают по натягу и обрабатывают: резиновые кольца пропитывают маслом АМГ-Ю; кожаные манжеты выдерживают в чистом глицерине в течение 48 часов, после чего в них закладывают смазку ЦИАТИМ-201; фетровые сальники промывают в водном растворе нашатырного спирта и затем пропитывают парафинографитовой смазкой и смазкой ЦИАТИМ-201.

Монтаж уплотнительных колец и манжет в целях предупреждения их скручивания и повреждений об острые кромки детали и о резьбу должен выполняться с применением специальных оправок и втулок. Особое внимание должно обращать на установку фторопластовых колец. Для приработки уплотнительного пакета поршень (шток) цилиндра прогоняется 10— раз из одного крайнего положения в другое.

После сборки силовые цилиндры проходят испытания на прочность (для цилиндров, подвергавшихся расшлифовке или ремонту сваркой), герметичность, срабатывание шарикового замка.

3.7 Ремонт взлетно-посадочных устройств

Ремонт амортизационных стоек шасси. Перед разборкой амортизаторов необходимо полностью стравить давление и слить рабочую жидкость. Разборку следует производить в специальных бестисковых приспособлениях во избежание деформации тонких стенок цилиндров амортизаторов. Выпрессовка уплотнительного пакета производится давлением жидкости или воздуха. При выпрессовке пакета сжатым воздухом во избежание травматизма разборщиков необходимо принять меры предосторожности (поместить разбираемый агрегат в специальную камеру, надеть предохранительный чехол). Штоки амортизаторов извлекают с помощью винтовых приспособлений; для разборки шасси изделий тяжелого типа применяют тали и электротельферы.

Детали с трещинами по основному материалу бракуют. Трещины на сварных швах допускается устранять подваркой. Перед подваркой концы трещины засверливают сверлом диаметром 2—,5 мм на глубину распространения трещины, а трещину разделяют с помощью круглого напильника, фрезы или шлифовального круга в виде U-образной канавки. Трещина должна быть при этом полностью удалена.

При ремонте узлов шасси применяется аргонодуговая сварка и, как исключение, электродуговая на постоянном токе при обратной полярности. Подварка трещин на деталях из стали ЗОХГСА выполняется после их предварительного подогрева до температуры 200—° С. После ремонта сваркой детали (узлы) должны быть немедленно помещены в печь и подвергнуты отпуску при температуре 200—° С в течение трех часов. В целях повышения надежности отремонтированного сваркой узла

рекомендуется упрочнить сварной шов поверхностным пластическим деформированием (наклепом).

Бронзовые буксы амортизаторов, имеющие односторонний износ глубиной до 0,1 мм, разрешается устанавливать для дальнейшей эксплуатации в повернутом на 180° положении.

Уплотнительные детали (резиновые, кожаные и др.) при ремонте следует заменять независимо от их состояния. Герметичность уплотнений обеспечивается при сборке правильным подбором уплотнительных колец и манжет по натягу, а также соблюдением мер предосторожности при их монтаже во избежание повреждений и деформаций (скручивания). Кольца и манжеты перед установкой выдерживаются в масле АМГ-10 в течение 24 часов при температуре 70° С или в течение 5 суток при нормальной температуре. Ввод уплотнительных деталей в цилиндр (гильзу) производится с помощью специальной конусной втулки или манжетницы.

После сборки амортизатор испытывается на прочность, герметичность и плавность хода. Испытаниям на прочность подвергаются только те агрегаты, узлы и детали которых ремонтировались сваркой или шлифованием с последующим хромированием. Испытания амортизаторов на герметичность производятся путем создания во внутренних полостях давления воздуха или азота, равного зарядному. Агрегат при этом помещается в ванну с водным раствором хромпика и выдерживается 3—мин; травление пузырьков газа через уплотнения не допускается.

Ремонт болтовых шарнирных соединений шасси

Болты, оси и пальцы, имеющие забоины, надиры или неравномерный износ рабочей поверхности, шлифуют до полного устранения неисправности, но не более чем на 0,2 мм на диаметр с последующим хромированием. Тонкостенные (до 1,0 мм) стальные втулки, имеющие износ выше допустимого, заменяют. Толстостенные бронзовые и стальные втулки ремонтируют путем развертывания отверстий на 0,2 мм на диаметр с последующей установкой в них болтов, пальцев, осей, увеличенных по диаметру на 0,2 мм.

Отверстия в проушинах, тягах, карданах и качалках при наличии на рабочих поверхностях дефектов, а также при овализации или других искажениях геометрической формы развертывают на 0,2 мм.

Втулки, имеющие износ наружной поверхности и ослабление посадки, либо заменяют новыми, либо восстанавливают до нужного размера гальваническими покрытиями. При наличии небольшого износа внутренней поверхности бронзовые втулки диаметром 16 мм и более могут быть восстановлены хромированием наружной поверхности с последующей запрессовкой втулки и развертыванием внутреннего отверстия до номинального размера.

Рабочие поверхности сферических (шаровых) шарниров восстанавливают хромированием с последующим шлифованием и полированием.

Забойны, заусенцы, коррозію на резьбе устраняют зачисткой шабером или личным напильником с последующим калиброванием резьбы метчиком или леркой соответствующего размера. Срыв витков резьбы не допускается.

При сборке смазанные болты, оси, пальцы должны входить в отверстия без большого усилия. Затяжка соединений не должна быть чрезмерной; в наиболее ответственных соединениях затяжка гаек выполняется тарированными ключами.

Ремонт колес шасси. При ремонте колес устраняют дефекты корпусов (барабанов, реборд) колес, деталей и узлов тормозов, а также заменяют изношенные и поврежденные камеры и покрышки.

При дефектации барабана необходимо обращать внимание на состояние галтелей перехода к ребордам и к упорному бурту, а также на пазы для стопорных полуколец. Барабан подлежит отбраковке при наличии трещин, износа посадочных поверхностей под съемные реборды и пазов глубиной более 0,5 мм, срыва более 40% накатки на ребордах. Забойны, надирны и другие повреждения глубиной до 0,5 мм на галтелях и в пазах, а на остальной поверхности глубиной не более 1/8 толщины стенки и длиной до 20% длины или ширины детали зачищают шабером или шлифовальной шкуркой зернистостью 5— с последующим восстановлением защитного покрытия.

Роликоподшипники колес при наличии на деталях трещин, надиров, цветов побежалости на буртах внутренних колец, шелушения на беговых дорожках колец бракуют. При выпрессовке (запрессовке) наружного кольца подшипника барабан следует нагреть в электропечи до температуры 140—° С в течение 40— мин. При необходимости восстановления посадки (натяга) наружная поверхность кольца подшипника подвергается размерному хромированию с последующим обезводороживанием. Перед постановкой кольца гнездо в ступице покрывается тонким слоем грунта АГ-10С.

На тормозных рубашках из-за перегрева возникают трещины различного характера. Тормозные рубашки бракуют при наличии трещин любого вида на цельносталевой рубашке, а также если трещины распространяются на всю глубину чугунного слоя биметаллической рубашки или произошло его отслоение. Рабочую поверхность рубашки с допустимыми к устранению дефектами восстанавливают протачиванием на токарном станке с последующим шлифованием до получения чистоты поверхности класса 6.

Эффективность работы тормозов снижается главным образом вследствие износа, образования нагара и замасливания фрикционных колодочек в тормозах камерного типа, фрикционных накладок (лент) в колодочных тормозах, биметаллических и металлокерамических секторов в дисковых тормозах. Масло и нагар удаляют промывкой деталей бензином и зачисткой шлифовальной шкуркой.

Тормозные колодки с неравномерным износом, сколами по углам площадью до 1 см. кв. и большим нагаром, который невозможно удалить промывкой и зачисткой, восстанавливают обточкой на токарном станке. После токарной обработки поверхность колодочек зачищают шлифовальной шкуркой. Аналогичным образом обрабатывают новые колодочки, установленные взамен забракованных, из-за глубокого растрескивания и выкрашивания асбокаучуковой массы. В случае ослабления фрикционных лент в колодочных тормозах, если нет значительного износа лент, производят подтяжку заклепок. Износ лент определяют по глубине посадки закладных головок заклепок. Если головка заклепки оказывается утопленной на глубину не более 0,5 мм, ленту заменяют. Замене подлежат также ленты с механическими повреждениями глубиной более 1 мм, для замены тормоз разбирают и дефектную ленту отклепывают. В новой фрикционной ленте размечают, сверлят и зенкуют отверстия под специальные полутрубчатые дюралюминиевые заклепки с плоской закладной головкой. Расклепывание заклепок производят с помощью кернера и специальной оправки.

В дисковых тормозах при износе секторов биметаллических дисков до головок заклепок, а также при сквозных трещинах и отслоениях чугунного слоя дефектные секторы заменяют новыми. Допускаются риски, забоины, сколы длиной до 10 мм не более трех штук на каждом секторе. На металлокерамических секторах допускаются сколы по углам площадью до 1 см. кв., выкрашивание по контуру шириной до 2 мм и равномерный износ; наплывы металлокерамики на стальной каркас удаляют зачисткой напильником. При трещинах, проходящих на всю глубину металлокерамического слоя, сколах и выкрашиваниях более допустимых, секторы заменяют.

Коробление колец, к которым крепятся биметаллические и металлокерамические секторы, устраняют правкой молотком на плите. Не допускаются трещины в температурных прорезях, на перемычках между отверстиями колец и у основания шипов. При износе и смятии шипов тормозных дисков на глубину более 0,4 мм диски бракуют. В случае обнаружения трещин на направляющих под шипы тормозных дисков направляющие подлежат замене. Риски, забоины, коррозия на направляющих глубиной до 0,3 мм устраняют зачисткой шлифовальной шкуркой.

Вмятины, коробление тонкостенных деталей (чашек, обтекателей, щитков) устраняют правкой на специальных оправках или плите с помощью деревянного молотка. Риски, царапины, забоины удаляют зачисткой шлифовальной шкуркой, после чего поврежденные места подкрашивают соответствующими эмалями.

После ремонта барабан колеса, тормозная рубашка и колесо в сборе подлежат отдельной и совместной статической балансировке. Тормозные устройства проходят испытания на герметичность и работоспособность.

Окончательная приработка тормозов после ремонта производится при рулении самолета с торможением.

3.8 Ремонт кранов, клапанов, редукторов

Ремонт кранов. Внешняя негерметичность кранов устраняется заменой деталей уплотнений или подтяжкой резьбовых соединений. Причинами внутренней негерметичности могут быть такие дефекты: риски, надирь, коррозия на сопрягаемых поверхностях деталей; увеличенные по сравнению с допускаемыми зазоры, овальность и конусность вследствие износа рабочих поверхностей золотниковых пар; округления (эрозионный износ) на отсечных кромках поясков. Для устранения этих дефектов на стальных деталях обычно применяется машинно-ручная притирка, выполняемая с помощью чугуновых или латунных притиров. Вначале производится предварительная притирка микропорошками зернистостью № М14 и М10, смешанными с керосином или минеральным маслом, или пастами М14, М10 и ГОИ (средней) до устранения дефектов и исправления погрешностей геометрической формы детали. Окончательную притирку выполняют тонкой пастой ГОИ.

Зазоры в восстановленной золотниковой паре должны быть в пределах 0,003—0,01 мм, чистота рабочих поверхностей класса не ниже 9, овальность и конусность—0,002—0,003 мм. Для обеспечения требуемого зазора рекомендуется производить индивидуальную подборку сопряженных деталей или восстановление одной из поверхностей химическим или электрохимическим способом.

Дефекты на деталях из алюминиевых сплавов устраняют притиркой чугуновыми или текстолитовыми притирами с применением вначале грубой, а затем средней и тонкой пасты ГОИ. Для получения чистоты поверхности 7—классов допускается обработка деталей электрокорундовой шлифовальной шкуркой № 3 с последующим полированием поверхности фетром или шинельным сукном.

После ремонта с применением абразивных материалов стальные детали промывают в горячем керосине при температуре 70—° С в течение 45 минут, а дюралюминиевые—при температуре 60—70 С в течение 2—,5 часов. Для наиболее полной очистки деталей от абразивных частиц рекомендуется промывать их в ультразвуковой ванне.

Непосредственно перед сборкой детали промывают в чистом неэтилированном бензине Б-70 с 3—% обезвоженного масла МС-20 или МК.-22 или 5—% масла МК-8. Окончательно доведенная и собранная золотниковая пара должна удовлетворять следующим требованиям: золотник (плунжер) без смазки должен входить в гильзу (втулку) от усилия руки, но не должен иметь легкого вращения или осевого перемещения; после смачивания в масле МГ-10 вращение и перемещение в осевом направлении должны быть плавными, без заеданий.

Дефекты на плоских и плоскопараллельных рабочих поверхностях золотников и седел устраняют притиркой на чугуновой плите с

микророшком (М28-М7). Окончательная доводка выполняется на стеклянной плите с применением пасты из окисла алюминия или пасты ГОИ. При притирке допускается снимать слой металла не более 0,05 мм на сторону.

Забоины, риски, царапины, а также коррозию на рабочих (сопрягаемых) поверхностях корпусных деталей устраняют зачисткой надфилем или шабером с последующей притиркой. При этом общая толщина снимаемого слоя металла не должна быть более 0,5 мм; прямолинейность восстановленных поверхностей разъемов проверяют на контрольной плите с помощью краски. Для обеспечения требуемой посадки гильз и втулок можно применять химическое никелирование внутренних поверхностей отверстий (колодцев) корпусных деталей. Дефекты на наружных поверхностях корпусов глубиной до 0,5 мм устраняют зачисткой надфилем или шабером до получения плавных переходов, после чего эти места полируют шлифовальной шкуркой и восстанавливают защитное покрытие.

После ремонта и сборки краны и однотипные с ними агрегаты проходят испытания на прочность, герметичность и работоспособность на универсальном или специальном стенде. При необходимости проверяют усилие, необходимое для перемещения золотника, и плавность его движения.

Ремонт клапанов. В самолетных системах устанавливаются клапаны различного назначения: предохранительные, редуционные, обратные, аварийные. По характеру перекрытия рабочих отверстий имеются клапаны с шариковым уплотнением, плоским или коническим резиновым уплотнителем (вкладышем), конусным уплотнением и с уплотнением поршневым или плунжерным.

Внешнюю и внутреннюю негерметичность клапанов из-за износа, усадки или разрушения уплотнительных деталей устраняют заменой последних. Новые резиновые кольца и манжеты подбирают по натягу и перед установкой в агрегат тщательно контролируют их техническое состояние и сроки хранения. При монтаже колец следует не допускать их повреждений и перекосов (скручивания).

При наличии течи из-за образования трещин на корпусе или штуцерах детали (или агрегат) подлежат замене.

Негерметичность шариковых уплотнений вследствие неравномерного износа или коррозии седла клапана устраняют подторцовкой седла на глубину 0,2—0,5 мм с последующей притиркой до обеспечения ширины фаски 0,1—0,2 мм. Поверхностную коррозию на шарике устраняют полированием на фетровом круге с тонкой пастой ГОИ; шарики с точечной (язвенной) коррозией, кольцевой выработкой бракуют. Восстановленное подторцовкой седло обжимается шариком на глубину не более 0,1 мм с обеспечением свободного вращения шарика в седле. Седло клапана с конусным уплотнением, имеющее на фаске коррозию или наклеп,

обрабатывается зенкованием и затем притирается совместно с сочленяемой деталью.

Неисправные клапаны с резиновыми вкладышами заменяют новыми или восстанавливают (меняют вкладыш). Вновь установленный вкладыш после его приклейки и вулканизации шлифуют на станке до получения чистой и ровной поверхности.

В некоторых клапанах седло представляет собой втулку, запрессованную в корпусную деталь. При необходимости втулку удаляют после нагрева корпуса клапана до 150°C . Новые втулки изготавливают из стали или бронзы с обеспечением требуемых допусков на посадку и чистоты поверхности класса 10.

При износе рабочих (цилиндрических) поверхностей клапанов поршневого или плунжерного типа их восстанавливают до требуемых размеров хромированием или химическим никелированием.

После ремонта клапаны проходят испытание на герметичность и работоспособность (функционирование) на специальных стендах. Испытаниям на прочность подвергают только те агрегаты, у которых заменялись силовые детали или производилась механическая обработка корпусных деталей.

Ремонт воздушных редукторов. В воздушных системах обычно применяются редукционные клапаны (редукторы) с мембранными и клапанными устройствами, устанавливаемые на участках между бортовыми баллонами высокого давления и агрегатами-потребителями, требующими пониженного постоянного давления воздуха.

Наиболее часто встречаются такие неисправности редукторов, как негерметичность в соединениях, нарушение регулировки, износ и коррозия деталей. Утечка воздуха, выявляемая в процессе испытаний редукторов до разборки, происходит из-за износа или разрушения мембран, резиновых и эбонитовых вкладышей золотников (клапанов), уплотнительных прокладок, а также вследствие отворачивания штуцеров и заглушек.

При ремонте детали уплотнений и мембраны заменяют. Новые мембраны и вкладыши, изготовленные из резины с тканью или кожей, устанавливают таким образом, чтобы резиновый слой был повернут в сторону внутренней полости или седла клапана. Резиновые детали закрепляют на золотниках и клапанах вулканизацией или завальцовкой в гнездах.

Дефекты на эбонитовых вкладышах золотников в виде вмятин (отпечатков) глубиной не более 0,25 мм устраняют притиркой на плите сначала микропорошками М20-М14 (с керосином), а затем - пастой ГОИ до получения чистоты поверхности класса 10. Коррозия на деталях удаляется зачисткой шлифовальной шкуркой и полированием фетром с пастой ГОИ.

После ремонта редукторы проходят испытания на герметичность и работоспособность на специальной установке. Консервации редукторы не подвергаются.

3.9. Дефектация и восстановление деталей остекления

Характерные дефекты остекления. При эксплуатации самолетов и вертолетов детали остекления подвергаются воздействию аэродинамических нагрузок, избыточного давления, резких изменений температур, атмосферных осадков, ультрафиолетовых лучей. Это приводит к некоторому уменьшению прочности и в ряде случаев — к возникновению растрескивания («серебра»). Возможны также механические повреждения стекол (царапины, заколы, забоины, глубокие трещины), отслаивание ленты мягкого крепления, нарушение герметичности кабин в местах заделки стекол и их помутнение. Серебро и механические повреждения деталей остекления, являясь концентраторами напряжений, могут привести к разрушению стекла в полете. В зависимости от размеров дефектов остекление или допускают к эксплуатации, или восстанавливают.

Дефектация деталей остекления. Определение технического состояния остекления включает в себя внешний осмотр и дефектацию с применением приборов и инструментов. Наиболее опасными дефектами в местах заделки стекол, особенно при жестком креплении, являются сквозные трещины и сколы. В настоящее время применяется оптический метод дефектации стекол, основанный на явлениях отражения и преломления света в органическом стекле. Вблизи края каркаса или наклеенной ленты на стекло устанавливают призму 1. Поверхность соприкосновения призмы и стекла смазывают жидкостью (масло МК-8 или касторовое). Для того, чтобы свет проник в затемненный участок стекла, применяется осветитель. Свет от источника благодаря осветительной призме и масляной прослойке не пересекает стекло, а попав на него и отражаясь от верхней и нижней поверхности, движется по всему сечению. Осветительная призма может быть установлена у края заделки или на некотором расстоянии, так как благодаря явлению полного внутреннего отражения свет далеко проникает по сечению стекла. Дефектация производится в затемненном помещении или при местном затемнении (чехлом). Для осмотра стекла необходимо:

- протереть участки стекла вблизи заделки чистой салфеткой;
- нанести на стекло вблизи заделки касторовым маслом (или МК-8) полосу шириной 80— мм; толщина слоя масла должна быть такой, чтобы не было участков с воздушной прослойкой между призмами и исследуемым стеклом;
- установить смотровую призму и осветитель на покрытый маслом участок стекла;
- осмотреть все стекло в местах заделки, последовательно перемещая смотровую призму и осветитель. При жесткой заделке стекла для осмотра

участка за болтом необходимо устанавливать смотровую призму справа и слева от болта;

— после окончания осмотра удалить масло со стекла чистой салфеткой.

Определение глубины поверхностных трещин. Для определения глубины поверхностных трещин может быть использована лупа с измерительной шкалой в поле зрения. Лупу располагают под углом к поверхности стекла. Для измерения глубины трещины необходимо:

— установить лупу на стекло так, чтобы она опиралась всеми тремя опорами;

— вращая окулярное и наружное кольца лупы, получить четкое изображение шкалы и трещины;

— установить шкалу перпендикулярно направлению трещины;

— совместить деление шкалы с краями трещины. Произвести отсчет делений;

— вычислить глубину трещин, для чего отсчитанное число делений умножить на 2,6—коэффициент, учитывающий изменение цены деления вследствие преломления отраженного света в стекле и наклона лупы.

Пример. Глубина трещины равна двум делениям по шкале окуляра лупы, что соответствует 0,2 мм. Истинная глубина трещины $0,2 \times 2,6 = 0,52$ мм.

Определение прочности склейки стекла с элементами мягкого крепления. Определение прочности приклейки ленты мягкого крепления основано на применении специального щупа, вводимого между стеклом и лентой. При этом измеряются сила, приложенная к щупу, и глубина его проникновения. Чем ниже качество приклейки, тем глубже проникает щуп между стеклом и лентой, разрушая клеевое соединение. Щуп изготавливается из стальной пластинки толщиной 0,5 мм и шириной 14,5 мм. Углы пластинки закругляются по радиусу 5 мм. Приспособление тарируется путем подвешивания к концу пластины гирь массой от 0,5 до 2,5 кг. На линейке делают отметки через каждые 0,5 кг. Для определения прочности приклейки ленты к стеклу снимать блистер или фонарь с самолета не требуется. Порядок работы следующий:

— направить острие загнутого конца пружинной пластины щупа вдоль поверхности стекла перпендикулярно клеевому шву в стык между лентой и стеклом;

— нажать на место стыка с силой 2 кгс (проверить силу нажатия по линейке);

— отметить глубину проникновения конца пластины (глубину отслаивания ленты) по имеющимся на ней делениям;

— определение прочности приклейки произвести по всему периметру стекла через интервалы 200— мм.

Определение размеров царапин и забоин. Глубину царапин и забоин измеряют с помощью индикаторного прибора КП-1 со сменной стойкой и иглой. На стекле рядом с дефектом устанавливают прибор и замечают

показание стрелки индикатора, затем прибор смещают таким образом, чтобы игла измерительного штифта попала на самое глубокое место дефекта. Вновь отмечают показание стрелки. Разность показаний прибора равна глубине дефекта. Ширину и длину царапин измеряют штангенциркулем.

Определение напряжений в стекле. Остаточные напряжения в стекле определяют с помощью поляроидов. Поляроиды—прозрачные пленки, обладающие свойством поляризации света (направленность действия света в плоскостях, поперечных лучу). Применение поляроидов основано на изменении оптической активности органического стекла в напряженном состоянии. С помощью поляроидов, в частности, можно выявить повышенные напряжения, возникшие в стеклах в процессе неправильного формования, слишком сильной затяжки болтов крепления, а также при распиловке, сверлении и фрезеровании затупленными инструментами или с нарушением режимов обработки стекла.

Портативный поляроидный прибор состоит из переносного фонаря, свет которого поляризуется при прохождении через пленку, и очков, в которые также вставлены поляроидные пленки. Фонарь является поляризатором, а очки — анализатором. В качестве поляризатора и анализатора могут быть также использованы обычные поляроидные стекла.

При работе с поляроидными приборами необходимо подбирать («скрещивать») положение поляризатора (фонаря) и анализатора (очков) так, чтобы свет, идущий от поляризатора, не был виден через анализатор. В процессе исследования стекла поворачивать поляризатор и анализатор в «скрещенном» состоянии вокруг общей оптической оси на угол 20—градусов по часовой стрелке или в обратном направлении. Можно сохранять поляроидный прибор в неподвижном состоянии, а вращать на тот же угол исследуемое стекло. Стекла, не имеющие напряжений, при наблюдении через поляроидный прибор не просвечиваются. В местах с остаточными напряжениями наблюдается сплошное или местное просветление с наличием различной окраски, зависящей от величины напряжений. Окрашенность указывает на наличие значительных напряжений.

Ввиду отсутствия норм по поляроидной дефектации описанный метод рекомендуется лишь для качественной оценки напряжений в деталях остекления, а также для проверки точности соблюдения режимов механической обработки, формования и монтажа. Для каждого типа остекления после осмотра 15—деталей может быть установлен определенный нормальный вид в поляризованном свете. В случае обнаружения резких отклонений от установленного нормального вида необходимо сделать соответствующую запись в формуляре для последующего выявления причин выхода из строя этих деталей.

Восстановление остекления кабин. Устранение дефектов поверхностных слоев стекла шлифованием и полированием. В большинстве случаев глубина поверхностных трещин не превышает 0,5 мм, а это и есть тот допуск на толщину, в пределах которого механическая прочность стекла находится в заданном интервале. Наряду с этим удаление трещин приводит к полному восстановлению механических свойств стекла. Способами механического шлифования и полирования, которые бы не приводили к образованию в поверхностных слоях опасных напряжений растяжения, являются виброшлифование и виброполирование.

Отличительной особенностью виброшлифования от виброполирования является то, что шлифование производится абразивными порошками при обильном смачивании водой. Рабочим инструментом является мягкая пластина, облицованная поливинилхлоридной пленкой и совершающая орбитальное движение диаметром 2— мм со скоростью 3— тысячи оборотов в минуту. Давление на шлифуемую поверхность при нормальной работе равно 0,01 кгс/см². Усилие резания абразивных зерен невелико. Это объясняется тем, что абразивные зерна в этом случае подвижны в отличие от их жесткого закрепления на поверхности шлифовальной шкурки. Происходит так называемое бархатное шлифование. Машинка приводится в движение сжатым воздухом при давлении 4— кгс/см². Если в процессе шлифования чрезмерным нажатием повысить давление машинки на обрабатываемую поверхность, то процесс шлифования прекратится, так как шлифующая поверхность перестанет перемещаться и вместо нее орбитальное движение начинает совершать корпус. Целесообразно при шлифовании последовательно уменьшать зернистость порошка. Например, при глубине дефекта 0,5 мм применять порошок № 10 до остаточной глубины дефекта 0,1—0,2 мм, затем применять порошок № 6 до незначительных следов дефекта, а затем — порошок № 4 до полного удаления дефекта.

После удаления дефекта можно приступить к следующему этапу—к виброполированию, которое производится этой же машинкой, но площадкой, облицованной фетром. Полирование также производится при обильном смачивании водой вначале смесью паст ГОИ и ВИАМ-2, а затем только одной пастой ВИАМ-2. Шлифованию и полированию без термообработки подвергают стекла, имеющие повреждения поверхностных слоев в виде «серебра», забоин (заколов), царапин в пределах допуска. В процессе всей работы шлифуемую поверхность необходимо охлаждать водой. В противном случае возможно повышение температуры поверхностного слоя и появление «серебра» на этом участке стекла. Вода постепенно уносит с поверхности измельченное стекло и абразивный порошок. Поэтому в процессе шлифования необходимо добавлять свежий абразивный порошок. Разрешается отдельные участки зачищать циклей, шабером или острой бритвой, а затем шлифовать

вручную мокрым тампоном с абразивным порошком. Если в процессе шлифования «серебро» будет появляться вновь, то такое стекло заменяют.

Восстановление клеевого соединения стекла с лентой мягкого крепления блистеров производится с помощью герметика ВИТЭФ-1 или клея ПУ-2 при отслоении ленты от стекла на глубину до 5 мм.

При температуре воздуха выше +18 С и отслаивании ленты на участках длиной до 100 мм блистер можно не снимать. Для восстановления клеевого соединения необходимо:

- приготовить герметик ВИТЭФ-1 (шпательный вариант) или клей ПУ-2;

- отогнуть кромку капроновой ленты от стекла в месте нарушения клеевого соединения, очистить ее от остатков старого клея и заполнить образовавшийся зазор новым герметиком или клеем с помощью шпателя;

- прикатать ленту резиновым роликом для равномерного распределения герметика под лентой, не создавая при этом больших давлений;

- прикатать ленту к стеклу, создавая давление 0,2—0,3 кгс/см² с помощью мешочков с песком на участках длиной до 200— мм или с помощью резиновой ленты (амортизационного шнура) на участках с отслоением большей длины;

- выдержать склеиваемые места под таким давлением не менее 24 часов при температуре не менее +18 С;

- снять прижимные мешочки или резиновую ленту и очистить стекло от подтеков герметика;

- наклеить на стекло блистера по всему периметру липкую ленту на расстоянии 5— мм от торца капроновой ленты;

- нанести на наружную поверхность стекла по всему периметру блистера (между липкой и капроновой лентами) и наружную поверхность капроновой ленты (шириной до 10 мм от кромки ленты) слой свежеприготовленного герметика толщиной до 1 мм;

- свести на «ус» нанесенный слой герметика по всему периметру шва, не допуская заусенцев и утолщений;

- отремонтированный блистер или фонарь выдержать в течение 3— суток, после чего можно допустить к эксплуатации.

Ремонт стекол, имеющих сквозные трещины. Ремонт стекол со сквозными трещинами производится путем наклейки усиливающей накладки. Ремонту подлежат внутренние (несиловые) стекла двойного остекления самолетов и все стекла вертолетов. Последовательность работ такая:

- засверлить концы трещин сверлом диаметром 1,5—0 мм;

- подготовить усиливающую накладку из органического стекла марки СО-95 или СО-120 толщиной 2—3 мм; размеры каждой накладки должны быть такими, чтобы трещина перекрывалась с каждой стороны не менее чем на 12 мм; наружные края накладки закруглить;

— на накладку нанести дихлорэтановый клей и дать свободную выдержку примерно 2 мин до возникновения липкости;

— наложить накладку на ремонтируемый участок и дать закрытую выдержку в течение 30 мин; после этого прижать накладку с помощью мешочков с песком (усилие—,5—,5 кгс/см кв.);

— выдержать ремонтируемый участок под нагрузкой в течение четырех часов, после чего мешочки снять.

3.9 Способы поверхностной обработки изделий при ремонте АТ

Химические и электрохимические способы

Электролитическое металлопокрытие

Осаждение металла с образованием покрытия на поверхности изделия при пропускании тока между анодом (пластиной из металла, наносимого на изделие) и катодом (обрабатываемым изделием)

Никелирование осуществляют для повышения коррозионной стойкости. Никелевое покрытие, обладающее большой твердостью, используют в декоративных целях или для реставрации изношенных деталей машин

Хромирование обеспечивает получение твердого или мягкого покрытия. Хромовое покрытие, обладающее высокой коррозионной стойкостью, используют для декоративных целей, а твердое, с высокой износостойкостью — для повышения износостойкости деталей машин, реставрации изношенных деталей и поверхностного упрочнения штампов и пресс-форм для обработки металлов и пластмасс

Химическое металлопокрытие

Образование покрытия на поверхности металлических изделий за счет осаждения ионов металла из водного раствора хлорида металла без применения электрического тока Используют для покрытия латуню, кадмием, медью, золотом, никелем, оловом и другими металлами.

Химическое покрытие

Образование фосфатного, оксидного или иного химического неметаллического покрытия на поверхности металлических изделий, погруженных в раствор требуемого состава и выдерживаемых в нем при температуре до 200°С Применяют при обработке изделий из алюминия, меди, магния, стали и других металлов для повышения коррозионной стойкости, в декоративных целях или как грунтовку перед окраской, в частности, как способ повышения коррозионной стойкости высокопрочных болтов, автомобильных деталей и др.

Физические способы

Горячее металлопокрытие погружением

Образование покрытия путем погружения металлического изделия в ванну расплавленного металла.

Горячее алюминирование —погружение стальных изделий в ванну расплавленного алюминия с температурой не ниже 680°С, с образованием поверхностного слоя сплава железа с алюминием толщиной до 0,1 мм для

повышения их стойкости к окислению и коррозионной стойкости при высоких температурах.

Горячее цинкование — погружение стальных изделий в ванну расплавленного цинка с температурой 450°С для образования металлопокрытия, состоящего из слоя чистого цинка и твердого слоя сплава железа с цинком.

Диффузионное насыщение

Диффузионное насыщение поверхностного слоя изделия металлом или сплавом при высокой температуре с использованием насыщающего состава, основным компонентом которого является металл, сплав или металлическое соединение.

Диффузионное насыщение алюминием осуществляют в смеси алюминиевого порошка с небольшим количеством хлористого аммония при температуре 850—°С. На поверхности изделия образуется слой сплава железа с алюминием, обладающий высокой стойкостью к окислению и коррозионной стойкостью при высокой температуре.

Диффузионное насыщение хромом осуществляют в смеси феррохрома, йодистого аммония и порошкового каолина при температуре нагрева 950—1100°С при обработке углеродистой стали, содержащей до 0,3% С, и 800—°С—при обработке высокоуглеродистой стали. Первую из сталей обрабатывают для повышения коррозионной стойкости, вторую— для повышения твердости.

Сульфидирование

Образование сульфидного слоя на поверхности стальных изделий в результате диффузии свободной серы, образующейся при температуре обработки (до 600°С) за счет распада сульфуратора, состоящего из центральной соли, карбоната или другого неорганического вещества с добавлением сернистого соединения. Сульфидный слой предотвращает заедание, повышает износостойкость

Цементация

Диффузионное насыщение углеродом поверхности изделий из низкоуглеродистой или низколегированной стали при температуре 800—°С. По виду карбюризатора цементация бывает газообразной (среда — оксид углерода, метан или иной восстановительный газ, содержащий углерод), твердой (среда — древесный уголь, углекислые натрий, кальций и барий или их смесь), жидкой (среда — соляная ванна на основе цианистого натрия). Для упрочнения поверхностного слоя до твердости *HV* 700—. Используют для обработки деталей машин, инструментов.

Азотирование

Образование нитридного слоя на поверхности изделий из стали, содержащей алюминий, хром, молибден и другие легирующие элементы, при нагреве до 475—°С в среде аммиака. Азотирование бывает жидким и газовым. Для повышения износостойкости, коррозионной стойкости и

усталостной прочности поверхностного слоя зубчатых колес и других деталей машин с твердостью *HV* 500—

Нитроцементация

Одновременное насыщение поверхности изделий из углеродистой стали азотом и углеродом при нагреве до температуры 750—°С в атмосфере, состоящей из газообразного карбюризатора с добавлением нескольких процентов аммиака, с последующей закалкой изделия. Для повышения износостойкости и коррозионной стойкости поверхности изделий.

Газопламенная закалка

Образование упрочненного слоя закалкой после нагрева поверхности стальных изделий пламенем горючей смеси (ацетилена, пропана или осветительного газа с кислородом). Для повышения износостойкости за счет повышения твердости.

Индукционная закалка

Упрочнение закалкой посредством нагрева поверхности стального изделия током высокой частоты (ТВЧ). Для повышения износостойкости за счет повышения твердости.

Вакуумное осаждение

Нанесение слоя путем осаждения атомов или молекул металла или соединения на поверхность изделия при их возгонке в условиях высокого вакуума (остаточное давление 13,3—,3 мПа). Для улучшения металлического блеска и повышения оптических свойств поверхности изделий

Эмалирование

Нанесение на поверхность металлических изделий стеклянной глазури и обжиг. Для повышения коррозионной стойкости, жаропрочности, износостойкости, электроизоляционных свойств

Электроискровое упрочнение

Образование упрочненного слоя за счет диффузионного переноса вещества электрода в поверхностный слой изделия в условиях высокотемпературного искрового разряда между изделием и электродом при передаче колебательных движений от магнитного вибратора на электрод, вибрация которого сопровождается периодическим размыканием цепи, соединяющей электрод с изделием с помощью конденсатора, подключенного к источнику тока через сопротивление. Применяют как способ повышения износостойкости за счет поверхностного упрочнения. Используют для упрочнения штампов и пресс-форм

Наплавка

Нанесение слоя расплавленного металла на оплавленную металлическую поверхность путем плавления присадочного материала теплотой кислородно-ацетиленового пламени, электрической или плазменной дуги и др.

Для восстановления изношенных деталей и создания на поверхности изделия слоя, обладающего повышенной износостойкостью, коррозионной стойкостью, жаропрочностью и другими свойствами.

Механические способы

Плакирование

Изготовление листа из двух и большего числа металлических слоев, соединенных между собой способом прокатки, сварки взрывом или литьем. В качестве плакирующего материала используют коррозионностойкую сталь, никель, медь, титан и другие металлы, обладающие высокой коррозионной стойкостью.

Дробеструйная обработка

Образование механически упрочненного слоя (наклеп) путем бомбардирования поверхности изделия металлической дробью. Для повышения усталостной прочности изделий с упрочнением поверхностного слоя на глубину 0,3—,5 мм

Напыление

Образование на поверхности изделия покрытия из нагретых до плавления или близкого к нему состояния частиц распыляемого материала с использованием теплоты сжигания горючей смеси или теплоты дугового разряда в газовых средах. Для повышения износостойкости, коррозионной стойкости, жаропрочности или для восстановления изношенных деталей. В качестве напыляемого материала используют металлы, сплавы, соединения металлов и другие материалы

Литература

1. Фролов В.П., Макин Ю.Н., Халявко П.Л. Пособие по ИД, рабочая программа и задания на контрольную и курсовую работы по дисциплине "Ремонт ЛА и АД. СД 09". - М.: МГТУ ГА, 1999.- 16 с.
- 2.Макин Ю.Н. Ремонт летательных аппаратов и авиационных двигателей. Часть 1.. Текст лекций.- М.: МГТУГА, 1997.- 100 с.
- 3.Макин Ю.Н., Ерошкин А.Н., Комиссарова О.В.Основы производства ЛА и АД. Текст лекций.- М.:МГТУГА, 1996.- 88 с.
- 4.Макин Ю.Н., Комиссарова О.В. Основы слесарного дела в авиаремонтном производстве. Методическая разработка по дисциплине " Основы производства ЛА и АД" .- М.: МГТУГА, 1997.-116 с.
- 5.Макин Ю.Н., Комиссарова О.В.Ремонт электромагнитных устройств систем аварийного выключения двигателей Д-30КУ, Д-30КП . Методическая разработка к выполнению лабораторной работы.- М.: МГТУГА, 1996.- 20 с.
- 6.Макин Ю.Н., Комиссарова О.В. Ремонт титановых лопаток. Методическая разработка к выполнению лабораторной работы.- М.: МГТУГА, 1996.-20 с.
7. Фролов В.П., Макин Ю.Н. Расчеты при обработке статистической информации при ремонте авиационной техники. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине " Ремонт летательных аппаратов и авиационных двигателей".- М.: МГТУГА, 1998.- 31 с.

8.Ицкович А.А.Надежность летательных аппаратов и авиадвигателей. Часть 1.-М.: МИИГА, 1990.- 104 с.

9.Макин Ю.Н. О датировке ремонтных технологий //Современные научно-технические проблемы ГА.Тезисы докладов МНТК.- М.:МГТУ ГА, 1999.-с.17.

10.Когге Ю.К., Майский Р.А. Основы надежности авиационной техники.- М.: Машиностроение, 1993.- 176 с.

11. Наставление по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники в гражданской авиации СССР. Книга 1.- М.: Воздушный транспорт, 1993.

12.Костромина Е.В. Экономика авиакомпании в условиях рынка.- М.: "НОУ ВКШ "Авиабизнес", 1998.- 209 с.

13. Фролов В.П., Макин Ю.Н. Состояние и перспективы разработок общей теории авиаремонтного производства // Современное состояние пайки. Материалы семинара.- М.: Центральный Российский Дом знаний, 1999.- с. 36 - 41.

14.Болховитинов В.Ф. Пути развития летательных аппаратов.- М.: Оборонгиз, 1962.- 131 с.

15.Решетчатые крылья / С.М.Белоцерковский, Л.А.Одновол, Ю.З.Сафин, В.П.Фролов и др.; Под ред. С.М.Белоцерковского.- М.: Машиностроение, 1985.- 320 с.

16.Макин Ю.Н., Феоктистова О.Г., Фролов В.П., Зенушкин В.Н., Калыкин С.В.Уравнения состояния процессов эксплуатации и ремонта/ Ресурсосберегающие и экологические чистые технологические процессы производства и восстановления деталей АТСборник научных трудов.- М.:МИИГА,1991.-с.37-41.

17.Фролов В.П. Основные законы и закономерности развития авиаремонтного производства в гражданской авиации/ Конспект лекций.- М.: МИИГА, 12983.- 28 с.

18.Рабочая книга по прогнозированию / Редкол.: И.В.Бестужев- Лада (отв. ред.)- М.: Мысль, 1982.- 430 с.

19.Богданов А.А. Тектология: (Всеобщая организационная наука). В 2-х книгах.- М.: Экономика, 1989.- Кн. 1.- 304 с. Кн. 2.- 351 с.

20. Учебник механика военно-воздушных сил.- М.: Военное издательство министерства обороны, 1972.- 350 с.

21.Хасуй А., Моригаки О.Наплавка и напыление.- М.: Машиностроение, 1985.- 240 с.

Литература

1. Константинов В. В. Металловедение для гальваников. - М.: Высшая школа, 1999. -80 с.

2. Справочник гальваника /З.И. Байрачный, В.В. Орехова, Э.П. Харэднко и др. -Х.; Прапор, 1988. -180 с.
3. Теория сварочных процессов/ В.Н. Волченко, В.М. Ямпольский, В.А. Винокуров и др.; Под ред. В.В. Фролова. -М.: Высшая школа, 1988. - 559 с.
4. Комиссаров В.И. Общий курс слесарного дела. -М.: Профтехиздат, 1980. -390 с.
5. Лахтин Б.М., Арзамасов Б.Н. Химико-термическая обработка металлов. -М.: Металлургия, 1985. -256 с.
- в. Хасуй А., Моригаки О. Наплавка и напыление /Пер. с яп. В.Н. Попова. -М.: Машиностроение, 1985. -240 с.
7. Контроль технической исправности самолетов и вертолетов. Справочник; Под ред. В.Г. Александрова. -М.: Транспорт, 1976. -360 с.
8. Справочник по авиационным материалам / В. Г. Александров. -М.: Транспорт, 1972. -328 с.
9. Справочник авиационного инженера /В.Г. Александров, В.В. Мырцымов, С.П. Ивлев и др. -М.: Транспорт, 1974. -400 с.
10. Справочник по текущему и среднему ремонту авиационной техники / В.Г. Александров, Б.В. Выржиковский, А.М. Мещеряков и др. -М.: Воениздат, 1975. -386 с.
11. Ремонт самолетов и авиационных двигателей /Б.Е. Авчинников, Ю.Б. Гортоюв, Г.И. Карлов и др.; Под ред. Г.И. Карлова. -М.: ВВИА им. Проф. Н.Е. Жуковского, 1961. -412 с.
12. Справочник по пайке; Под ред. И.Е. Петрунина. -М.: Машиностроение, 1984. -400 с.
13. Кручинский Г.А., Мухин К.А. Методические указания и рекомендации по использованию перечня учебной, учебно-методической, научно-технической и производственной, справочной литературы учебных дисциплин "Производство и ремонт ДА и АД", "Основы производства ЛА и АД", "Технология ремонта ЛА и АД", "Ремонт ЛА и АД", и выполнении по ним лабораторных работ, практических занятий," прохождении практик на заводах-изготовителях и авиаремонтных заводах ГА; при выполнении УИР, НИР, хоздоговорных НИР, курсового и дипломного проектирования по ремонту авиационной техники. Выпуск 2. -М.: МГТУ ГА, 1995. -36 с.
14. Гвинтовкин И.Ф., Стояненко О.М. Справочник по ремонту летательных аппаратов. -М.: Транспорт, 1977. -312 с.
15. Руководство по ремонту и восстановлению лакокрасочных покрытий самолетов гражданской авиации. -М.: РИО МГА, 1975. -158с.
16. Отуденский Е.И., Богатырев В.И., Кадышев Н.Т. Электродно-алмазное шлифование. -М.: машиностроение, 1971. -80 с.
17. Удаление поврежденных участков стальных сотовых паяных конструкций авиационной техники методом алмазной электрохимической

обработки. Методические рекомендации/ В.А. Ковалев., Е.С. Редкий, Г.А. Копылов и др. -М.: ВВС, 1983. -16 с.

Основные учебники для ВУЗов

1. Ремонт летательных аппаратов; Учебник для вузов гражданской авиации /А.Я. Алябьев, Ю.М. Болдырев, В.В. Запорожец и др; Под ред. Н.Л. Голего. -М.: Транспорт. -422 с.

2. Кручинский Г. А. Ремонт авиационной техники (теория и практика). -М.: Машиностроение, 1984. -256 с.

Основные учебники для средних специальных учебных заведений

1. Орлов К.Я., Пархимович В.А. Ремонт самолетов и вертолетов: Учебник для авиационных училищ.- М.: Транспорт, 1986.-295 с.

2. Вейлин Л.А., Назаров Ю.В., Желеаняк И.И. Ремонт самолетов, вертолетов и авиационных двигателей. -М.: Транспорт, 1979. -264 с.