

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Омский государственный технический университет»

С. Б. Скобелев, В. В. Деркач, В. Б. Масягин

ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И РЕМОНТА МАШИН

Учебное текстовое электронное издание
локального распространения

*Рекомендовано редакционно-издательским советом
Омского государственного технического университета*

Омск
Издательство ОмГТУ
2022

УДК 621.9.041
ББК 34.6
С44

Рецензенты:

С. В. Петроченко, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технологии транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава» Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС);

Г. Г. Бурый, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры «Автомобили и энергетические установки» Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета» (СибАДИ)

Скобелев, С. Б. Технология восстановления и ремонта машин : практикум / С. Б. Скобелев, В. В. Деркач, В. Б. Масыгин ; Минобрнауки России, Ом. гос. техн. ун-т. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2022. – 1 CD-ROM (7,83 Мб). – Систем. требования: процессор с частотой 1,3 ГГц и выше ; 256 Мб RAM и более ; свободное место на жестком диске 300 Мб и более ; Windows XP и выше ; разрешение экрана 1024×768 и выше ; CD/DVD-ROM дисковод ; Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше. – Загл. с титул. экрана. – ISBN 978-5-8149-3398-0.

Представлены основные положения и методики выполнения лабораторных работ по курсу «Технология восстановления и ремонта машин». Порядок лабораторных работ соответствует этапам выполнения технологического процесса ремонта и восстановления изделий машиностроения.

Издание предназначено для студентов, обучающихся по направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Редактор *Е. Н. Завьялова*

Компьютерная верстка *Е. В. Макаревиной*

*Для дизайна этикетки использованы материалы
из открытых интернет-источников*

Сводный темплан 2022 г.
Подписано к использованию 17.01.22.
Объем 7,83 Мб.

© ОмГТУ, 2022



ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Технология восстановления и ремонта машин» играет значительную роль в современном машиностроении и других отраслях отечественной экономики.

Цель изучения дисциплины «Технология восстановления и ремонта машин» состоит в получении студентами системы знаний и практических навыков по оценке состояния узлов и деталей машин.

По окончании изучения дисциплины студент должен:

- 1) уметь определять основные закономерности формирования вводных характеристик процессов восстановления деталей в зависимости от исходных условий;
- 2) знать основы организации и экономики ремонта машин;
- 3) иметь представление об оценке состояния узлов и деталей машин с учетом их изнашивания.

В практикуме представлены основные лабораторные работы по изучению, освоению и проведению технологических процессов ремонта: анализ исходных данных, очистка изделий от загрязнений, визуальный осмотр и геометрический контроль деталей, определение скрытых дефектов и контроль физико-механических свойств, применение способов восстановления деталей и технологический процесс их восстановления.

Каждая работа в практикуме содержит основные теоретические положения процесса ремонта, порядок выполнения работы, контрольные вопросы. По итогам каждой лабораторной работы студент предоставляет отчет, который по окончании цикла оформляется в единый журнал, выкладываемый в разделе «Загрузка отчетных работ студента». Каждую лабораторную работу необходимо защитить, ответив на ряд контрольных вопросов, приве-

денных в конце работы. По результатам защиты работ преподаватель делает заключение о возможности досрочной аттестации на основании текущей успеваемости.

Содержание практикума соответствует рабочей программе по дисциплине «Технология восстановления и ремонта машин» для обучающихся на бакалавриате по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» для очной, очно-заочной и заочной форм обучения.

Лабораторная работа № 1

АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Цели работы: определение служебного назначения детали, требующей восстановления; анализ поверхностей детали.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Служебное назначение машиностроительного изделия – это совокупность потребительских свойств и технических требований, для обеспечения которых оно предназначено.

Например, служебное назначение редуктора – уменьшение угловой скорости вращения вала привода при передаче крутящего момента к исполнительному органу изделия, буровой установки – бурение скважин для добычи нефти, газа, воды и т. д.

Для ознакомления с содержанием служебного назначения машиностроительного изделия обратимся к схеме (рис. 1).

Описание служебного (целевого) назначения изделия содержит:

- 1) формулировку общей задачи;
- 2) характеристики входа X ;
- 3) характеристики функции преобразования $F(X)$;
- 4) характеристики выхода Y (количественные и качественные показатели изделия; сведения о его производительности, количестве выпускаемой продукции);
- 5) характеристики внешней среды (ВС) A , в которой работает изделие (давление, температура, запыленность, влажность, химический состав, наличие и характеристики полей – гравитационного, магнитного и др.);
- 6) характеристики воздействия работы изделия на окружающую среду B (шум, вибрации, выделение теплоты, испарение масла и СОЖ, отходы (стружка), электромагнитные и другие излучения);

- 7) характер режима работы изделия по надежности, долговечности;
 8) характеристики условий эксплуатации, требования техники безопасности.



Рис. 1. Схематичное представление целевого назначения изделия

По каждому пункту должны быть известны или заданы количественные и качественные характеристики с допустимыми отклонениями указанных значений.

Из приведенной схемы следует, что формулировка служебного назначения изделия должна отражать не только общую цель, для реализации

которой оно создается, но и одновременно удовлетворять всем дополнительным условиям и требованиям, которые эту цель количественно уточняют и конкретизируют [1].

Анализ служебного назначения заключается в оценке того, насколько полно оно отражает задачу, решаемую с помощью данного изделия. В служебном назначении изделия должны содержаться качественные и количественные характеристики процесса, для выполнения которого предназначено изделие, и условия его протекания [2].

При анализе служебного назначения учитывают программу и такт выпуска, тип производства. В случае отсутствия технических требований на чертежах деталей при анализе имеющихся и разработке новых технических требований к детали оценивают в первую очередь соответствие допуска, ограничивающего отклонение размера детали, допуску замыкающего звена размерной цепи, в которой анализируемый размер является одним из составляющих звеньев [3].

В качестве примера рассмотрим механизм привода клапанов (рис. 2, а) и деталь клапан (рис. 2, б).

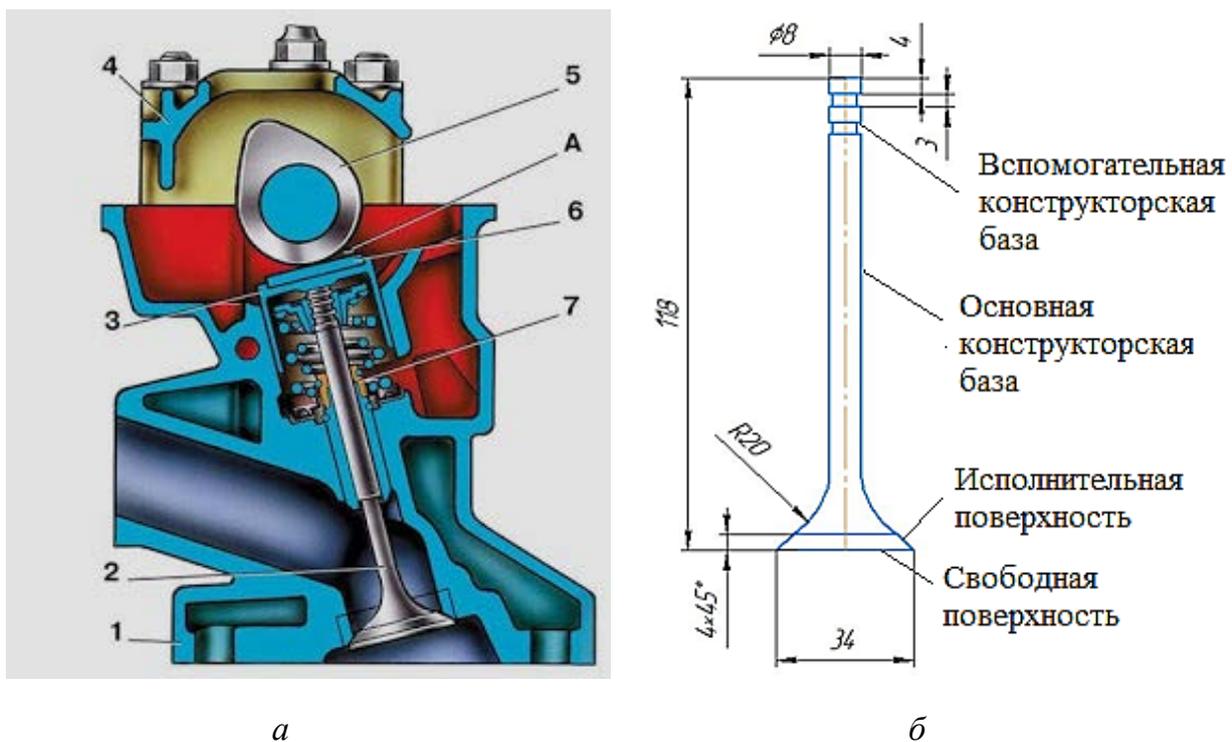


Рис. 2. Механизм привода клапанов (а) и чертеж клапана (б)

Механизм привода клапанов (рис. 2, а) состоит из головки 1, клапана 2, толкателя 3, корпуса 4, распределительного вала 5, регулировочной шайбы 6, маслоотражательного колпачка 7. Между кулачком распределительного вала и регулировочной шайбой необходим зазор А.

Служебное назначение клапана: необходим для открытия и закрытия отверстия в головке блока цилиндров для выпуска отработанных газов либо впуска новой рабочей смеси. К основным элементам детали относятся головка и стержень. Переход от стержня к головке служит для плавного отвода газов; чем он плавней, тем лучше будет наполнение либо очистка камеры сгорания.

Условия работы.

Клапаны двигателя внутреннего сгорания функционируют в экстремальных условиях. Они подвержены совместному действию переменной механической нагрузки, высокой температуры, износа, коррозии и эрозии. Во время работы двигателя температура нагрева головки клапана может достигать 800 °С, стержень нагружен циклическими растягивающими усилиями пружины, поверхность стержня подвергается сильному воздействию факторов трения, торец стержня испытывает интенсивные контактные нагрузки. Клапаны и седла клапанов подвергаются износу в результате ударов головки клапана о седло, повторяющихся с большой частотой, коррозионному действию агрессивных отработавших газов при повышенной температуре, а также эрозионному действию струи газа и продуктов неполного сгорания топлива.

Анализ поверхностей детали по назначению

Проведем анализ поверхностей детали по назначению [4].

Исполнительные поверхности – поверхности, выполняющие служебное назначение.

Свободной поверхностью называется поверхность, не соприкасающаяся с поверхностями других деталей и предназначенная для соединения основных, вспомогательных и исполнительной поверхностей между собой с образованием совместно необходимой для конструкции формы детали.

Основная база – конструкторская база детали или сборочной единицы, используемая для определения их положения в изделии.

Вспомогательная база – конструкторская база детали или сборочной единицы, используемая для ориентирования присоединяемого к ним изделия.

Анализ поверхностей по назначению для детали клапан приведен на рис. 2, б. Основной конструкторской базой будет являться цилиндрическая поверхность $\varnothing 8$. Вспомогательной конструкторской базой является поверхность, на которую устанавливается пружина. Исполнительной является поверхность перехода от стержня к головке, которая служит для открытия и закрытия отверстия в головке блока цилиндров (рис. 2, а).

Определение возможных дефектов детали

Структурные параметры агрегатов зависят от состояния сопряжений деталей, которое характеризуется посадкой. Всякое нарушение посадки вызывается: изменением размеров и геометрической формы рабочих поверхностей; нарушением взаимного расположения рабочих поверхностей; механическими повреждениями, химико-тепловыми повреждениями; изменением физико-химических свойств материала детали.

Изменение размеров и геометрической формы рабочих поверхностей деталей происходит в результате их изнашивания. Неравномерное изнашивание вызывает возникновение таких дефектов формы рабочих поверхностей, как овальность, конусность, бочкообразность, корсетность. Интенсивность изнашивания зависит от нагрузок на сопряженные детали, скорости перемещения трущихся поверхностей, температурного режима работы деталей, режима смазывания, степени агрессивности окружающей среды.

Нарушение взаимного расположения рабочих поверхностей проявляется в виде изменения расстояния между осями цилиндрических поверхностей, отклонений от параллельности или перпендикулярности осей и плоскостей, отклонений от соосности цилиндрических поверхностей. Причинами этих нарушений являются неравномерный износ рабочих по-

верхностей, внутренние напряжения, возникающие в деталях при их изготовлении и ремонте, остаточные деформации деталей вследствие воздействия нагрузок.

Взаимное расположение рабочих поверхностей наиболее часто нарушается у корпусных деталей. Это вызывает перекосы других деталей агрегата, ускоряющие процесс изнашивания.

Механические повреждения деталей: трещины, обломы, выкрашивание, риски и деформации (изгибы, скручивание, вмятины) – возникают в результате перегрузок, ударов и усталости материала.

Трещины являются характерными для деталей, работающих в условиях циклических знакопеременных нагрузок. Наиболее часто они появляются на поверхности деталей в местах концентрации напряжений (например, у отверстий, в галтелях). Обломы, характерные для литых деталей, и выкрашивание на поверхностях стальных цементованных деталей возникают в результате воздействия динамических ударных нагрузок и вследствие усталости металла.

Риски на рабочих поверхностях деталей появляются под действием абразивных частиц, загрязняющих смазку. Деформациям подвержены детали из профильного проката и листового металла, валы и стержни, работающие в условиях динамических нагрузок.

Химико-тепловые повреждения: коробление, коррозия, нагар и накипь – появляются при эксплуатации автомобиля в тяжелых условиях. Коробление поверхностей деталей значительной длины обычно возникает при воздействии высоких температур.

Коррозия – результат химического и электрохимического воздействия окружающей окислительной и химически активной среды. Коррозия проявляется на поверхностях деталей в виде сплошных оксидных пленок или местных повреждений (пятен, раковин).

Нагар является результатом неполного сгорания топливовоздушной смеси.

Накипь является результатом использования в системе охлаждения двигателя воды.

Приведем примеры возможных дефектов клапана двигателя внутреннего сгорания.

Причиной неверной регулировки зазора в клапане (рис. 3) является несоблюдение периодичности технического обслуживания, а также малый размер отрегулированного зазора в клапанном приводе. Вследствие этого клапан не закрывается надлежащим образом. Отработавшие газы, протекающие мимо седла клапана, нагревают его головку. Это вызывает перегрев и прогорание головки клапана в области седла.



Рис. 3. Неверная регулировка зазора в клапане

Причиной ошибки при монтаже пружины клапана (рис. 4) является установка пружины с перекосом. Перекос пружины приводит к боковому изгибающему моменту (M) на стержне клапана. Вызванная этим переменная нагрузка при изгибе приводит к повреждению направляющей клапана и, в конечном счете, к поломке конца стержня клапана.



Рис. 4. Ошибка при монтаже пружины клапана

Причиной ошибки при монтаже гидротолкателя (рис. 5) является то, что после установки толкателя не было соблюдено предписанное время ожидания до запуска двигателя (не менее 30 мин.). Из-за этого не хватает времени для удаления избыточного масла из рабочей области толкателя. Вследствие данного дефекта при преждевременном запуске двигателя клапаны ударяются о поршни, сгибаются или ломаются.



Рис. 5. Ошибка при монтаже гидротолкателя

Причиной ошибки соосности направляющей или кольца седла клапана (рис. 6) является неправильная центровка седла клапана или его направляющей при доработке. Вследствие чего клапан не закрывается надлежащим образом, перегревается и прогорает в области седла. Из-за односторонней нагрузки на головку клапана возможны также усталостные изломы в области галтеля.



Рис. 6. Ошибка соосности направляющей или кольца седла клапана

Слишком большой зазор в направляющих клапанов (рис. 7) является следствием их износа, а также слишком широкого рассверливания при ремонте. Вследствие прорыва горячих газов возможно сильное нагарообразование в области стержней и направляющих. Ход клапана становится тяжелым, клапан больше не закрывается, и это приводит к перегреву (прогоранию, плавлению) поверхности седла.

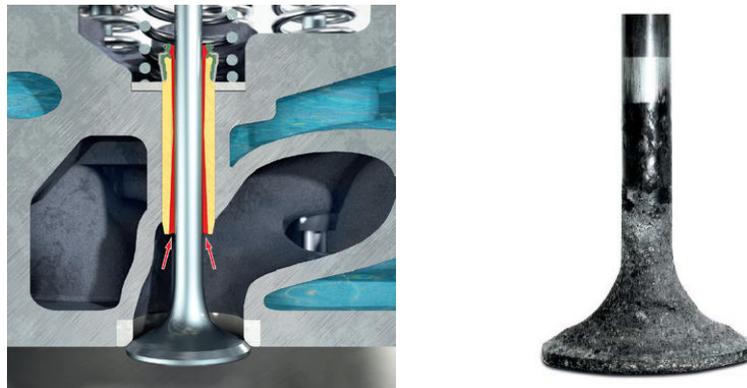


Рис. 7. Большой зазор в направляющих клапана

Причиной малого зазора в направляющих клапана (рис. 8) является неправильный замер диаметра направляющих клапана при восстановлении. Вследствие этого дефекта возникает недостаток смазки, тяжелый ход и заедание стержня клапана в направляющей. В результате это может также привести к перегреву в области головки или седла клапана.

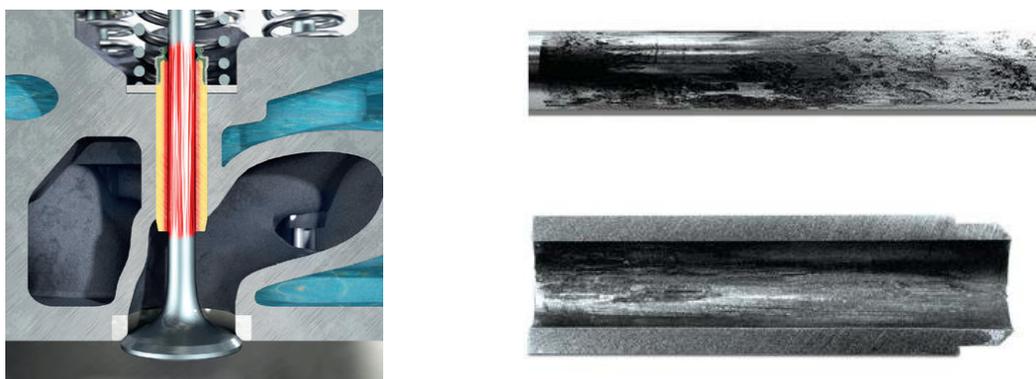


Рис. 8. Малый зазор в направляющих клапана

Причиной повышенного износа сухаря клапана (рис. 9) является то, что при восстановлении клапанов не была устранена выработка сухаря. Вследствие чего при повторном использовании изношенных сухарей возможно ослабление зажимного крепления во время работы. На стержне появляется коррозия от трения, а клапан в этом месте теряет прочность. Из-за этого возможны усталостные изломы от колебаний.



Рис. 9. Износ сухаря клапана

Причиной одностороннего износа стержня (рис. 10) является то, что распределение силы от коромысла на поверхность конца стержня клапана осуществляется нецентрично. Нагрузка на стержень клапана под действием поперечной силы, вызванная нецентричным распределением силы, приводит к усталостным изломам в области зажимного крепления.



Рис. 10. Односторонний износ стержня

Причиной изгиба головки клапана (рис. 11) является то, что изгиб стержня клапана приводит к односторонней нагрузке седла клапана на кольцо седла. Вследствие чего односторонняя нагрузка вызывает переменную нагрузку при изгибе и усталостные изломы в области галтеля, а также в месте перехода к стержню.

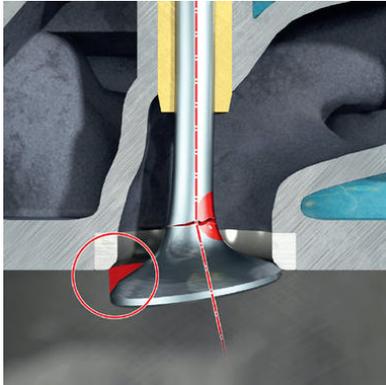


Рис. 11. Изгиб головки клапана

Прогиб головки клапана (рис. 12) происходит из-за того, что в результате нарушения процесса сгорания в камере сгорания возникают значительные температурные нагрузки и нагрузки от давления. Вследствие чего головка клапана не выдерживает сильной термомеханической нагрузки и прогибается внутрь. Она принимает так называемую тюльпанообразную форму и ломается.

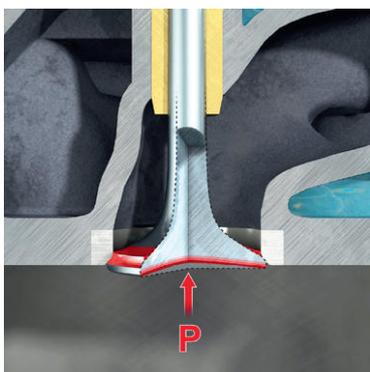


Рис. 12. Прогиб головки клапана

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Получить у преподавателя задание – деталь.
2. Провести анализ узла, указать условия работы детали в узле.
3. Провести анализ чертежа детали. Определить служебное назначение детали.
4. Провести анализ поверхностей детали, указать на чертеже детали исполнительные поверхности, основные и вспомогательные конструкторские базы, свободные поверхности.
5. Используя литературные источники, указать возможные дефекты для данной детали.
6. Составить отчет по лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое служебное назначение детали? Назовите служебное назначение вашей детали.
2. Что такое исполнительная поверхность детали? Какая поверхность вашей детали является исполнительной и почему?
3. Что такое основная конструкторская база детали? Какая поверхность вашей детали является основной конструкторской базой и почему?
4. Что такое вспомогательная конструкторская база детали? Какая поверхность вашей детали является вспомогательной конструкторской базой и почему?
5. Перечислите возможные дефекты вашей детали, назовите их причины и следствия.
6. Перечислите возможные способы устранения дефектов вашей детали.

Лабораторная работа № 2

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧИСТОТЫ ИЗДЕЛИЙ

Цели работы: изучение способов очистки деталей от загрязнений. Назначение способа очистки с учетом конструкции детали и типа производства.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Очистка поверхностей деталей от загрязнений является неотъемлемым этапом технологии восстановления и ремонта.

Согласно [5], объектами, к которым предъявляются требования промышленной чистоты, являются:

- этапы технического ремонта и восстановления;
- расходные материалы (в т. ч. вода и воздух, применяемые в технологиях);
- этапы технического контроля изделий;
- использование производственных помещений.

Все загрязнения можно разделить на две группы – эксплуатационные и технологические. Эксплуатационные загрязнения возникают в процессе эксплуатации изделия. Например, при эксплуатации автомобиля к таким загрязнениям можно отнести: дорожно-почвенные отложения, масляно-грязевые отложения, отслоившиеся лакокрасочные покрытия, продукты коррозии, накипь, нагар, асфальтосмолистые отложения [6].

Технологические загрязнения возникают непосредственно при проведении ремонта и восстановления изделий. Например, при изготовлении деталей, узлов, сборке изделия на рабочих поверхностях деталей возни-

кают загрязнения в виде частиц изнашивания лезвийных и абразивных инструментов, отходов обрабатываемых материалов в виде стружки, пыли и шлама, остатков притирочных паст, остатков СОЖ, частиц разрушенных заусенцев, забоин и царапин на деталях, продуктов загрязнений сжатого воздуха и других технологических газов.

При отработке и испытании изделий могут проявляться загрязнения в виде продуктов приработки рабочих поверхностей, остатков консервации, продуктов загрязнений консервирующих материалов. При обслуживании, восстановлении и ремонте изделий присутствуют такие виды загрязнений, как продукты изнашивания рабочих поверхностей, продукты загрязнения и коррозии от контакта с окружающей средой, частицы отслаивания и шелушения защитных покрытий, продукты отложения от контакта с рабочими жидкостями и газами при эксплуатации [5].

При выборе технологии очистки необходимо учитывать вид и характер загрязнений. Твердые загрязнения (стружка, производственная пыль, шлак, окалина) химически не связаны с поверхностью и удаляются вместе с масляной пленкой. Исключение – стружка в каналах, окисные пленки, частицы абразива, внедренные в поверхность детали. Для их удаления необходимо сильное направленное гидродинамическое воздействие или длительное ультразвуковое воздействие.

В зависимости от характера остаточных загрязнений различают три вида очистки: макроочистку, микроочистку и активационную очистку. Макроочистка применяется для удаления наиболее крупных загрязнений, микроочистка – для удаления загрязнений из микронеровностей, активационная очистка представляет собой травление в различных растворах щелочей и кислот.

Выбор способа очистки деталей зависит от вида загрязнений, конструкции материала деталей, объема производства, специализации и других факторов. При выборе способа очистки необходимо исходить из возможности получения наибольшей экономической эффективности, рациональной технологии и необходимого качества очистки.

На этапе предварительной очистки используются такие технологические операции, как механическая очистка заготовок, термическое удаление загрязнений, химическая очистка, очистка комбинированным воздействием. С помощью данных операций производится удаление остатков литейных формовочных смесей, ковочной окалины, остатков облоя, заусенцев и других загрязнений на стадии заготовительного производства.

На этапе межоперационной очистки применяются операции промывки в растворах и технологических средах, очистки электрохимическим и электрофизическим воздействием, обезжиривание, очистка комбинированным воздействием.

На этапе окончательной очистки производится промывка в растворах с повышенными требованиями чистоты, удаление остатков моющих средств и сушка. Такие операции применяются для прецизионных деталей и узлов.

Выполнение операций консервации, укладки и транспортировки, а также упаковки и герметизации предшествует сборке изделия или транспортированию деталей и узлов на склад готовых деталей.

В табл. 1 представлены группы методов очистки.

Таблица 1

Группы методов очистки

№	Наименование группы	Содержание методов очистки
1	Промывка и очистка с погружением в ванну без движения моющих средств	Выдержка в ванне; очистка с помощью иглы; очистка с помощью щеток; промывка с качанием; промывка со встряхиванием; промывка окунанием; промывка с движением детали; промывка погружением с выдержкой в парах моющих средств; промывка центрифугированием

№	Наименование группы	Содержание методов очистки
2	Промывка и очистка с погружением в ванну с движением моющих средств	Промывка в проточных моющих средствах; промывка с барботажем моющих средств; промывка циркуляцией моющих средств; промывка в ультразвуковой ванне
3	Струйная наружная промывка	Промывка с душированием; струйная промывка
4	Промывка с прокачкой внутренних каналов	Струйная прокачка; прокачка пульсирующим потоком; прокачка двухфазным потоком; промывка с использованием гидроерша; промывка с использованием гидроиглы; прокачка по изменяющейся схеме
5	Очистка сжатым воздухом	Обдувка сжатым воздухом; очистка с использованием пневмоерша; очистка с использованием пневмоиглы
6	Сухая очистка с механическим воздействием на загрязнения	Очистка на вибростенде

В ряде случаев промывку проводят без погружения деталей в моющие средства – с помощью струйного удаления загрязнений. При таком способе подача моющих средств осуществляется с помощью струи или душа. Такой способ применим для обработки преимущественно наружных поверхностей.

При наличии в деталях глубоких внутренних полостей, отверстий или каналов циркуляцию моющих средств осуществляют только по поверхностям, требующим промывки. Для обеспечения доступа в труднодоступные участки детали используют пневмо- или гидроерш.

Очистка сжатым воздухом имеет меньшую эффективность по сравнению с очисткой с помощью моющих средств. Однако для очистки труднодоступных мест используют пневмоиглу или пневмоерш. В некоторых случаях применяется сухая очистка с использованием вибростенда для предварительной очистки поверхностей.

Выбор состава моющих средств является одним из этапов успешного решения инженерных задач очистки поверхностей деталей. В источнике [5] приведены составы моющих средств для удаления различных видов загрязнений. Для удаления пригаров, ковочной корки, остатков формовочных смесей, сварочных шлаков, оплавленных флюсов наиболее эффективными являются моющие средства на основе щелочных и кислотных растворов. Накипь, естественные окисные пленки, окалину на сплавах легких металлов, медных и черных сплавов, окисные покрытия, пленку анодирования удаляют с помощью моющих средств на основе кислотных растворов. Щелочные растворы также применяются для удаления силикатных стекол, глазури, эмали [5]. В зависимости от характера загрязнений выбирают один или несколько типов моющих средств.

Во всех процессах очистки часто применяются синтетические моющие средства (СМС), основу которых составляют поверхностно-активные вещества (ПАВ):

1. «Лабомид-101» (50 % кальцинированной соды, 30 % триполифосфата натрия, 16,5 % метасиликата натрия, 3,5 % синтанола ДС-10);

2. «Лабомид-203» (50 % кальцинированной соды, 30 % триполифосфата натрия, 10 % метасиликата натрия, 8 % синтанола ДС-10, 2 % алкилсульфатов);

3. МС-6 (40 % кальцинированной соды, 25 % триполифосфата натрия, 29 % метасиликата натрия, 6 % синтанола ДС-10);

4. МС-8 (38 % кальцинированной соды, 25 % триполифосфата натрия, 29 % метасиликата натрия, 8 % синтамида-5);

5. МС-15 (42–44 % кальцинированной соды, 22 % триполифосфата натрия, 28 % метасиликата натрия, 6–8 % «Оксифоса» марки Б);

6. МС-16 (40 % кальцинированной соды, 26 % триполифосфата натрия, 28 % метасиликата натрия, 4 % синтамида-510);

7. «Темп-100» (40,5 % кальцинированной соды, 20 % тринатрийфосфата, 15 % триполифосфата натрия, 20 % метасиликата натрия, 2,8 % карбамида, 1,5 % синтанола ДС-10, 0,5 % «Оксифоса» марки КД-6).

Средства «Лабомид-101» и МС-6 предназначены для струйных методов очистки, а «Лабомид-203» и МС-8 – для погружных методов.

Достоинствами представленных синтетических моющих средств является их безопасность, т. к. они нетоксичны, негорючи и хорошо растворяются в воде. Поскольку в состав подобных средств входят силикаты, то после очистки не возникает необходимости в дополнительной антикоррозионной обработке узлов и агрегатов.

Для очистки деталей от загрязнений в ремонтном производстве широко применяются органические и неорганические (вода) жидкости. Преимуществами органических растворителей являются их высокая производительность, возможность удаления загрязнений с деталей сложной формы, возможность многократного использования. Недостатками являются их дороговизна, пожароопасность, вредное воздействие на организм человека.

Обзор способов очистки и промывки деталей

На выбор способа очистки детали влияют: конструктивные особенности детали, тип производства, габариты детали, особенности метода очистки.

Механический способ очистки заключается в том, что ржавчину, старую краску, затвердевший смазочный материал, нагар и др. удаляют с деталей ручными или механизированными щетками, шарошками, скребками, шаберами, различными машинками.

Абразивный способ очистки состоит в том, что очистку ведут с помощью пескоструйной или гидropескоструйной обработки детали.

Струйную очистку проводят струей растворителя при давлении 0,03–0,1 МПа. Растворяющее действие струи дополняется ее ударным воздействием. Способ особенно эффективен при удалении нерастворимых или плохо растворимых загрязнений, например, абразивных частиц. Струйную очистку можно интенсифицировать, применяя ультразвуковые колебания. Недостаток способа – трудность очистки деталей сложной конфигурации.

Термический способ очистки заключается в том, что старую краску, ржавчину удаляют нагревом поверхности детали пламенем паяльной лампы или газовой горелки.

Химический способ очистки – остатки смазочного материала, охлаждающей жидкости, старой краски удаляют специальными пастами и смывочными растворами, в состав которых входят каустическая сода, негашеная известь, мел, мазут и др.

Промывку деталей производят водными щелочными растворами и органическими растворителями. Сначала в горячем растворе, затем в чистой горячей воде. После этого деталь тщательно высушивают сжатым воздухом и салфетками. В щелочных растворах не промывают детали с элементами из цветных металлов, пластмасс, резины, тканей. Детали с полированными и шлифованными поверхностями следует промывать отдельно (табл. 2) [6].

Таблица 2

Состав технических моющих средств общего назначения

Наименование	Марка и состав моющих средств, % массы						
	«Лабомид»		МС				«Темп»
	101	203	6	8	15	16	100А
Сода кальцинированная Na_2CO_3	50	50	40	38	44–32	40	40,5
Тринарийфосфат $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	–	–	–	–	–	–	20
Триполифосфат натрия $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$	30	30	25	25	22	26	16
Метасиликат натрия $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	16,5	10	29	29	28	28	20
Синтанол ДС-10	3,5	8	6				1,5
Карбамид							2,5
Синтаמיד-5	–			8			
Алкисульфаты	–	2					
«Оксифос» Б	–				6–8		
Синтаמיד-510						4	
«Оксифос» КД							0,5

Способы промывки деталей:

1. Ручной. Промывку ведут в двух ваннах, заполненных органическим растворителем (керосином, бензином, дизельным топливом, хлорированными углеводородами).

2. В баках методом погружения. Промывку производят в стационарном или передвижном баке с сеткой, на которую укладывают детали, и трубкой с электроспиралью или змеевиком для подогрева до температуры 80–90 °С моющего раствора.

3. В моечных машинах. Стационарные или передвижные машины различных конструкций (рис. 13).

4. Ультразвуковой. Промывку производят в специальной ванне с подогревом моющей жидкости (рис. 14) (щелочные растворы или органические растворители). В ванне размещается источник ультразвуковых колебаний, создающий упругие волны высокой частоты, которые ускоряют отрыв загрязнений от поверхности детали.



Рис. 13. Моечная машина



Рис. 14. Ванна для промывки деталей

5. Электрохимический способ используют в токопроводящем электролите на постоянном или переменном токе. С увеличением плотности тока процесс обезжиривания поверхности возрастает. Электрохимическую очистку широко применяют при подготовке деталей к гальваническим, полимерным и лакокрасочным покрытиям.

6. Физико-химический способ (струйный и в ваннах) заключается в том, что загрязнения с поверхностей деталей удаляют водными растворами различных препаратов или специальными растворителями при определенных условиях (режимах). Основные условия высококачественной физико-химической очистки водными растворами: высокая температура моющего химического раствора (75...95 °С), вибрирующий поток или струя при значительном давлении и эффективные моющие средства [7].

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для узла и детали, полученной у преподавателя в лабораторной работе № 1, описать выявленные виды загрязнений в процессе эксплуатации.

2. Провести обзор способов очистки детали в зависимости от выявленных загрязнений. Указать достоинства и недостатки каждого способа.

3. Выбрать один из способов очистки в зависимости от типа производства, видов загрязнений и конструкции детали. В выводе обосновать выбор данного способа очистки.

4. Составить отчет по лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. К каким объектам предъявляются требования промышленной чистоты?

2. Приведите примеры эксплуатационных загрязнений.

3. Приведите примеры технологических загрязнений.

4. В чем состоит различие между макроочисткой, микроочисткой и активационной очисткой?

5. Приведите примеры методов очистки с погружением в ванну без движения моющих средств.

6. Какие методы очистки используются для удаления загрязнений из труднодоступных мест?

7. Для чего применяются синтетические моющие средства (СМС)? В чем их достоинства и недостатки?

8. Перечислите способы промывки деталей.

Лабораторная работа № 3

ВИЗУАЛЬНЫЙ ОСМОТР И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы: выявление дефектов детали в результате проведения визуального осмотра и геометрического контроля.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Диагностика при ремонте изделий может быть использована как на стадии, предшествующей плановому ремонту, в технологиях ремонта и восстановления, так и на стадии испытаний и опытной эксплуатации изделий после ремонта (рис. 15).

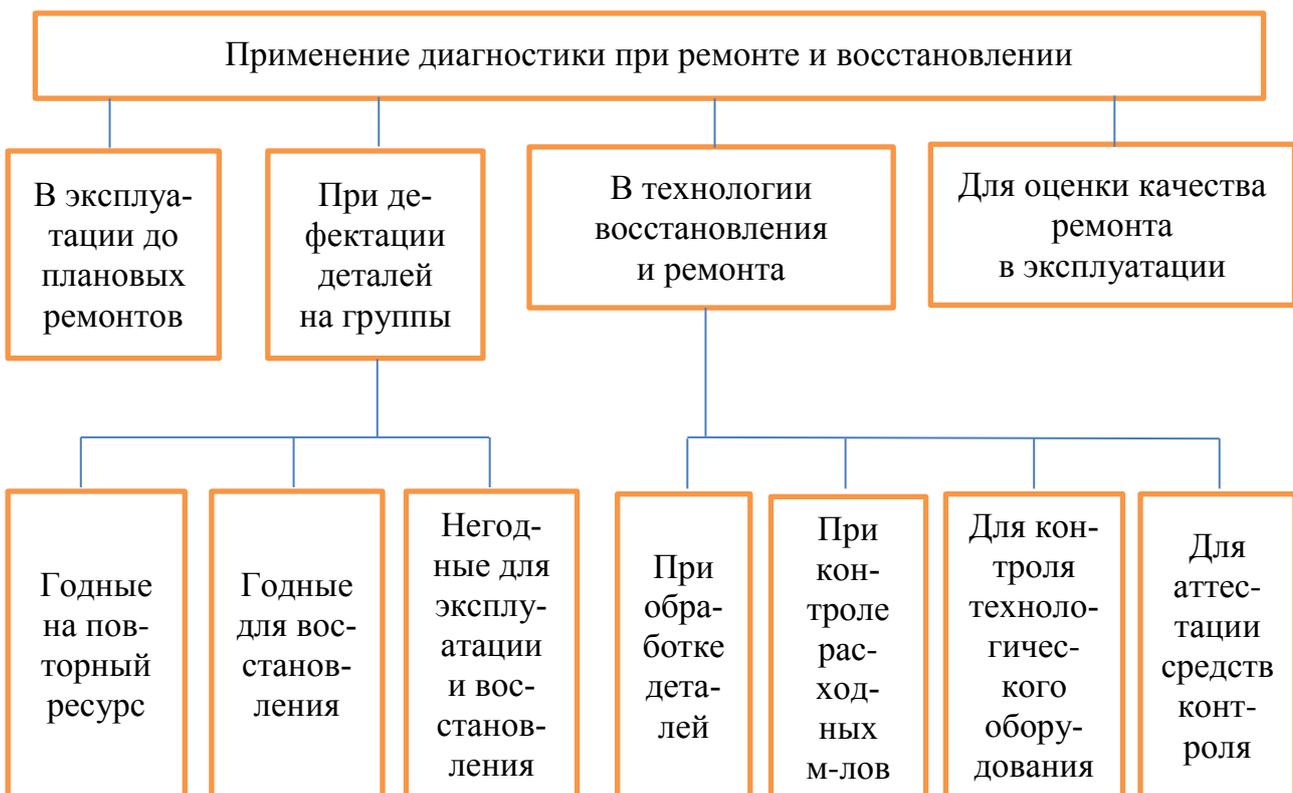


Рис. 15. Применение средств и методов диагностики

Диагностика в технологиях восстановления и ремонта применяется на операциях обработки деталей, при контроле применяемых расходных материалов, для контроля технологического оборудования, а также при аттестации средств контроля, используемых в технологии восстановления и ремонта.

При проведении диагностики используются следующие средства измерения и контроля:

- приборы для контроля геометрических характеристик (толщина стенок, наружных и внутренних размеров, величины износа, точности формы и взаимного расположения поверхностей и т. д.);

- средства для обнаружения дефектов типа нарушения сплошности (трещины, раковины, поры и т. д.);

- приборы для контроля физико-механических и физико-химических характеристик (твердость, пластичность, состояние упрочненных слоев и т. д.);

- средства диагностики для оценки состояния изделия в связи с возникновением разных дефектов, таких как изменение физико-механических свойств изделия, нарушения сплошности, изменения формы и размеров детали в процессе эксплуатации.

На основе опыта определения дефектов с помощью различных видов контроля и диагностики установлено, что такие дефекты, как шлаковые включения, дефекты сварного шва, различные виды коррозии (атмосферная, поверхностная газовая, высокотемпературная межкристалльная), а также непровар, непроклеи, непропай, наиболее эффективно определяются акустическим методом контроля. Оптический метод контроля может применяться для определения вмятин или атмосферной коррозии. Радиационный вид контроля применяется для определения неметаллических, шлаковых или флюсовых включений, а также для определения дефектов сварного шва. Магнитный метод применяется для выявления *волосовин* (дефект поверхности в виде нитевидных несплошностей в металле, образовавшихся при деформации имеющихся в нем неметаллических включений), для определения несоответствия толщины закаленного слоя при обработке токами высокой

частоты (ТВЧ). Для выявления различных видов коррозии используются также капиллярный и вихретоковый виды контроля [6].

Дефектация – это комплекс работ по определению состояния деталей и возможности их повторного использования. Она необходима для выявления у деталей дефектов, возникающих в результате изнашивания, коррозии, усталости материала и других процессов, а также из-за нарушений режимов эксплуатации и правил технического обслуживания.

Классификация методов дефектации приведена на рис. 16.



Рис. 16. Классификация методов дефектации

Дефектация типовых деталей и узлов проводится с помощью органолептического осмотра (наличие трещин, сколов, деформаций), осмотра при помощи специальных приспособлений и приборов (выявление скрытых дефектов), а также с помощью калибров и микрометрических инструментов (для оценки точности размеров, формы и взаимного расположения поверхностей детали).

Подшипники качения

При эксплуатации машин нередко наблюдается выход из строя **подшипниковых узлов**, и подшипник частично или полностью утрачивает свою работоспособность. При работе такого подшипника возможен выход из строя остальных деталей и узлов, в том числе и корпуса, что значительно усложняет их восстановление.

При работе подшипника качения на поверхностях беговых дорожек и тел качения происходят различные процессы изнашивания: абразивное, окислительное, усталостное выкрашивание. Изнашивание приводит к увеличению зазоров и пластической деформации.

При дефектации подшипников качения производят внешний осмотр, проверяют на легкость вращения и шум, у конических роликовых подшипников проверяют монтажную высоту, у радиальных подшипников – радиальный зазор. При ослаблении посадки обойм в корпусе или на валу проверяют диаметральные размеры колец.

Основными дефектами подшипников являются:

- трещины или следы выкрашивания материала на кольцах или телах качения;
- чешуйчатое отслоение металла;
- глубокие коррозионные раковины;
- глубокие риски;
- забоины;
- сквозные трещины на сепараторе;
- ослабленные заклепки на сепараторе;

- забоины и вмятины на сепараторе, препятствующие плавному вращению подшипника;
- неравномерный износ беговых дорожек;
- выступание роликов за наружное кольцо конического подшипника (в сборе);
- заметная на глаз и ощупь ступенчатая выработка рабочей поверхности колец.

Однако допускаются риски на посадочных внутреннем и наружном диаметрах колец, забоины, не препятствующие плавному вращению подшипника, а также матовая поверхность беговых дорожек и тел качения.

Перед проверкой на легкость вращения подшипник погружают в керосин или дизельное топливо (возможен бензин с добавкой 10 % моторного масла), а затем снаружи протирают чистой ветошью.

Проверку осуществляют вращением наружного кольца подшипника, удерживая при этом внутреннее кольцо. Исправный подшипник должен вращаться плавно, без дребезжащих звуков и щелчков.

Шестерни и зубчатые колеса

Как известно, шестерни при работе подвержены статическим и динамическим нагрузкам. На рабочих поверхностях зубьев возникают значительные контактные напряжения, поэтому рабочие поверхности зубьев зачастую имеют механические повреждения (трещины, изломы) (рис. 17, *а* и *б*) и выработываются по толщине (рис. 17, *в*).

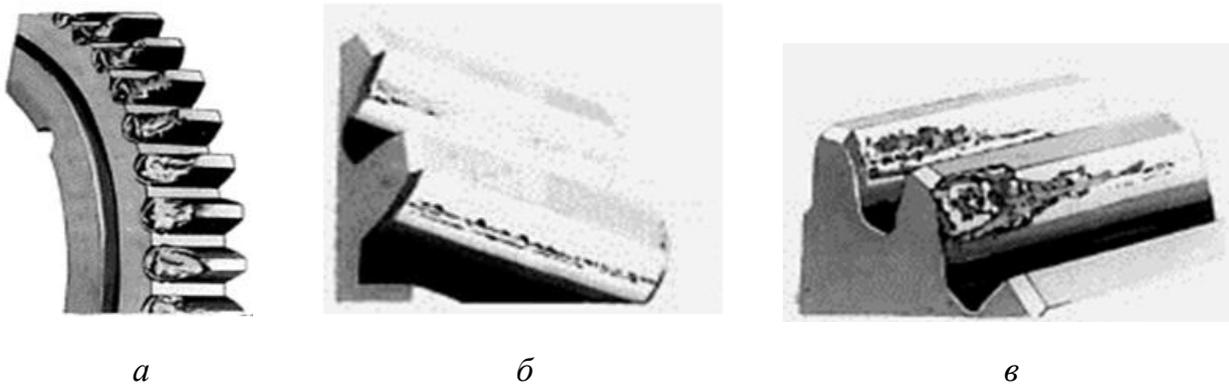


Рис. 17. Дефекты зубьев, выявляемые при наружном осмотре

Шестерни также не допускаются к сборке при обнаружении микротрещин у основания зуба (с помощью магнитного метода или контроля красками) или ослаблении посадки венца шестерни на ступице.

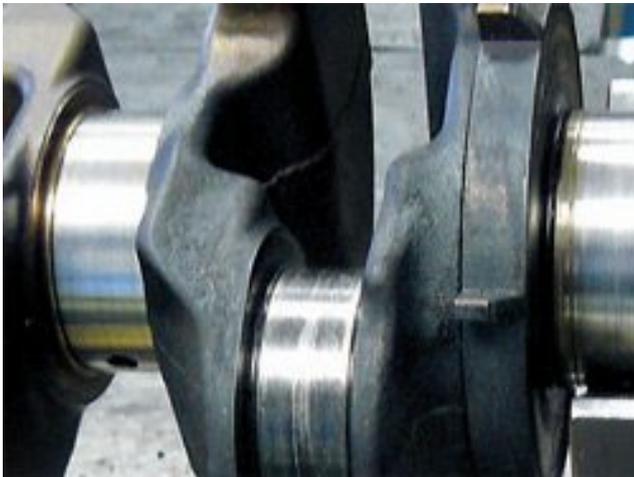
Валы

Наиболее характерными дефектами валов являются износ коренных шеек и шатунных шеек (в случае коленчатого вала), искривление (прогиб), повреждение резьбы и шпоночных пазов, повреждение центровых отверстий, а также износ в результате коррозии и эрозии [8]. На рабочих поверхностях валов не допускаются вмятины, забоины, отслоения металла, трещины. Сопрягаемые поверхности валов не должны иметь видимых следов затирания или износа. Диаметры, а также шероховатость поверхностей шеек валов должны обеспечивать зазоры или натяги с другими сопрягаемыми составными частями, соответствующие значениям, приведенным в ремонтной документации.

На рис. 18 представлены характерные дефекты коленчатого вала двигателя [8].

Износ и задиры на поверхностях коренных и шатунных шеек (рис. 18, *а*) возникают из-за недостаточного давления в системе смазки, работы двигателя на грязном масле, попадания в масло топлива. Износ торцовых поверхностей под упорные полукольца (рис. 18, *б*) происходит вследствие неисправности привода выключения сцепления или стоянки на месте с работающим двигателем и выжатым сцеплением. Царапины на поверхностях коренных и шатунных шеек (рис. 18, *в*) возникают из-за большого пробега двигателя или попадания посторонних частиц в машинное масло. Выработка и царапины на поверхности под сальники коленчатого вала (рис. 18, *г*) появляются при длительной работе двигателя или неаккуратном обращении с коленчатым валом при замене сальника на двигателе.

Помимо представленных на рис. 18 дефектов, при визуальном осмотре можно выявить трещины коленвала, разрушение шпоночных пазов и посадочных мест под штифты и втулки, разрушение резьбы в крепежных отверстиях вследствие неправильной затяжки болтов.



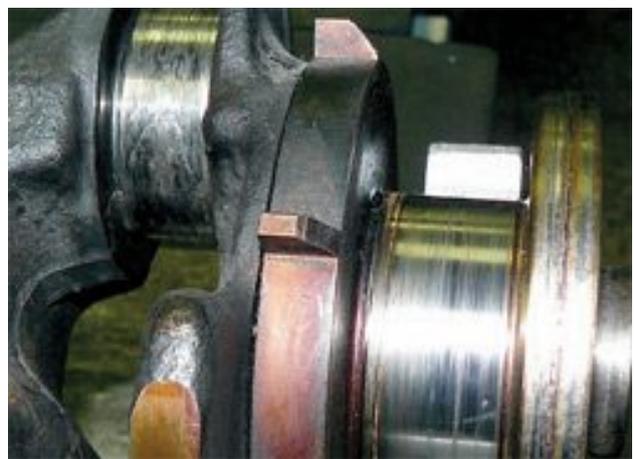
а



б



в



г

Рис. 18. Характерные дефекты коленчатого вала двигателя:
а – износ и задиры на поверхностях коренных и шатунных шеек;
б – износ торцевых поверхностей под упорные полукольца;
в – царапины на поверхности коренных и шатунных шеек;
г – выработка и царапины на поверхности под сальники

Шпоночные пазы не должны иметь срезов, сколов, забоин, вмятин и других повреждений, препятствующих нормальной запрессовке в них шпонок.

Также проверяется изгиб коленчатого вала: вал укладывается на призмы, установленные на металлической плите. С помощью стрелочного индикатора, установленного на стойке, проверяется прогиб оси коленвала при его вращении. Изгиб не должен превышать: для легковых моторов 0,05 мм, для грузовых моторов 0,1 мм [8].

Контроль геометрических параметров деталей

Контроль заключается в сопоставлении действительных значений геометрических параметров со значениями, определяемыми техническими требованиями к изделию. Он осуществляется методом измерений, т. е. с выражением параметра в числовой форме, либо сравнением его с мерой или измерительными поверхностями приборов, настроенных по мере.

Объектами контроля являются: исходные материалы, заготовки, детали, сборочные единицы и готовые изделия на разных стадиях изготовления, приемки и испытания.

Контролируемые параметры:

- линейные размеры: длины, высоты, глубины, зазоры, расстояния, диаметры и т. п.;
- угловые размеры: углы между плоскостями, осями, плоскостями и горизонтальной плоскостью, конусов и т. д.;
- геометрические параметры сложных поверхностей: расположение точек или участков относительно заданных баз и друг друга;
- геометрические характеристики зубчатых и червячных зацеплений, резьбовых, шлицевых и шпоночных соединений;
- отклонение формы и расположения поверхностей: от цилиндричности, плоскостности, параллельности, перпендикулярности и т. п.

К изменению формы относятся следующие отклонения геометрических параметров (рис. 19):

- прямолинейности (как долго сохраняется форма прямой, без отклонения от заданного направления);

- плоскостности (сохранение формы плоскости вдоль всей поверхности детали);
- круглости (постоянство радиуса окружности);
- цилиндричности (соблюдение цилиндрической формы).

Вид допуска	Указание допусков на чертежах	
	условным обозначением	текстом в технических требованиях
Допуск прямолинейности		<p>Отклонение от прямолинейности поверхности А не более 0,25 мм на всей длине и не более 0,1 мм на длине 300 мм</p>
Допуск цилиндричности		<p>Отклонение от цилиндричности поверхности А не более 0,01 мм</p>
Допуск круглости		<p>Отклонение от цилиндричности поверхности А не более 0,01 мм, от круглости не более 0,004 мм</p>
Допуск профиля продольного сечения		<p>Отклонение профиля продольного сечения поверхности А не более 0,01 мм</p>
Допуск радиального биения		<p>Радиальное биение поверхности В относительно общей оси поверхностей А и В не более 0,04 мм</p>

Рис. 19. Виды допусков формы

Допуск формы позволяет определить, с какой точностью должна быть обработана деталь. Это позволит правильно произвести дальнейшую сборку всего агрегата.

Допуски взаимного расположения определяют взаимное ориентирование и расстояния между отдельными плоскостями соседних деталей. К ним относятся следующие параметры (рис. 20):

- параллельности и перпендикулярности;
- угла наклона, образованного поверхностями двух соседних деталей;
- соосности (стабильности расстояний между валами);
- пересечение осей;
- симметричности (степени сохранения симметрии одной части детали относительно другой).

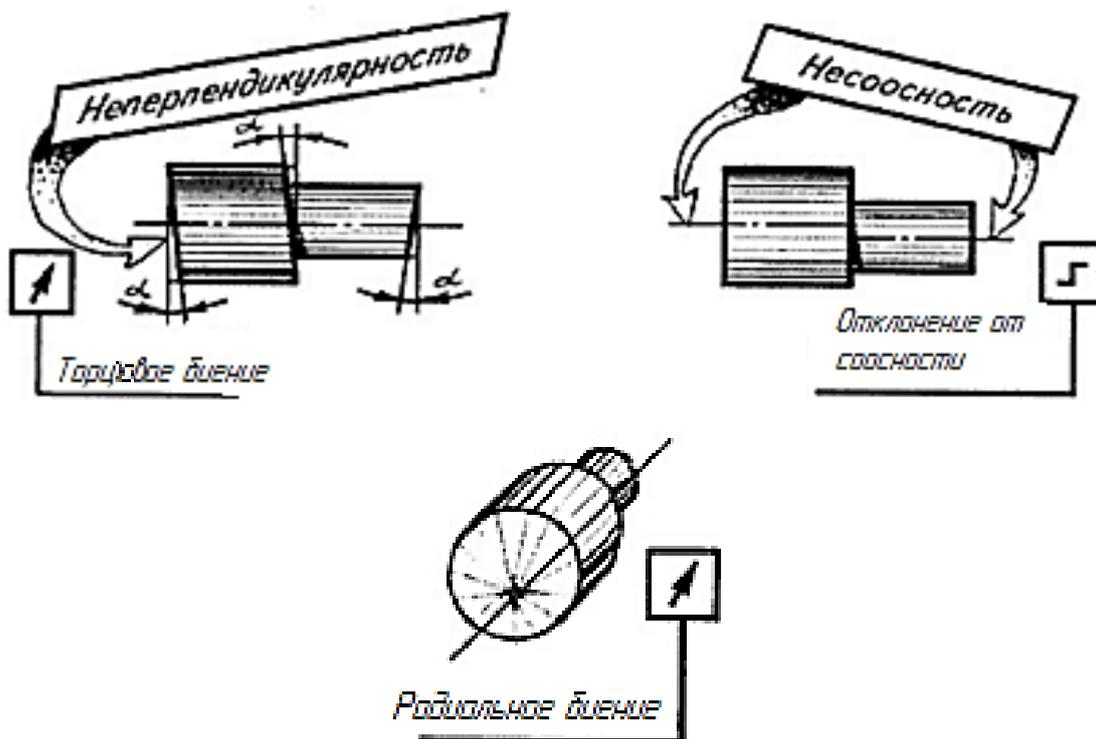


Рис. 20. Виды допусков взаимного расположения

К суммарным допускам относятся (рис. 21):

- параметры различных биений (радиального, торцового);
- результирующие характеристики формы обработанной заготовки.

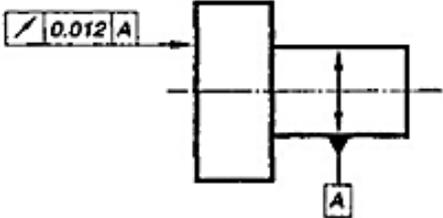
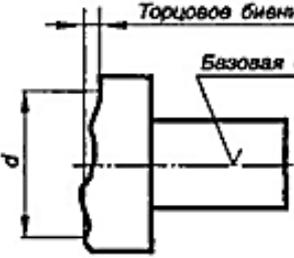
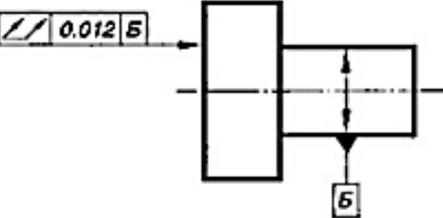
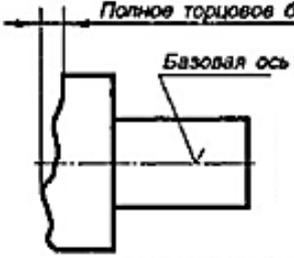
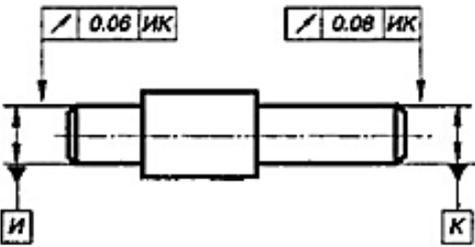
Пример нанесения допуска на чертеже по ГОСТ 2.308-79	Изображение отклонения
<i>Допуск торцового биения</i>	
	<p style="text-align: center;">Торцовое биение $ESA \leq 0,012$</p>  <p><i>Торцовое биение определяется в сечении торцовой поверхности цилиндра заданного диаметра d, с осью, а если диаметр не задан, то в сечении любого диаметра торцовой поверхности</i></p>
<i>Допуск полного торцового биения</i>	
	<p style="text-align: center;">Полное торцовое биение $ESA \leq 0,012$</p>  <p><i>Полное торцовое биение – это разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек осей торцовой поверхности до плоскости, перпендикулярной базовой оси</i></p>
<i>Допуск радиального биения</i>	
	<p style="text-align: center;">Радиальное биение $ESR_1 \leq 0,06$ Радиальное биение $ESR_2 \leq 0,08$</p> 

Рис. 21. Виды суммарных допусков

Итоговое значение определяется как расположение контрольных точек вдоль заданной прямой или линии более высокого порядка.

Контроль геометрических параметров типовых деталей

У подшипников, признанных годными, замеряют радиальный зазор и сравнивают с техническими требованиями. У конических роликовых подшипников контролируют монтажную высоту при помощи штанген-глубиномера. Диаметры колец измеряют с помощью микрометров и нутромеров в том случае, если имеется сдвиг относительно корпуса или вала или обнаружены следы чернот и прижогов.

У шестерен с помощью универсального измерительного инструмента определяют: неравномерный износ зуба (конусность) более 0,05 мм на длине 10 мм (проверяют только у шестерен непостоянного зацепления), износ зубьев по длине (определяют с помощью штангенциркуля), износ зубьев по толщине (с помощью штангензубомера, рис. 22), величину общей нормали (с помощью микрометрического зубомера, рис. 23, а, или индикаторного нормалемера, рис. 23, б).

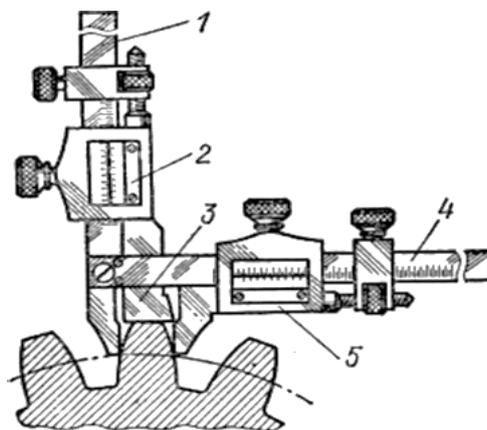


Рис. 22. Измерение износа зубьев по толщине с помощью штангензубомера:
1 – шкала упора; 2, 5 – нониусы; 3 – упор; 4 – шкала для измерения толщины зуба

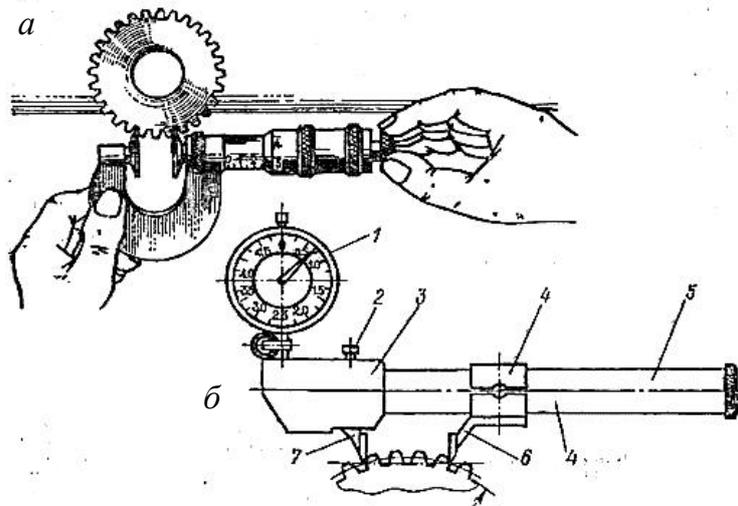


Рис. 23. Приборы для измерения общей нормали:
а – микрометрический зубомер; б – индикаторный нормалемер: 1 – индикатор;
2 – кнопка отводного рычага; 3 – корпус; 4 – разрезная самосжимающаяся втулка;
5 – трубка; 6 – переставная измерительная губка; 7 – подвижная губка

При дефектации вала в обязательном порядке определяется допустимое радиальное биение, которое определяют как разность наибольшего и наименьшего расстояний от точек реальной поверхности до оси вращения в сечении, перпендикулярном этой оси. Типовые схемы контроля радиального биения приведены на рис. 24.

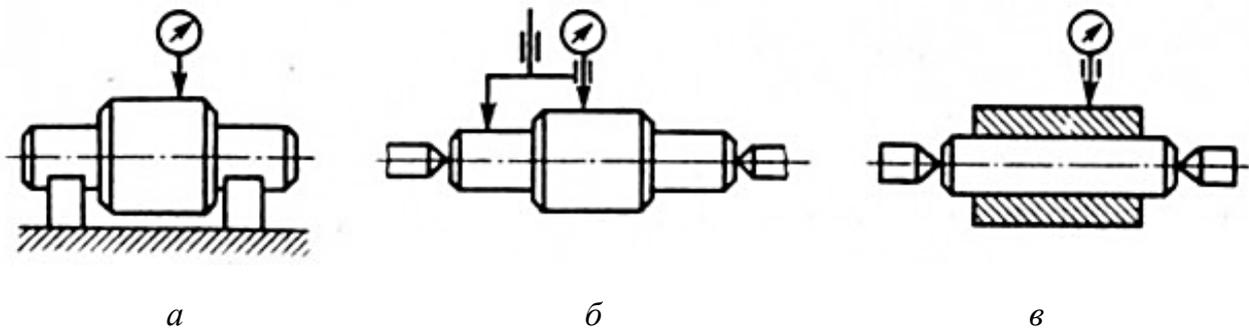


Рис. 24. Типовые схемы контроля радиального биения:

a – в призмах; *б* – в центрах; *в* – на оправке

Поскольку радиальное биение может задаваться не только от оси вращения, но и от поверхностей, являющихся основными конструкторскими базами детали (например, коренные шейки), то при измерении радиального биения эти поверхности устанавливаются в призмы (рис. 24, *a*). Биение определяется как разность показаний прибора за один оборот вала.

В случаях, когда нужно определить биение одной поверхности вала относительно другой, используется приспособление типа «мостик» (рис. 24, *б*), которое подводят до контакта упора с базовой поверхностью, и биение определяется, как и в предыдущем случае, как разность показаний прибора за один оборот заготовки.

При измерении биения деталей, имеющих центральное отверстие, используют оправки (рис. 24, *в*), которые устанавливают в центрах. К измеряемой поверхности подводят индикатор и определяют биение за один оборот детали.

Если значение радиального биения превышает допустимое, то необходимо осуществить правку вала.

При дефектации вала определяют износ посадочных поверхностей под подшипники с помощью универсального измерительного инструмента – штангенциркуля, микрометра, калибров. В результате износа возможны такие отклонения формы, как бочкообразность, седловидность, конусность и овальность (рис. 25).

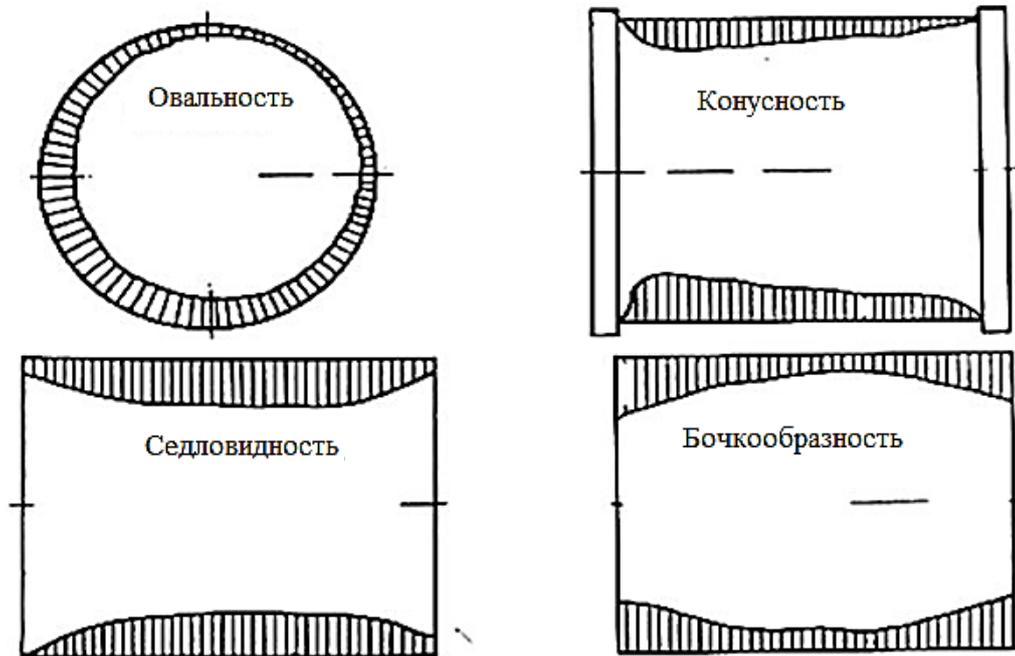


Рис. 25. Виды отклонений формы цилиндрических поверхностей в результате износа

При наличии на валу шлицев производят контроль диаметров, ширины впадины и глубины шлицев с помощью нутромеров, штангенциркулей и калибров. Шпоночные пазы и канавки контролируются с помощью специальных калибров и шаблонов.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Провести визуальный осмотр детали, полученной в лабораторной работе № 1. Записать выявленные дефекты и привести их изображение.
2. Провести анализ технических требований чертежа детали.
3. Привести схемы геометрического контроля точности размеров, формы и взаимного расположения поверхностей детали.

4. Указать измерительный инструмент и оснастку, применяемые для контроля точности размеров, формы и взаимного расположения.
5. Составить отчет по лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для каких целей применяется диагностика в технологиях восстановления и ремонта?
2. Какие средства измерения и контроля используются при диагностике?
3. Что такое дефектация? Перечислите методы дефектации.
4. Перечислите основные дефекты подшипников.
5. Перечислите основные дефекты зубчатых колес и шестерен.
6. Перечислите основные дефекты валов.
7. Какие виды погрешностей формы вы знаете?
8. Какие виды погрешностей взаимного расположения и суммарных погрешностей вы знаете?
9. Какие геометрические параметры контролируют у зубчатых колес?
10. Какие геометрические параметры контролируют у подшипников?
11. Какие геометрические параметры контролируют у валов?

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКРЫТЫХ ДЕФЕКТОВ И КОНТРОЛЬ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Цель работы: изучение способов определения скрытых дефектов и физико-механических свойств.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В результате визуального осмотра невозможно определить скрытые дефекты деталей, такие как трещины, раковины, поры, газовые пузыри, непровары сварных швов и т. д. Поэтому для их выявления при проведении дефектации используют капиллярный, магнитный и ультразвуковой методы контроля.

Капиллярный метод контроля

Капиллярный метод контроля проходит в два этапа:

1. Капиллярное проникновение индикаторных жидкостей в трещины или поры.
2. Регистрация микроповреждений визуально или с помощью специальных приборов.

Такой метод контроля применяют для обнаружения сквозных и поверхностных дефектов, которые невозможно определить при визуальном осмотре. Причем капиллярный метод применяется вне зависимости от формы и размеров детали.

На рис. 26 приведены основные этапы процесса капиллярного контроля. При регистрации дефекта (рис. 26, з) фиксируют проекцию дефекта на

наружную поверхность объекта. Полученное изображение, образованное пенетратом и соответствующее форме сечения дефекта у выхода на поверхность объекта, называют индикаторным рисунком, или индикацией [8].

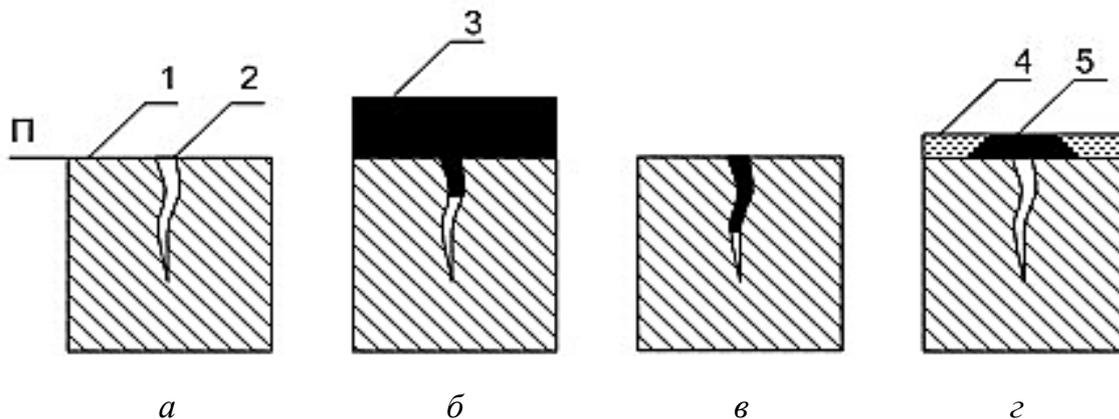


Рис. 26. Основные этапы капиллярного контроля:

- a* – нанесение и проникновение пенетрата; *б* – нанесение проявляющего состава;
- в* – проникновение проявляющего состава в несплошности;
- г* – регистрация несплошности при люминесцентном облучении;
- 1 – изделие; 2 – определяемый дефект; 3 – пенетрат;
- 4 – проявитель; 5 – след дефекта (окрашенный проявитель)

Непременным фактором, влияющим на определение дефектов данным методом, является отсутствие на исследуемой поверхности посторонних загрязнений.

Для капиллярного метода контроля свойственны определенные характеристики выявляемых дефектов:

- локализация дефектов на контролируемой поверхности;
- ориентация дефектов относительно конфигурации поверхности контролируемого объекта;
- размеры и форма дефектов.

Диапазон чувствительности капиллярного контроля ограничен верхним и нижним пределами размеров выявляемых дефектов. Эти пределы определяются максимальной и минимальной величинами раскрытия дефекта. Существуют четыре уровня чувствительности, зависящие от размеров выявляемых дефектов (табл. 3).

Характеристики уровней чувствительности

Уровень чувствительности	Размеры выявляемого дефекта		
	Ширина, мкм	Глубина, мкм	Длина, мкм
I	До 1	До 10	До 0,1
II	До 10	До 100	До 1
III	До 100	До 1000	До 10
IV	Свыше 100	Свыше 1000	Свыше 10

Достижение более высокого уровня чувствительности требует применения дорогостоящих материалов, специальной подготовки и увеличения времени контроля. Например, для применения люминесцентного метода необходимо затемненное помещение, ультрафиолетовое излучение, оказывающее вредное действие на персонал.

Технологический процесс капиллярного контроля включает в себя этапы подготовки поверхности, нанесения пенетрата, нанесения проявляющего состава, контроля, регистрации дефектов и окончательной очистки объекта.

На этапе подготовки поверхности происходит очистка детали от загрязнений, в результате чего исследуемая поверхность и, соответственно, возможные микрповреждения (трещины, поры) очищены и готовы для нанесения пенетрата.

На следующем этапе производится нанесение пенетрата и удаление с поверхности его излишков. В результате возможные трещины заполнены пенетратом.

Затем наносится проявляющий состав, необходимый для регистрации возможных микрповреждений, и удаляются его излишки.

Следующим этапом является процесс контроля выявленных дефектов, т. е. проявляются места и размеры дефектов.

И в завершение производится окончательная очистка объекта от остатков пенетрата и проявляющего состава.

После нанесения пенетрата необходим определенный промежуток времени для его проникновения в микротрещины. Например, для терми-

ческих и шлифовальных трещин при температуре 5–25 °С это время составляет от 20 до 60 минут, для трещин в сварных соединениях при тех же условиях – от 15 до 40 минут, для пор в сварных швах – от 15 до 25 минут.

Определение дефектов при помощи капиллярного контроля проводят визуально или с помощью специальных аппаратов. Для люминесцентного контроля применяются стационарная установка КД-20Л (рис. 27, а) и переносная установка КД-32Л (рис. 27, б).

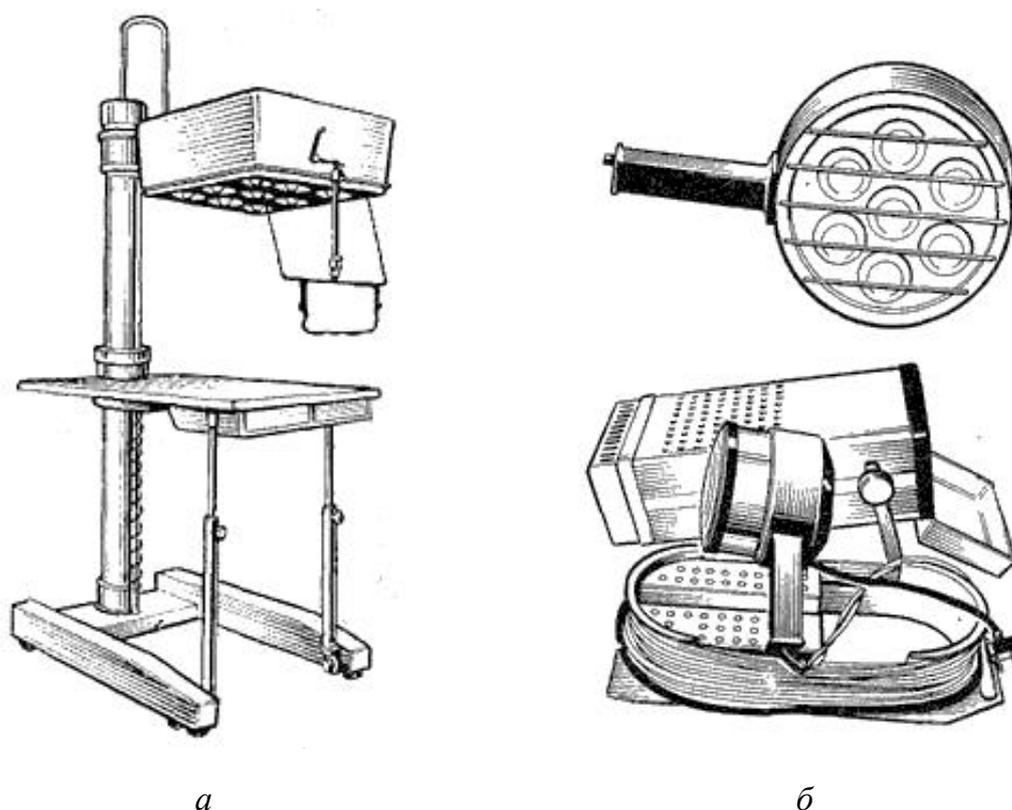


Рис. 27. Аппаратура для люминесцентного контроля:
а – прибор КД-20Л; б – прибор КД-32Л

Большинство дефектов, выявляемых капиллярным методом, можно определить с помощью визуального осмотра. Капиллярные методы применяются в авиационной и ракетно-космической технике, химической промышленности, судостроении. И с помощью капиллярных методов контролируют как основной металл, так и сварные соединения из нержавеющей сталей, алюминия, титана и т. д.

Магнитный метод

Магнитный метод контроля применяют для выявления сварочных, шлифовочных трещин, отслаиваний, металлургических дефектов и непровара сварочного шва, растрескиваний и других дефектов изделий. Данный метод используется для контроля ферромагнитных сталей и сплавов и основан на способности таких материалов изменять магнитные характеристики под действием внешнего намагничивающего магнитного поля [9].

Сущность методов магнитного контроля состоит в том, что в процессе намагничивания ферромагнитной детали при наличии дефекта магнитные силовые линии огибают дефект и выходят за пределы поверхностей детали (рис. 28, а)

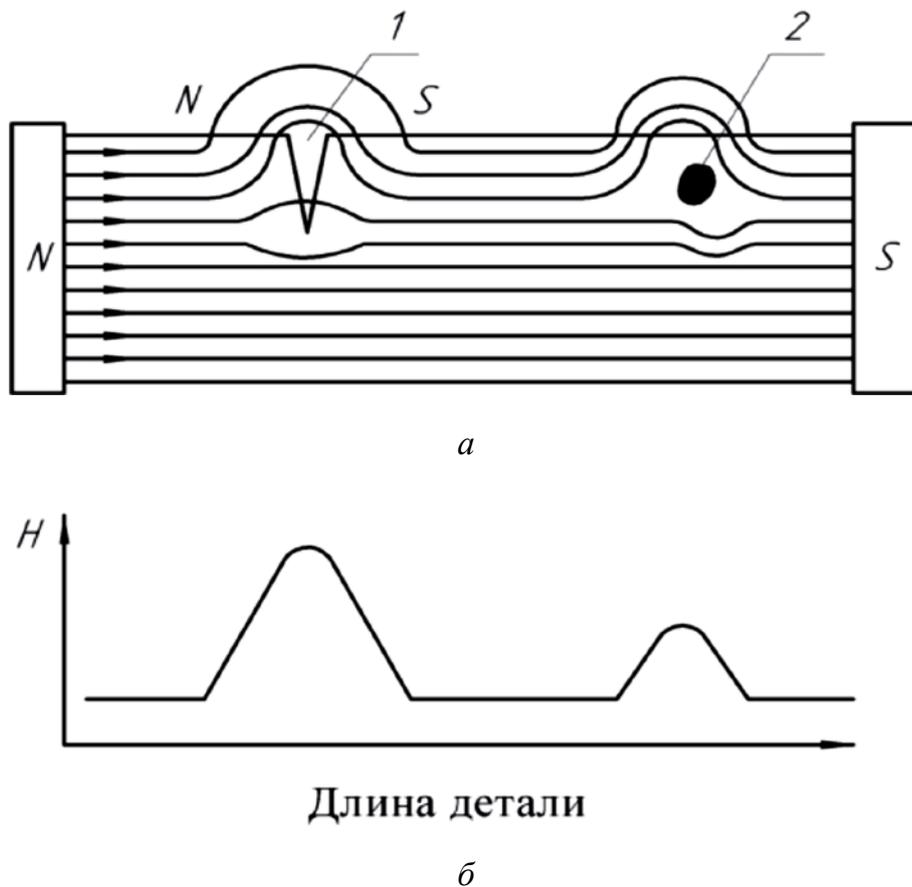


Рис. 28. Поток магнитных линий:

а – схема рассеивания магнитных силовых линий:

1 – трещина; 2 – неметаллическое включение;

б – изменение напряженности магнитного поля

У границ дефекта в местах выхода и входа магнитных силовых линий возникают магнитные полюса N и S и происходит изменение напряженности магнитного поля (рис. 28, б).

Существуют четыре метода магнитного контроля:

1. Магнитопорошковый метод, который основан на способности ферромагнитных частиц специального порошка оседать на краях трещин.

2. Магнитно-люминесцентный метод – основан на использовании специальных эмульсий и порошков, светящихся в ультрафиолетовом свете.

3. Магнитографический метод – основан на применении магнитной ленты, прикладываемой к поверхности и намагничивающейся пропорционально потоку.

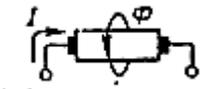
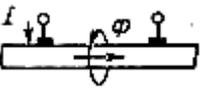
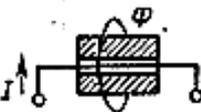
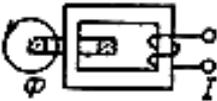
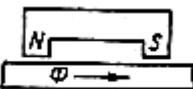
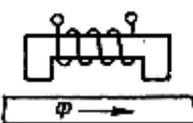
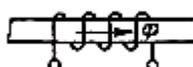
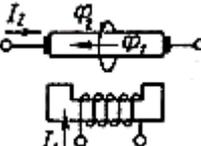
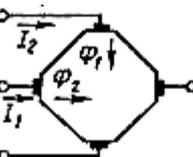
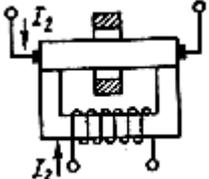
4. Феррозондовый метод – основан на регистрации изменений магнитного поля с помощью феррозондового датчика.

При магнитопорошковом и магнитно-люминесцентном методах контроля осуществляются четыре основных этапа: намагничивание, нанесение индикаторных средств, регистрация и анализ дефектов, размагничивание.

Выявление дефектов определяется параметрами намагничивания. Для наиболее эффективного определения дефектов необходимо, чтобы силовые линии магнитного поля были направлены перпендикулярно дефекту. Поэтому изделия простой формы намагничивают в двух направлениях, а детали сложной формы в нескольких направлениях.

Применяют следующие виды намагничивания: продольное, циркулярное и комбинированное. Продольное намагничивание применяют при анализе поперечных трещин, циркулярное – при контроле деталей с соотношением l/d более 5 и наличии продольных дефектов, а комбинированное намагничивание применяют в случае неопределенности характера залегания дефекта. В табл. 4 приведены способы намагничивания изделий при магнитном контроле.

Способы намагничивания изделий при магнитном контроле

Вид намагничивания	Способ намагничивания	Схема намагничивания
Циркулярное	Пропусканием тока по всему объекту	
	С помощью контактов, устанавливаемых на деталь	
	Пропусканием тока с помощью проводника, помещенного в сквозное отверстие детали	
	Путем индукцирования тока в объекте	
Продольное	При помощи постоянного магнита	
	При помощи электромагнита	
	При помощи соленоида	
Комбинированное	Пропусканием тока по объекту и при помощи электромагнита	
	Пропусканием по объекту двух токов во взаимно перпендикулярных направлениях	
	Индукцированием тока в объекте и пропусканием тока по проводнику, помещенному в сквозное отверстие в объекте	

Магнитопорошковый метод обеспечивает обнаружение поверхностных и подповерхностных дефектов типа трещин, расслоений, непровара сварных соединений и т. п. Подповерхностные дефекты на глубине до 100 мкм могут быть обнаружены при такой же чувствительности, как и поверхностные дефекты. При глубине залегания дефектов до 2–3 мм могут быть обнаружены более грубые дефекты.

Для магнитной дефектоскопии применяются магнитно-люминесцентные порошки («Люмагпор 1», «Люмагпор 2», «Люмагпор 3»), магнитно-люминесцентные пасты (МЛ-1, МЛ-2, МЛ-3), черный магнитный порошок по ТУ 6-14-1009–74, паста магнитная МП-70 по ТУ 6-09-38–71.

В соответствии с ГОСТ 21105–75 предусмотрено три уровня чувствительности. Критерием уровня чувствительности является ширина дефекта, при этом предусмотрено отношение глубины дефекта к его ширине, равное 10 [10].

Для осуществления магнитопорошкового контроля применяют дефектоскопы. Комплект дефектоскопов включает источник тока и устройства для подвода тока к детали, устройства для намагничивания, устройства для нанесения суспензии на контролируемую деталь, измерители тока или напряженности поля и другие устройства. Применяют дефектоскопы типа УМДЭ-10000, УМДЭ-2500, МД-10П, МД-30П, У-604-68, МДС-5. Большинство дефектоскопов работает в автоматизированном режиме, кроме операции осмотра.

Магнитографический метод

При использовании магнитографического метода проводится запись полей дефектов на магнитной ленте с помощью магнитографического дефектоскопа. Такой способ регистрации дефектов улучшает их обнаружение в условиях, когда структура материала на соседних участках неоднородна, например, в случае контроля стыков сварного шва.

Метод имеет более высокую чувствительность по сравнению с магнитопорошковым контролем. Это объясняется взаимодействием записывающей магнитной ленты с полем дефекта. Так, минимальная напряжен-

ность поля, обнаруживаемого магнитной лентой, составляет 40 А/см, а при магнитопорошковом контроле – 160 А/см.

Изделия с глубинными дефектами намагничивают постоянным током, а с поверхностными дефектами – переменным или импульсным током. Глубина обнаруживаемых дефектов ограничивается мощностью намагничивающих устройств и возможностью равномерного намагничивания изделия. Современная аппаратура позволяет обнаруживать дефекты на глубине 20–25 мм.

Магнитографический метод диагностики предусматривает выполнение следующих операций:

- подготовка участка изделия к контролю;
- намагничивание изделия или его части с магнитной лентой, прижатой к контролируемому участку;
- запись поля дефекта на магнитную ленту;
- воспроизведение записи с помощью магнитографического дефектоскопа;
- разбраковка изделий по результатам воспроизведения записи.

Применяются дефектоскопы типов МД-9, МД-11, МДУ-24, МД-10ИМ. Настройку магнитографических дефектоскопов проводят по эталонным магнитным лентам. Такие ленты намагничивают на специальных сварочных копировальных станках на конкретном предприятии по технологии, которая в последующем будет объектом контроля. Копировальные станки сваривают с включением в них внутренних дефектов (включений, пор и т. п.).

Ультразвуковой метод

Метод ультразвукового контроля основан на способности ультразвуковых колебаний распространяться в теле в виде направленной волны и отражаться от границ дефекта, поскольку область дефекта представляет собой среду с резко отличающейся величиной акустического сопротивления [11].

С помощью данного метода становится возможным определение таких скрытых дефектов, как трещины, поры, раковины, шлаковые включения, непровар в изделиях из стали, алюминия, меди, бетона.

Чтобы выявить скрытые дефекты подобным методом, необходимо, чтобы их размеры были меньше или равны длине ультразвуковой волны. Известно, что скорость распространения волны зависит от частоты и длины волны, т. е.:

$$V = \lambda \cdot f, \quad (1)$$

где V – скорость распространения ультразвуковой волны, м/с;

λ – длина волны, м;

f – частота колебаний, Гц.

Для повышения чувствительности метода необходимо увеличить частоту колебаний, а поскольку $V = const$, то уменьшится длина волны и станет возможным определение более мелких по размерам дефектов.

Чувствительность контроля зависит также от размеров надежно выявляемого дефекта в данном материале. Она зависит от частоты устройства, акустических свойств материала, чистоты исследуемой поверхности, структурного состояния материала и глубины залегания дефекта. В реальных условиях могут быть выявлены трещины площадью 1–10 мм² [11].

Для передачи ультразвуковых колебаний в исследуемый объект применяется устройство, называемое щупом. По времени распространения ультразвука в изделии (если известна скорость ультразвука, скорость распространения ультразвуковых волн в различных материалах) в данном металле) определяют расстояние до дефекта, а по амплитуде отраженного импульса – его относительный размер. Наибольшее распространение получили теневой и эхо-импульсный методы ультразвукового контроля (рис. 29, а и б).

При теневом методе (рис. 29, а) используются два щупа (поз. 1 и 2), один из которых является источником ультразвуковых волн, а другой – приемником. При контроле щупы располагают на противоположных поверхностях строго соосно.

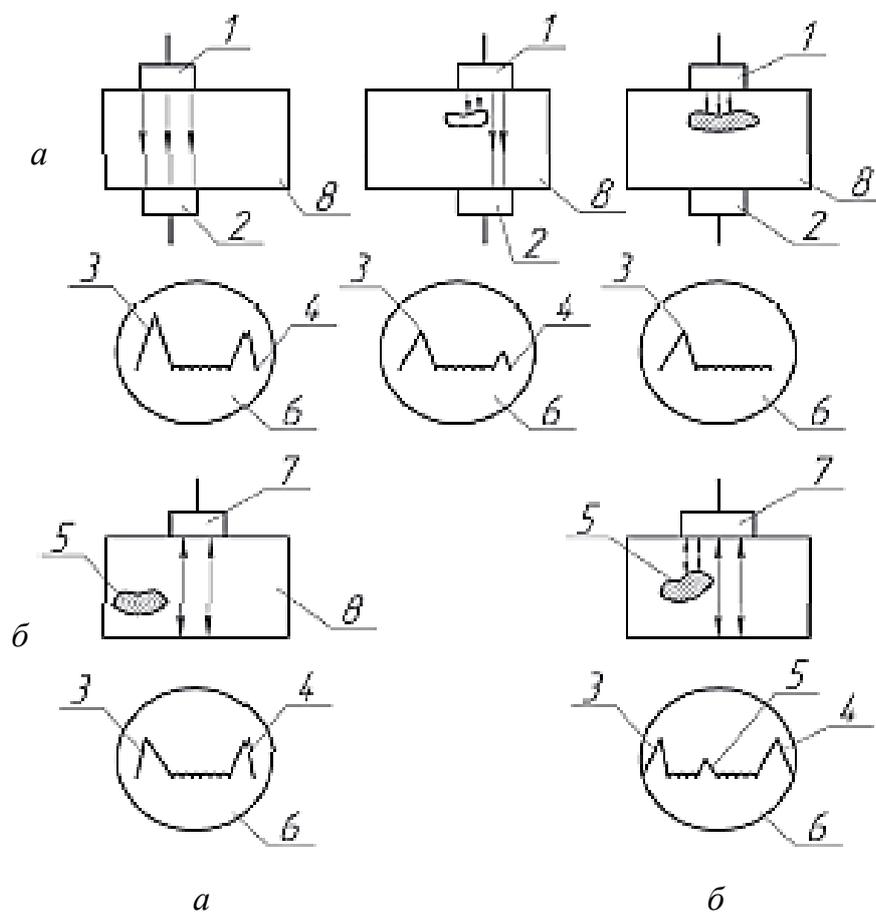


Рис. 29. Теневой (а) и эхо-импульсный (б) методы ультразвукового контроля:
 1, 2 – искательные головки; 3 – начальный импульс; 4 – конечный импульс;
 5 – внутренний дефект; 6 – экран осциллографа; 7 – щуп; 8 – изделие

Способ обладает довольно высокой чувствительностью, однако необходимо соблюдение ряда условий:

- 1) высокая квалификация оператора, т. к. работа осуществляется двумя щупами;
- 2) качественная подготовка обеих поверхностей к контролю;
- 3) возможность доступа к изделию с обеих сторон, иначе метод неприменим.

Импульсы от искательных головок отражаются на экране осциллографа б. При отсутствии внутренних дефектов величина конечного импульса довольно высока, при частичном попадании ультразвуковой волны на дефект сигнал конечного импульса ослабевает, а при полном попадании на дефект – полностью исчезает.

При эхо-импульсном методе контроля (рис. 29, б) используется один щуп, который может работать как излучатель и как приемник. Таким образом, контроль возможен при одностороннем доступе к изделию.

Существуют следующие виды искательных головок: прямые, наклонные, раздельно-совмещенные (рис. 30).

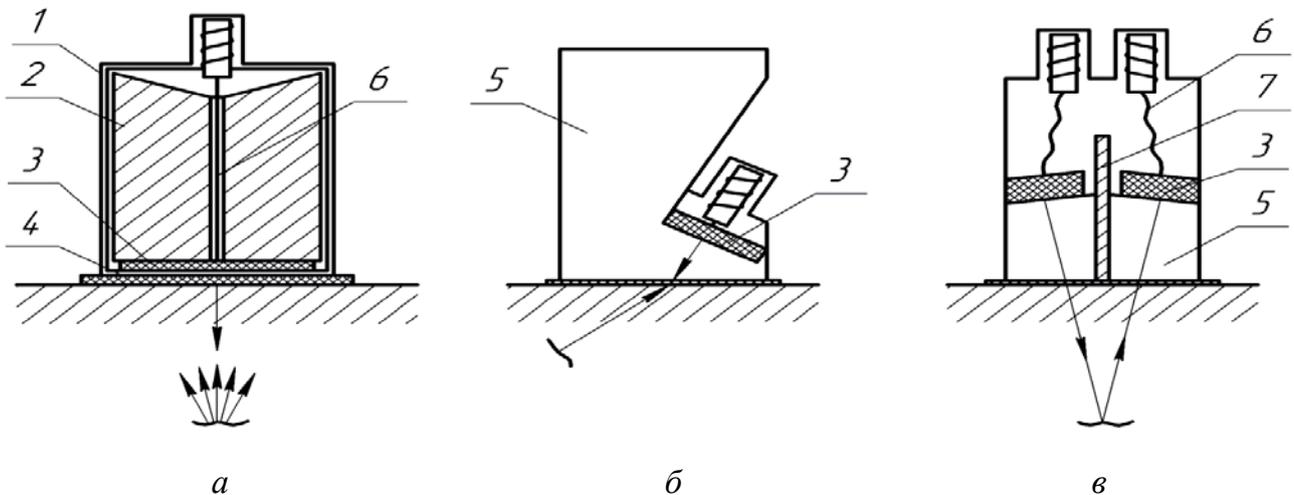


Рис. 30. Схема ультразвуковых преобразователей искательных головок:

а – прямого; б – наклонного; в – раздельно-совмещенного;

1 – корпус; 2 – демпфер; 3 – пьезопластина; 4 – защитное доньшко (протектор);

5 – призма; 6 – токопровод; 7 – акустический экран

В раздельно-совмещенных головках (рис. 30, в) один элемент является источником, а другой приемником. Процесс излучения и приема в таких головках является непрерывным.

В некоторых случаях внутренний дефект может быть расположен в зоне, недоступной для нормальной головки (рис. 31). В таком случае применяется призматический щуп (рис. 31, б).

Особенностью конструкции призматического щупа является то, что плоскость пьезоэлемента образует постоянный угол с поверхностью исследуемой детали. Поэтому, перемещая такую головку перпендикулярно шву, возможно обнаружить дефекты, недоступные для нормальной головки. Ультразвуковой сигнал отражается от дефекта и принимается щупом в период паузы.

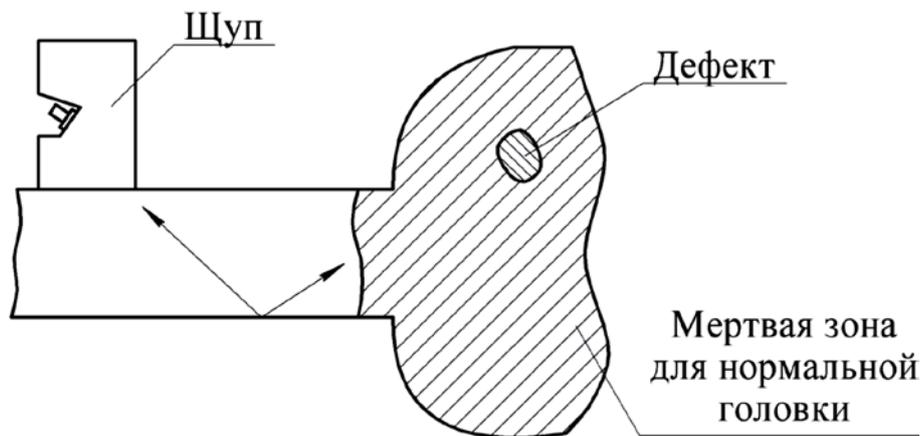


Рис. 31. Определение дефекта при помощи призматического щупа

При проведении ультразвукового контроля необходимо, чтобы поверхность имела высокое качество ($Rz10 - Rz20$); обязательно используется контактная жидкость (тонкий слой мыльной воды или специальная паста) для исключения прослойки воздуха между щупом и поверхностью.

Преимущества ультразвукового контроля:

- 1) высокая точность и скорость исследования, а также низкая стоимость;
- 2) безопасность для человека (по сравнению с рентгеновской дефектоскопией);
- 3) высокая мобильность вследствие применения портативных ультразвуковых дефектоскопов;
- 4) возможность проведения ультразвукового контроля (в отдельных случаях) на действующем объекте, т. е. на время проведения УЗК не требуется выведения контролируемой детали/объекта из эксплуатации;
- 5) при проведении ультразвукового контроля исследуемый объект не повреждается.

Недостатками ультразвукового контроля являются:

- 1) невозможность определения реальных размеров дефекта;
- 2) трудности при ультразвуковом контроле металлов с крупнозернистой структурой из-за большого рассеяния и сильного затухания ультразвука;

- 3) подготовка поверхности изделия к контролю для ввода ультразвуковых волн в металл;
- 4) необходимость применения контактных жидкостей.

Импедансный метод

Данный метод применяется для контроля дефектов в клеевых, паяных соединениях (непроклей, непропай) и основан на различии механических импедансов бездефектного и дефектного слоев (рис. 32).

Для определения дефектов подобным методом в многослойной конструкции создаются изгибные колебания. При отсутствии дефектов конструкция изгибается как единое целое, поэтому механический импеданс будет максимальным, F_p . При наличии дефектов импеданс будет значительно ниже F'_p , поскольку изгибные колебания возбуждаются только в наружном слое, жесткость которого значительно меньше жесткости всей конструкции.

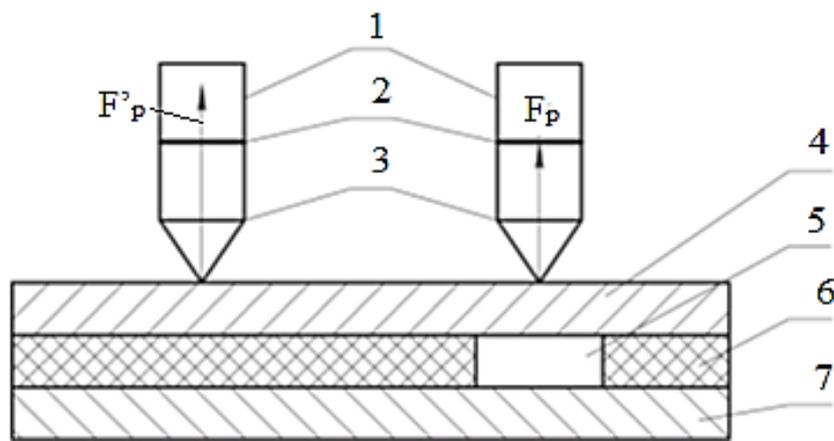


Рис. 32. Схема контроля деталей импедансным методом:

- 1 – искатель; 2 – пьезоэлемент-излучатель; 3 – пьезоэлемент-приемник;
- 4, 7 – обшивка контролируемой конструкции; 5 – непрочей (отслоение, непропай);
- 6 – соединительный элемент (припой, клей); F_p и F'_p – реакции

Для подбора оптимальных режимов контроля используют образцы с искусственными или естественными дефектами, имеющие такие же параметры, что и контролируемое изделие. Для контроля используются де-

фектоскопы типа ИАД-2, ИАД-3, АД-40И. При контроле датчик перемещают по поверхности, при этом необходимо контролировать, чтобы нормаль датчика не отклонялась более чем на 10° .

На эффективность контроля импедансным методом влияет разброс значений механических импедансов в бездефектных зонах, наличие участков со смятыми сотами, крупные ячейки сот с размерами более 6 мм, увеличение толщины обшивки, увеличение шероховатости и кривизны поверхности.

Рентгенографический метод контроля

Принцип рентгенографического контроля основан на исследовании образца в токе рентгеновских лучей. С одной стороны расположен источник излучения, с другой – чувствительная пленка или матрица (рис. 33). После прохождения через однородный материал получается одинаковая равномерная засветка. В случае нахождения в образце изъянов и неоднородностей засветка на пленке или матрице изменяется [12].

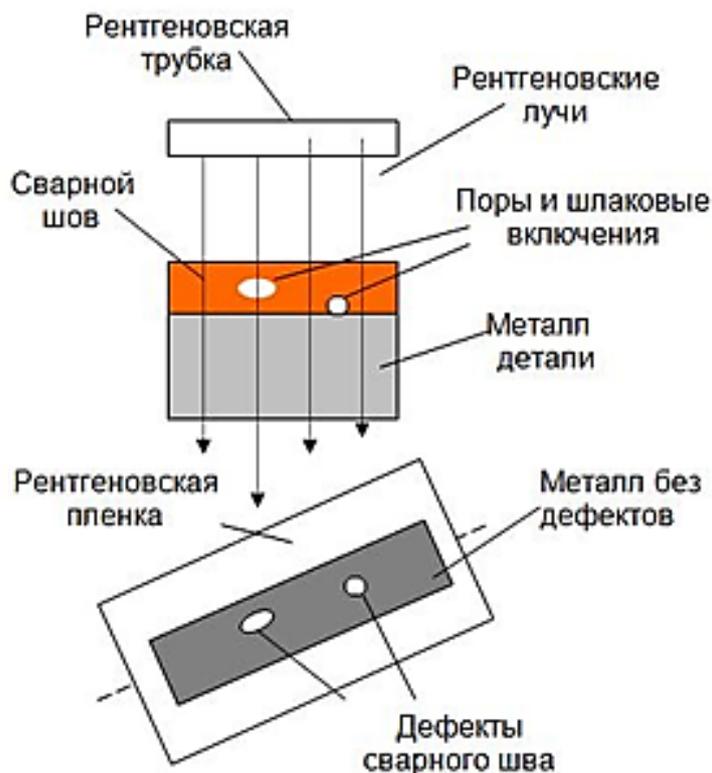


Рис. 33. Схема рентгенографического контроля

Рентгенографический метод контроля сварных соединений – один из самых достоверных методов неразрушающего контроля. Его применяют повсеместно в случаях, когда требуется высокий уровень качества и надежности сварного шва, соответствующего стандартам. Несмотря на несколько более высокую цену рентгеновского контроля, его применение обязательно для подтверждения годности ответственных изделий [12].

Контроль физико-механических свойств

Твердость – свойство материала оказывать сопротивление упругой и пластической деформации или разрушению при внедрении в поверхностный слой материала другого, более твердого и не получающего остаточной деформации тела – индентора.

Твердомеры – приборы для измерения твердости материала. Различают стационарные и портативные (переносные). Стационарные твердомеры определяют твердость при помощи воздействия индентора на материал. Портативные приборы используют динамический (упругий отскок) и ультразвуковой способ измерения.

Измерения проводят по шкалам твердости: Роквелла (HRC), Бринелля (HB), Виккерса (HV).

Твердость по Бринеллю (HB): метод основан на том, что в плоскую поверхность под нагрузкой внедряют стальной шарик. Число твердости HB определяется отношением нагрузки к сферической поверхности отпечатка (рис. 34).

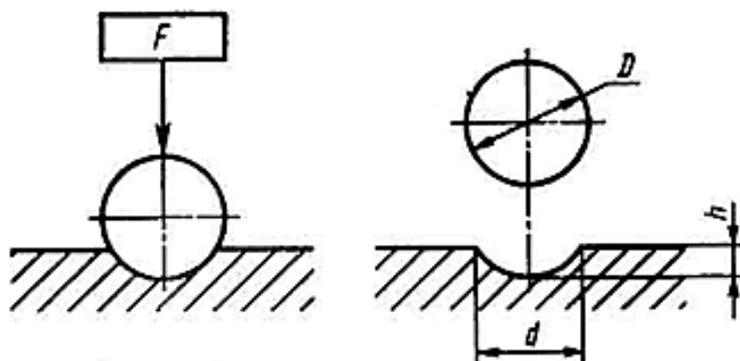


Рис. 34. Измерение твердости по Бринеллю

Твердость по Роквеллу (HR): метод основан на статическом вдавлении в испытываемую поверхность наконечника под определенной нагрузкой. В качестве наконечников для материалов с твердостью до 450 HR используют стальной шарик. В этом случае твердость обозначают как HRB. При использовании алмазного конуса твердость обозначают как HRA или HRC (в зависимости от нагрузки) (рис. 35).

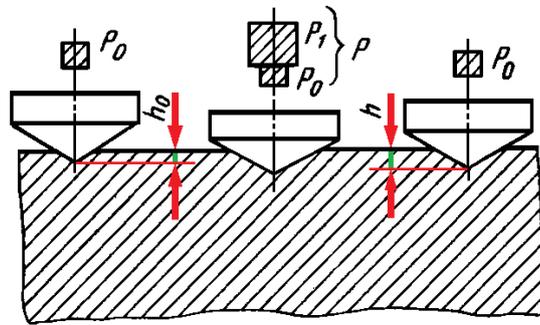


Рис. 35. Измерение твердости по Роквеллу

Твердость по Виккерсу (HV) определяют путем статического вдавливания в испытываемую поверхность алмазной четырехгранной пирамиды. При испытании измеряют отпечаток с точностью до 0,001 мм при помощи микроскопа, который является составной частью прибора Виккерса (рис. 36).

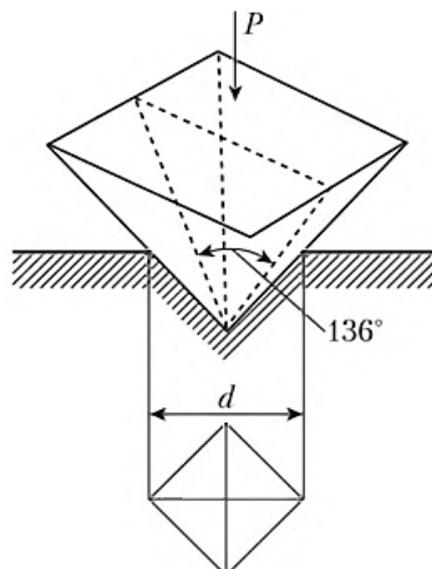


Рис. 36. Измерение твердости по Виккерсу

Твердость по Шору (метод отскока) – метод определения твердости очень твердых материалов, преимущественно металлов, по высоте, на которую после удара отскакивает специальный боек (основная часть *склероскопа Шора*), свободно и вертикально падающий с определенной высоты. Твердость по этому методу оценивается в условных единицах, пропорциональных высоте отскакивания бойка. Метод не дает точных показаний, так как высота отскакивания бойка зависит не только от твердости испытуемого металла, но и от множества других причин: от толщины металла, от степени шероховатости его поверхности, внутренней структуры и т. д. Однако этот метод, вследствие его простоты и оперативности, часто применяется в заводской практике – преимущественно для быстрого контроля результатов термической обработки стальных изделий (заковки и отпуска). Он также позволяет производить измерения прямо на готовых изделиях, крупногабаритных деталях и криволинейных поверхностях. Величина твердости по Шору не имеет точного метода перевода ее на другие величины твердости и прочности при растяжении.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для детали, полученной в лабораторной работе № 1, описать возможные внутренние дефекты.
2. Назначить один или несколько способов контроля внутренних дефектов. Обосновать выбранное решение.
3. Привести схемы контроля деталей выбранными методами. Указать достоинства и недостатки методов.
4. Выявить поверхности детали, для которых необходим контроль физико-механических свойств.
5. Привести схемы контроля физико-механических свойств (на примере контроля твердости поверхности).
6. На основании проведенной дефектации в лабораторных работах № 3 и № 4 сделать выводы о целесообразности проведения ремонта.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие дефекты можно определить с помощью капиллярных методов контроля?
2. Перечислите основные этапы капиллярного контроля.
3. Какие методы магнитного контроля существуют?
4. Какие виды и способы намагничивания существуют?
5. Какие операции предусмотрены при проведении магнитографического метода диагностики?
6. Какие дефекты можно определить при ультразвуковом методе контроля?
7. В чем отличия теневого и эхо-импульсного методов ультразвукового контроля?
8. Назовите преимущества и недостатки ультразвукового контроля.
9. Каким образом определяются дефекты с помощью импедансного метода контроля?
10. На чем основан принцип рентгенографического контроля?
11. В чем отличия методов определения твердости по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу и Шору?

Лабораторная работа № 5

ПРИМЕНЕНИЕ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Цели работы: изучение и назначение способов восстановления деталей с учетом конструкции изделия и типа производства.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Технологический процесс (ТП) восстановления деталей – это процесс, содержащий целенаправленные действия по изменению определенного состояния детали с целью восстановления ее эксплуатационных свойств.

Применение в процессе ремонта восстановленных деталей позволяет значительно снизить его стоимость, поскольку стоимость восстановленных деталей составляет 10–50 % стоимости изготовления новых деталей. При изготовлении деталей стоимость материалов и заготовок для них (отливок, штамповок) составляет 70–75 % стоимости готового изделия, в то время как восстановление этих же самых деталей может составлять 6–8 % от стоимости изготовления. Такое различие объясняется тем, что при восстановлении деталей заготовкой является сама деталь и обрабатываются только поверхности, требующие восстановления. Чем сложнее деталь и выше затраты на ее изготовление, тем экономически целесообразнее ее восстановление [11].

Еще одним фактором в пользу применения различных способов восстановления является то, что примерно 65 % деталей имеет износ не более 0,15 мм, а 85 % – износ не более 0,3 мм.

Различные способы восстановления можно применять для устранения таких дефектов, как: износ рабочих поверхностей, вызывающий нарушение

ние точности размеров, формы и взаимного расположения поверхностей; механические повреждения в виде трещин, обломов, пробоин, рисок; нарушение сплошности покрытий, нанесенных окраской, гальваническими или химическими способами.

В результате высоких нагрузок на рабочих поверхностях деталей возникают дефекты в виде трещин, забоин, которые снижают статическую и усталостную прочность деталей. Поэтому при назначении способа восстановления необходимо применять способ, восстанавливающий прочностные свойства.

Таким образом, для устранения перечисленных дефектов применяются разнообразные способы восстановления, которые можно разделить на две группы: способы обработки (пластическое деформирование, слесарно-механическая обработка) и способы наращивания (сварка и наплавка, нанесение гальванических покрытий, газотермическое напыление, нанесение синтетических материалов).

Обработка под ремонтный размер

Одним из способов восстановления деталей механической обработкой является обработка под ремонтный размер. Таким способом восстанавливают различные детали пар трения типа «вал – втулка» или «поршень – цилиндр». Суть метода состоит в следующем: наиболее дорогостоящую деталь, например, коленчатый вал, восстанавливают, обрабатывая в ремонтный размер, а вторая (например, вкладыш) заменяется на новую или тоже восстанавливается под ремонтный размер. С помощью данного метода восстанавливают геометрическую форму, шероховатость и прочностные характеристики изношенных поверхностей деталей.

Ремонтные размеры подразделяют на **регламентированные и нерегламентированные**. **Регламентированные размеры** назначает предприятие-изготовитель, и детали с регламентированными размерами выпускает промышленность. Примерами таких деталей могут служить поршни,

поршневые кольца, поршневые пальцы, тонкостенные вкладыши. Ремонтные предприятия обрабатывают сопряженные детали под регламентированные размеры, в этих деталях сохраняются класс точности и посадка, предусмотренные в рабочих чертежах.

Нерегламентированные размеры – это размеры с учетом припуска на пригонку детали «по месту». В таком случае восстанавливаемую деталь обрабатывают до получения необходимой шероховатости и правильной геометрической формы.

Преимуществами способа обработки под ремонтный размер являются увеличение срока службы сложных и дорогих деталей и повышение качества ремонта. Однако имеется и ряд недостатков, таких как ограничение взаимозаменяемости восстановленных деталей и снижение их износостойкости после снятия поверхностного слоя металла.

Восстановление способом постановки дополнительной ремонтной детали (ДРД)

Дополнительные ремонтные детали применяются для компенсации износа поверхности или для замены части поврежденной детали. В первом случае дополнительная ремонтная деталь устанавливается непосредственно на изношенную поверхность. Таким способом можно восстановить посадочные отверстия под подшипники качения, отверстия с изношенной резьбой и т. д.

Дополнительные ремонтные детали могут иметь форму втулки, гильзы, шайбы, резьбовой втулки (рис. 37).

При восстановлении деталей сложной формы, имеющих поврежденные части, осуществляется полное удаление этих частей и постановка заранее изготовленной дополнительной ремонтной детали. Таким способом, например, восстанавливают блоки шестерен (рис. 38).

Дополнительная ремонтная деталь должна быть изготовлена из того же материала, что и восстанавливаемая деталь, и свойства рабочей по-

верхности должны соответствовать свойствам восстанавливаемой детали. Крепление дополнительных ремонтных деталей осуществляют посадкой с натягом, приваркой или установкой стопорных винтов и штифтов [13].

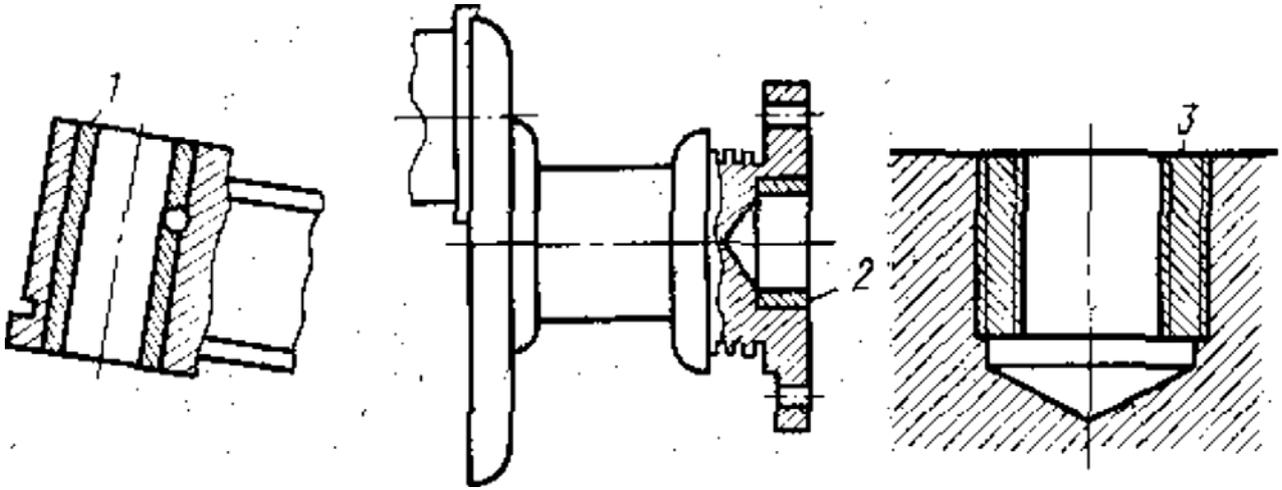


Рис. 37. Виды дополнительных ремонтных деталей:

1, 2 – втулки; 3 – ввертыш

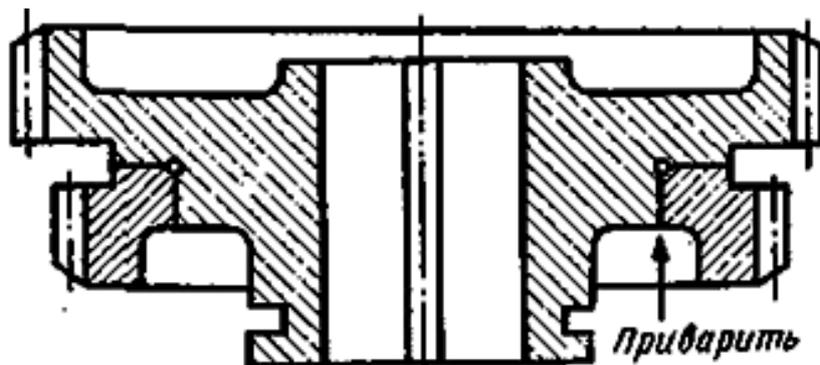


Рис. 38. Применение дополнительной ремонтной детали при восстановлении блока шестерен

Преимуществом данного метода восстановления является простота технологических процессов и применяемого оборудования. В качестве недостатков можно выделить то, что данный метод не всегда экономически оправдан из-за расхода материалов на изготовление дополнительных ре-

монтажных деталей. Также возможно снижение механической прочности восстанавливаемых деталей.

Дополнительные ремонтные детали можно также применять для восстановления резьбовых отверстий. Основные способы восстановления резьбовых отверстий представлены на рис. 39. Из представленных на рис. 38 способов в качестве дополнительных ремонтных деталей применяют установку свертыша и спиральной вставки.

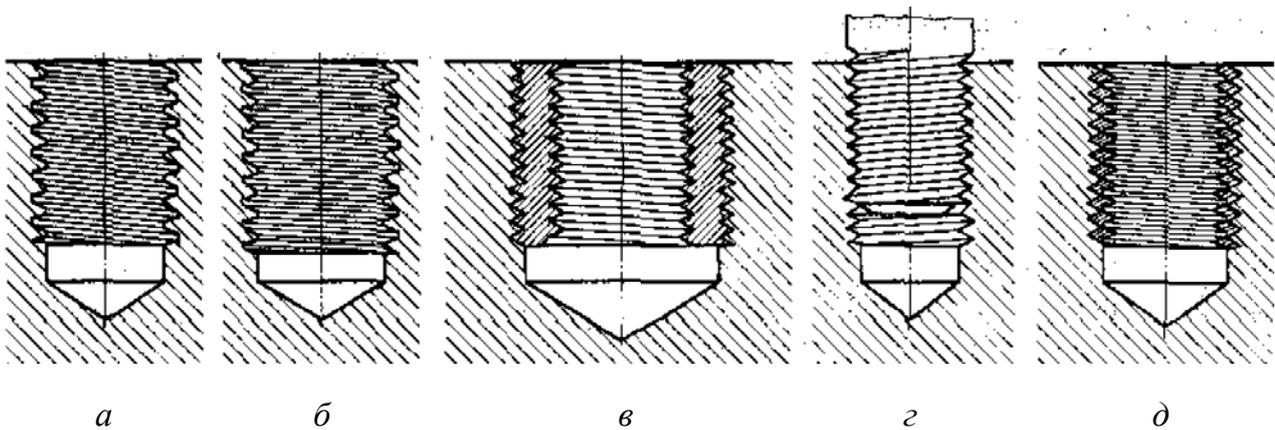


Рис. 39. Способы ремонта резьбовых соединений:

- a* – заварка отверстий с изношенной резьбой с последующим нарезанием резьбы номинального размера; *б* – нарезание резьбы увеличенного размера (под ремонтный размер); *в* – установка свертыша;
- г* – стабилизация резьбовых соединений полимерной композицией;
- д* – установка спиральной вставки

Для восстановления резьбовых отверстий применяется способ постановки резьбовой спиральной вставки, то есть пружины из ромбической проволоки, наружная поверхность которой образует резьбовое соединение с корпусом. Такой способ имеет ряд преимуществ: повышенную прочность резьбового соединения, возможность восстановления тонкостенных деталей, снижение износа резьбовой поверхности при многократном завинчивании и развинчивании, улучшение восприятия динамических нагрузок, увеличение срока службы резьбового соединения.

Восстановление способами пластической деформации

Восстановление деталей способами пластической деформации основано на явлении пластичности – способности материалов под действием нагрузки менять свою форму и размеры без нарушения целостности. Эти процессы схожи с процессами получения заготовок методами обработки давлением, только вместо заготовок используются детали, требующие восстановления. Данные способы восстановления применяются для материалов, обладающих хорошей пластичностью, для непластичных материалов такие способы восстановления неприменимы [13].

Способы восстановления пластическим деформированием применяются в случаях необходимости получения требуемых размеров изношенных поверхностей детали, исправления геометрической формы, восстановления механических характеристик поверхностного слоя.

Восстановление размеров изношенных поверхностей осуществляется путем перемещения металла из нерабочих участков детали к изношенным поверхностям. Для восстановления размеров применяют способы осадки, раздачи, обжатия и накатки.

Осадку (рис. 40) применяют для восстановления наружного диаметра сплошных деталей и внутреннего диаметра полых деталей, а в некоторых случаях (при восстановлении деталей типа втулок) – восстановления и наружного, и внутреннего диаметров. При этом уменьшается высота или длина детали. Например, длина втулки при осадке уменьшается в среднем на 8–15 %.

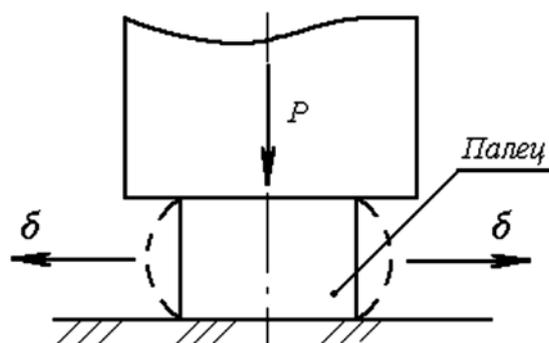


Рис. 40. Схема осадки пальца

При осадке направление действия внешней силы перпендикулярно направлению деформации δ . Усилие, необходимое для осадки, определяют по формуле:

$$P = \sigma_m \cdot (1 + 0,166 \cdot d/h) \cdot F, \quad (2)$$

где σ_m – предел текучести при температуре осадки, Н/мм²;

d – диаметр детали до осадки, мм;

h – высота детали до осадки, мм;

F – площадь поперечного сечения до осадки, мм².

Раздача заключается в увеличении наружных размеров деталей путем увеличения внутренних размеров. Причем направление действия силы P совпадает с направлением деформации δ (рис. 41).

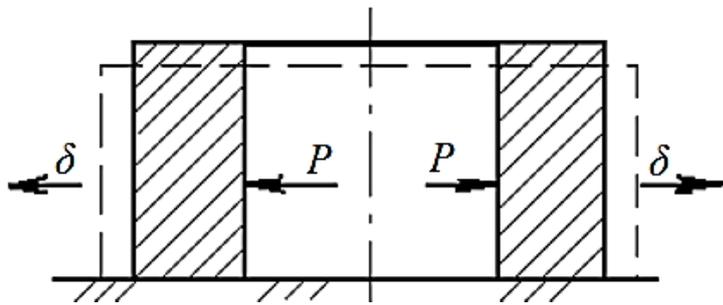


Рис. 41. Схема раздачи втулки

Давление, необходимое при раздаче, определяют по формуле:

$$P = 1,15 \cdot \sigma_m \cdot \ln(D/d), \quad (3)$$

где D и d – соответственно наружный и внутренний диаметры детали, мм.

Раздачу применяют, например, при восстановлении крестовины карданных валов или поршневых пальцев.

Обжатие применяют для восстановления внутренних размеров полых деталей за счет уменьшения их наружных размеров. При обжатии направление деформирующей силы P (рис. 42) совпадает с направлением деформации δ .

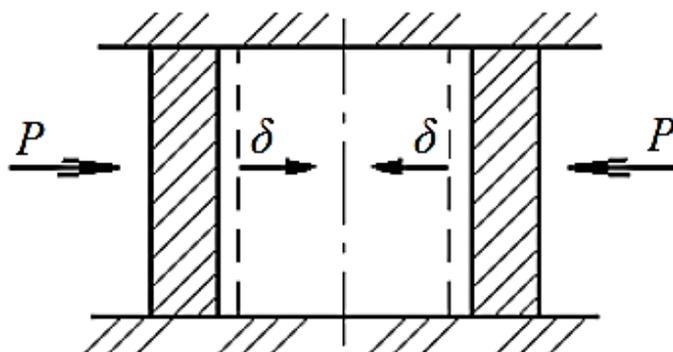


Рис. 42. Схема свободного обжатия втулки

Такой способ используется для восстановления полых деталей, имеющих рабочую внутреннюю поверхность: втулки, внутренняя поверхность цилиндров амортизаторов, гильзы цилиндров двигателя внутреннего сгорания и т. д.

Накатку используют для восстановления поверхностей деталей, воспринимающих удельную нагрузку, не превышающую 7 МПа. Минимальная потеря опорной поверхности обеспечивается использованием накатки с углом заострений зуба в пределах 60–70°. В сравнении с гладкими поверхностями износостойкость восстановленных накатыванием поверхностей снижается на 20–25 %, а усталостная прочность повышается на 10–12 %. К достоинствам данного способа восстановления следует отнести простоту технологического процесса, оборудования и оснастки, малую трудоемкость и высокую эффективность процесса. Недостаток способа – ограниченная номенклатура восстанавливаемых деталей, в основном этот способ используют для восстановления посадочных мест под подшипники качения.

При ремонте узлов и агрегатов многие детали выбраковываются из-за изменения первоначальной геометрической формы. Поэтому для восстановления геометрической формы применяются такие методы, как *холодная и горячая правка*. Суть правки состоит в том, что детали восстанавливают первоначальную геометрическую форму под действием внешних сил без заметных искажений металла в поверхностных слоях.

Для восстановления формы тонкостенных деталей и конструкций применяется холодная правка. В результате такого способа правки под действием внешних сил в поверхностном слое возникает наклеп и остаточные напряжения сжатия. Поэтому после холодной правки для выравнивания внутренних напряжений необходимо произвести отпуск детали.

Способ холодной правки применяется для восстановления геометрической формы валов, в частности, устранения изгиба вала (рис. 43).

Правку установленной в призмах детали производят при помощи прессы. Под действием силы P осуществляют перегиб вала, который контролируют индикатором часового типа. Величина перегиба обусловлена упругой деформацией (отдачей) изделия, возникающей после снятия нагрузки. В зависимости от жесткости деталей их перегиб в момент правки может превышать исходный прогиб до 10 раз.

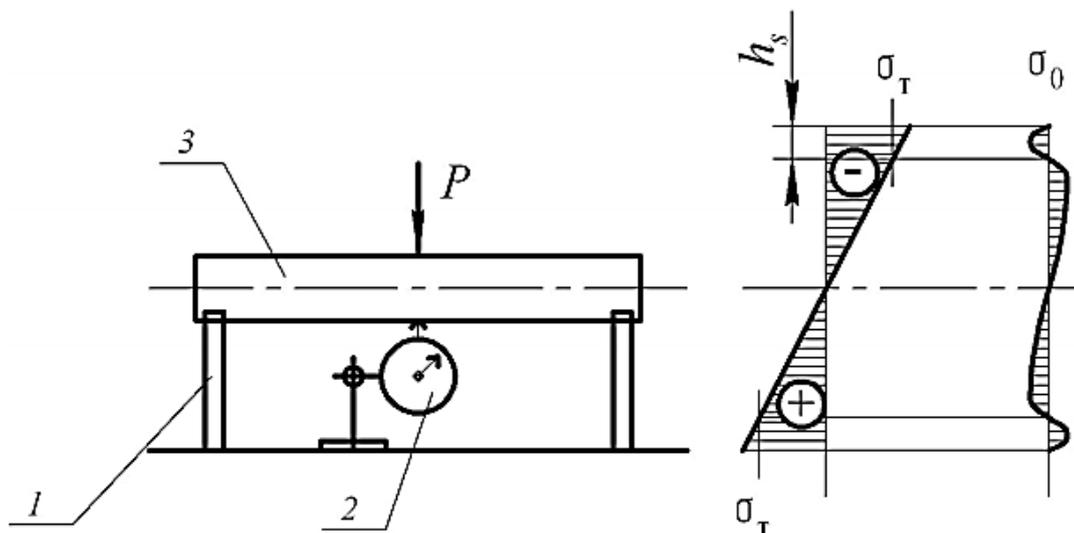


Рис. 43. Схема правки изогнутого вала и эпюры напряжений в исправляемой детали:

1 – призма; 2 – индикатор часового типа;
3 – восстанавливаемый вал

Дробеструйная обработка обеспечивает неглубокую пластическую деформацию (0,5–0,8 мм) при соударении стальной или чугунной дроби диаметром 0,8–2 мм с упрочняемой поверхностью детали. После дробе-

струйной обработки поверхность детали приобретает некоторую шероховатость и последующей обработке не подвергается [14]. Режимы обработки при дробеструйном упрочнении являются: скорость подачи дроби (30–90 м/с), расход дроби и время обработки поверхности. Режимы обработки устанавливают экспериментально для каждой детали.

Упрочняющее накатывание и раскатывание применяют для повышения твердости поверхностей валов или отверстий, а также для повышения усталостной прочности. Применяются также совмещенные методы обработки, например, нанесение на изношенную поверхность слоя металла наплавкой с последующей расточкой и раскатыванием.

При *выглаживании* в качестве деформирующих элементов используются алмазы, поскольку они имеют низкий коэффициент трения по металлу. Это позволяет при небольшом статическом усилии (50–300 Н) упрочнять детали с малой жесткостью и твердостью HRC 60–65. Поскольку алмазный индентор имеет высокую твердость и небольшой радиус (0,5–3,5 мм), то поверхность контакта имеет незначительную площадь. В результате создаются высокие контактные давления, необходимые для пластической деформации, при небольших усилиях. Режимы обработки при алмазном выглаживании следующие: радиус рабочей части индентора 0,5–3,5 мм, скорость 0,5–3,5 м/с, подача 0,02–0,1 мм/об. Для изготовления выглаживающего инструмента, помимо натуральных, используют синтетические алмазы (баллас, карбонадо), а также синтетический корунд (рубин и лейкосапфир), минералокерамику и твердые сплавы [14].

Восстановление способами сварки и наплавки

В соответствии с ГОСТ 2601–84 по технологическому признаку *сварка* – процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном нагреве, пластическом деформировании или совместном действии того

и другого. При ремонте и восстановлении сварка используется для восстановления разрушенных сварных швов, удаления трещин и сколов, прогаров и других дефектов.

В табл. 5 приведена классификация способов сварки в зависимости от вида применяемой энергии.

Таблица 5

Классификация способов сварки

Классы сварки		
Термическая	Термомеханическая	Механическая
Электродуговая, газовая, электрошлаковая, электронно-лучевая, лазерная	Контактная, диффузионная	Холодная, взрывом, магнитоимпульсная, ультразвуковая, трением

К термическим классам относятся виды сварки, осуществляемые расплавлением соединяемых элементов при использовании тепловой энергии. Источниками теплоты при этом могут являться электрическая дуга, газовое пламя, теплота, выделяемая при электрошлаковом процессе.

К термомеханическому классу относятся виды сварки, при которых используется тепловая энергия и давление, а к механическому классу – виды сварки, использующие механическую энергию и давление.

Ручная дуговая сварка (РДС) покрытыми электродами является самым распространенным методом сварки. Недостатками такого вида сварки являются невысокая производительность и зависимость качества сварного шва от квалификации сварщика. Ручная дуговая сварка покрытым электродом осуществляется следующим образом: к электроду и свариваемому изделию для возбуждения и поддержания сварочной дуги от источника питания подводится постоянный или переменный ток (рис. 44).

Дуга расплавляет металлический стержень электрода, его покрытие и основной металл. Расплавляющееся покрытие образует шлак и газы. Шлак

обволакивает капли металла, образующиеся при плавлении электродной проволоки. В сварочной ванне электродный металл смешивается с расплавленным металлом изделия, а шлак всплывает на поверхность ванны.

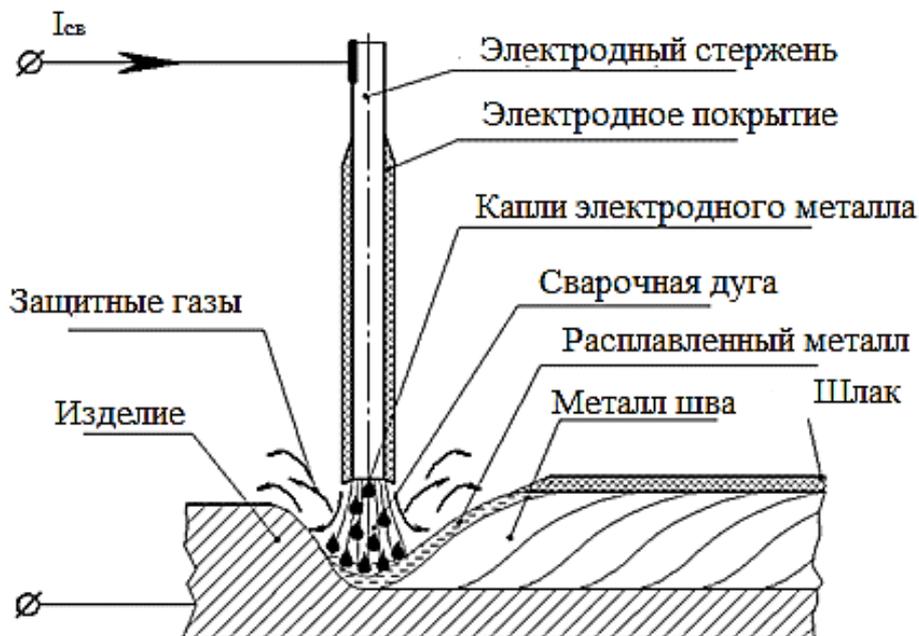


Рис. 44. Схема ручной дуговой сварки покрытым электродом

Автоматическая сварка под флюсом – самый распространенный способ механизированной дуговой сварки плавящимся электродом. Такой способ целесообразно применять в условиях серийного и массового производства для выполнения кольцевых, прямолинейных, стыковых и угловых швов протяженностью не менее 0,8 м на металле толщиной 3–100 мм со свободным входом и выходом сварочной головки.

Преимуществами сварки под флюсом являются: высокая производительность, стабильно высокое качество и хороший внешний вид сварочных соединений, высокий уровень локальной механизации сварочного процесса и возможность его комплексной автоматизации, снижение удельного расхода электродного металла и электроэнергии.

Недостатками данного способа сварки являются: возможность сварки только в нижнем положении шва, необходимость более тщательной

(по сравнению с ручной сваркой) подготовки кромок и более точной сборки деталей под сварку, невозможность сварки стыковых швов на весу, т. е. без подкладки или предварительной проварки корня шва.

Сущность процесса сварки под флюсом заключается в применении непокрытой сварочной проволоки и гранулированного флюса, насыпаемого впереди дуги слоем толщиной 30–50 мм. Схема процесса автоматической дуговой сварки под флюсом приведена на рис. 45.

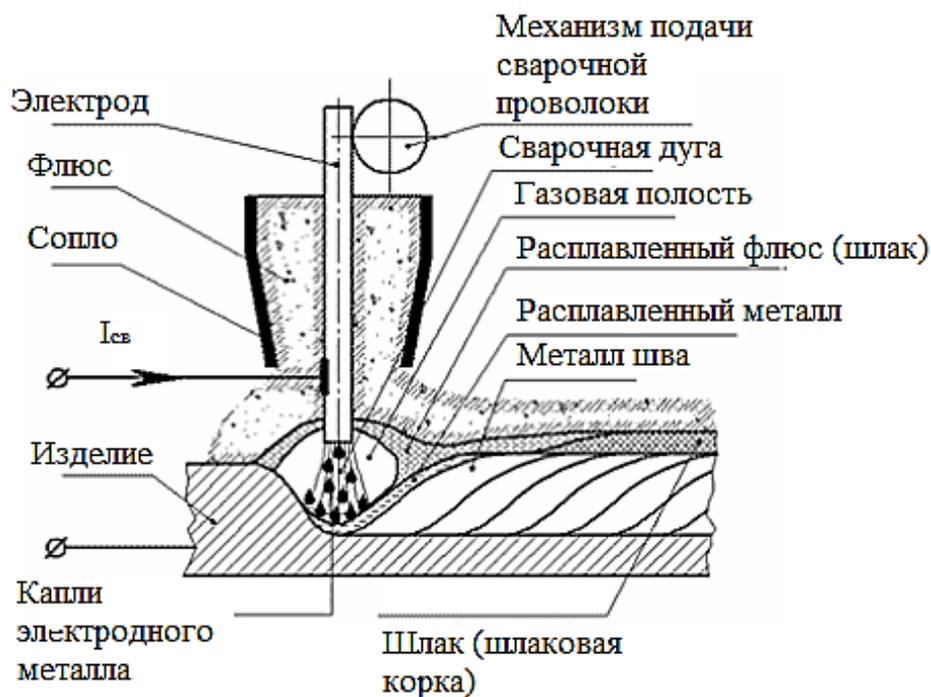


Рис. 45. Схема автоматической сварки под флюсом

Областью применения сварки под флюсом является сварка в цеховых и монтажных условиях, сварка металлов толщиной от 1,5 до 150 мм и более, а также сварка всех металлов и сплавов и возможность сварки разнородных металлов [15].

Одним из способов наращивания является *наплавка*, обеспечивающая прочное сцепление основного и наплавленного металлов. Наплавленный слой обладает высокой твердостью и износостойкостью. Стоимость детали, восстановленной наплавкой, составляет 10–30 % от стоимости изготовления новой детали.

Назначение параметров наплавки сводится к определению их сочетания, обеспечивающего необходимое качество наплавленного слоя при максимальной производительности и минимальных затратах. На процесс наплавки влияют такие параметры, как: род и полярность тока, напряжение на дуге, шаг наплавки, диаметр электрода, скорость наплавки, вылет электрода, начальная температура наплавляемой детали, ориентация электрода относительно наплавляемой детали, направление вращения наплавляемой детали, состав газовой среды и место ее подвода, расход охлаждающей жидкости.

При наплавке плавящимся электродом в защитных газах (рис. 46) сварочная ванна защищена от воздуха. Количество газа, которое необходимо подавать для оттеснения воздуха от сварочной ванны, зависит от ряда факторов: теплофизических свойств защитного газа, параметров наплавки (силы сварочного тока, напряжения на дуге, вылета электрода, скорости наплавки и т. д.) и конструкции газозащитной горелки.

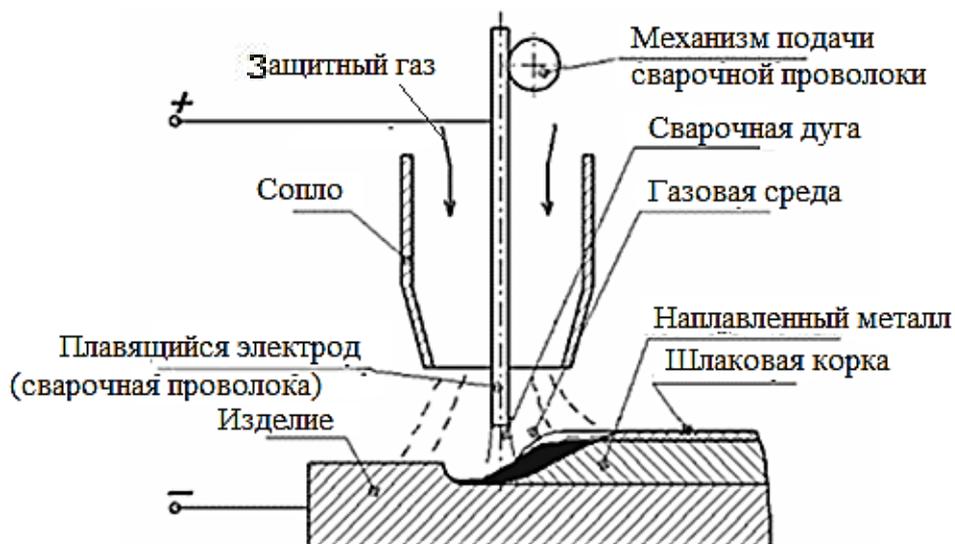


Рис. 46. Схема наплавки в защитном газе плавящимся электродом

Наплавка может проводиться как с охлаждением обработанной поверхности на воздухе, так и с применением охлаждающей жидкости. Расход охлаждающей жидкости составляет 0,5–1 л/мин. Место ее подвода влияет на качество наплавленных деталей.

Выбор механической обработки проводится с учетом условий эксплуатации наплавленной детали.

Наиболее рациональными материалами режущего инструмента могут быть твердые сплавы марок ВК8 и Т15К6. Для черновой обработки наплавленного слоя, с целью обеспечения механической прочности режущей части инструмента, рекомендуется применять отрицательные передние углы, большие положительные углы наклона главной режущей кромки (10–20°) и большие радиусы закругления при вершине (1,5–2,5 мм).

Восстановление газотермическим напылением

Формирование наносимого поверхностного слоя напылением представляет собой процесс нанесения покрытия на основу высокотемпературной скоростной струей частиц нагретого или расплавленного материала, которое при ударном взаимодействии с поверхностью основы осаждается на ней.

Основные этапы напыления: подача напыляемого материала, нагрев напыляемого материала, транспортирование нагретого материала на обрабатываемую поверхность, формирование нанесенного напылением слоя на изделие.

Нанесение покрытий газотермическим напылением имеет ряд преимуществ:

1. Обеспечивается возможность нанесения поверхностного слоя из материалов широкого диапазона составов.
2. Возможно нанесение покрытия на неметаллические материалы – стекло или полимеры.
3. Упрощаются требования к технологическому оборудованию и расширяются геометрические размеры обрабатываемых изделий.
4. Напылением возможно получение слоя относительно большой толщины – до 2 мм.
5. Возможно нанесение широкого набора напыляемых материалов, выпускаемых промышленностью.

Недостатками процесса газопламенного напыления являются:

1. Низкий КПД использования напыляемого материала при нанесении покрытий на мелкие детали.

2. Необходимость тщательной подготовки поверхности под нанесение слоя для высоконагруженных деталей.

В зависимости от вида тепловой энергии, необходимой для расплавления напыляемого материала, напыление делят на газоэнергетическое (газопламенное, детонационное) и электрическое (электродуговое, плазменное) [17].

Газопламенное напыление (рис. 47) в зависимости от вида напыляемого материала подразделяется на напыление проволокой, прутком, порошком. Факел, в котором создается необходимое температурное поле, образуется при сгорании смеси кислорода или воздуха с одним из технологических газов: ацетиленом, пропаном, водородом и др. Температура плавления при этом составляет 1500–3100 °С [16].

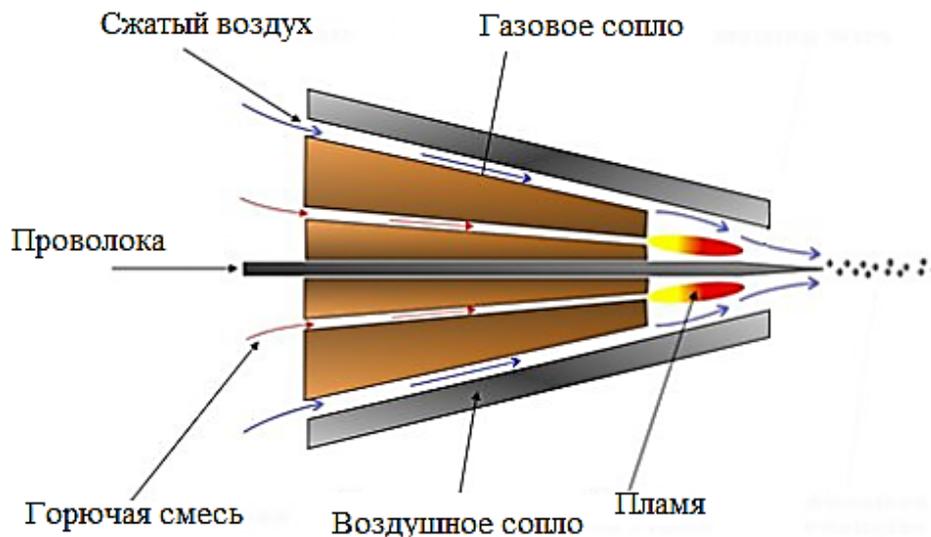


Рис. 47. Схема газопламенного напыления

Транспортирование потока частиц напыляемого материала (рис. 47) выполняется горючей смесью, а иногда и с помощью сжатого воздуха. Для повышения качества покрытия и улучшения характеристик его сцеп-

ления с основой после наплавления нанесенный слой подвергают оплавлению, для чего повторно или одновременно с напылением нагревают нанесенный слой пламенем горелки без подачи напыляемого материала.

Покрyтия более высокого качества создают путем нанесения подслоя с последующим нанесением основного слоя. По сравнению с другими рассматриваемыми методами напыления технология и оборудование газопламенного напыления довольно проста при невысокой стоимости реализации процесса. Однако качество нанесенного слоя не всегда соответствует требованиям ресурса и надежности высоконагруженных деталей в процессе эксплуатации, что ограничивает применение метода.

Дуговой металлизацией (рис. 48) называется нанесение расплавленного металла на поверхность детали. Расплавленный металл в специальном приборе – металлизаторе струей воздуха или газа распыляется на мельчайшие частицы и переносится на предварительно подготовленную поверхность детали. Нанесенный слой не является монолитным, а представляет собой пористую массу, состоящую из мельчайших окисленных частиц.

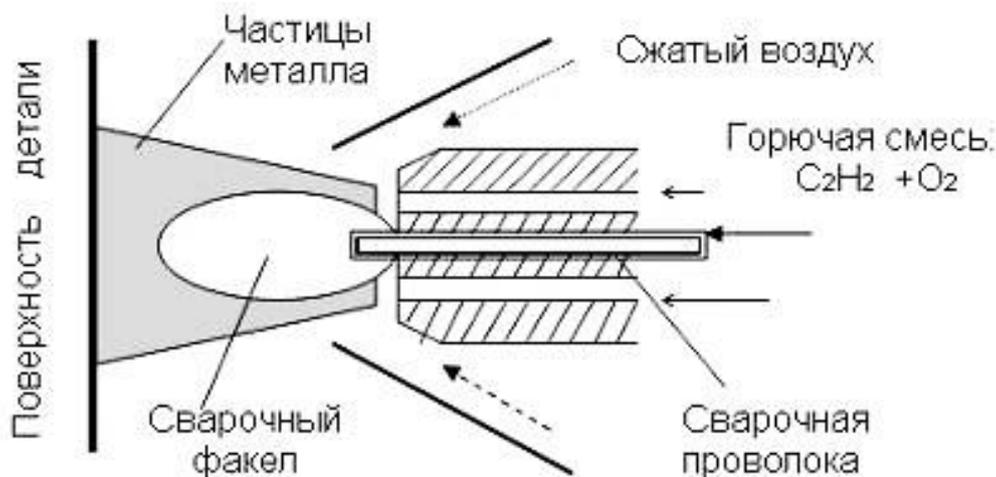


Рис. 48. Схема дуговой металлизации

Способом металлизации восстанавливают размеры посадочных мест для подшипников качения, зубчатых колес, муфт, шеек коленчатых валов и т. п. Чтобы металлизационный слой прочно соединился с поверхностью

детали, поверхность очищают от грязи и масла и подвергают пескоструйной обработке. Твердость металлизационного покрытия определяется качеством наносимого материала.

Восстановление с помощью гальванических покрытий

Для устранения воздействия коррозии применяют различные типы покрытий:

- защитные (для защиты от коррозии деталей в агрессивных средах);
- защитно-декоративные (для декоративной отделки деталей с одновременной защитой от коррозии);
- специальные (для придания поверхности детали износостойкости, твердости, электроизоляционных, магнитных свойств и др.).

Основной областью применения гальванических покрытий является восстановление деталей с небольшим износом, но с высокими требованиями к износостойкости, твердости и сплошности покрытия и прочности его соединения с основой. Гальванические покрытия наносят на восстанавливаемые поверхности клапанов, поршневых пальцев, шатунов, отверстий под подшипники в корпусных деталях и т. д.

В зависимости от видов материалов наносимых покрытий гальванические процессы подразделяются на железнение, хромирование, цинкование, кадмирование, никелирование и др. Наиболее часто в ремонтном производстве применяются железнение, хромирование и цинкование.

Железнение применяют при восстановлении наружных и внутренних поверхностей деталей, изношенных на 0,2–0,3 мм и требующих высокой поверхностной твердости. Таким способом восстанавливают трущиеся шейки и шейки под неподвижные посадки, поверхности отверстий под втулки и обоймы подшипников в стаканах и корпусных деталях и т. п.

Меднение – процесс электролитического осаждения меди на заготовку с целью защиты ее от коррозии.

Никелирование – процесс электролитического осаждения никеля на заготовку с целью защиты ее от коррозии, повышения поверхностной твердости, а также для декоративной отделки.

Цинкование – процесс электролитического осаждения цинка на заготовку с целью защиты ее от коррозии при эксплуатации в атмосферных условиях и неагрессивных средах.

Хромирование – процесс электролитического осаждения хрома на заготовку с целью защиты ее от коррозии, повышения поверхностной твердости, а также для декоративной отделки. Процесс применяют для восстановления наружных и внутренних поверхностей деталей с износами до 0,2 мм и с высокими требованиями к износостойкости.

Типовой технологический процесс нанесения гальванических покрытий состоит из следующих операций:

1. Механическая подготовка заготовок:

- очистка в растворах технических моющих средств (ТМС);
- предварительная механическая обработка (шлифование, полирование, галтовка);
- промывка органическими растворителями;
- промывка горячей и холодной водой;
- монтаж заготовок на подвески и изоляция;
- обезжиривание известью.

2. Электрохимическая подготовка заготовок:

- химическое или электрохимическое обезжиривание;
- промывка горячей и холодной водой;
- химическое травление;
- промывка горячей и холодной водой;
- анодная обработка в растворе;
- промывка и прогрев водой при температуре 55–60 °С.

3. Нанесение покрытия:

- выдержка в ванне без тока;
- «разгон» процесса электролиза;
- основной процесс электролиза.

4. Обработка заготовок после нанесения покрытия:

- промывка в дистиллированной воде;
- нейтрализация в щелочном растворе;

- промывка горячей и холодной водой;
- снятие заготовок с подвесок и изоляции;
- сушка заготовок;
- термообработка.

Служебные свойства деталей, восстановленных нанесением гальванических покрытий, определяются: прочностью соединения покрытия с поверхностью детали, твердостью, износостойкостью, внутренними напряжениями и усталостной прочностью. Наиболее критичны для указанных свойств следующие величины процесса: плотность и вид тока, вид и массовая доля составляющих электролита, температура и скорость перемещения электролита и скорость перемещения электролита у поверхности катода.

Прочность соединения покрытий с деталью зависит от подготовки восстанавливаемой поверхности, условий нанесения покрытия, структуры покрываемого материала, внутренних напряжений в покрытии и т. д.

На твердость покрытий влияют: температура, массовая доля компонентов электролита и катодная плотность тока. Однако рост твердости с повышением плотности тока происходит до определенного предела.

Наиболее износостойкими являются покрытия, имеющие достаточную твердость и вязкость. Мелкокристаллическое строение и наличие пор на поверхностях, служащих масляными резервуарами, повышает износостойкость покрытий. При восстановлении изношенных деталей гальваническими покрытиями наиболее сильное влияние будут оказывать мелкие концентраторы напряжений – трещины в покрытии и риски после механической обработки.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для выявленных в лабораторных работах № 3 и № 4 дефектов детали провести обзор методов восстановления: на каждый дефект указать по 2–3 метода восстановления. Привести их схемы, указать достоинства и недостатки.

2. Назначить на каждый дефект или группу дефектов метод восстановления. Обосновать выбор метода восстановления.
3. Оформить отчет по лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чем суть метода восстановления обработкой под ремонтный размер? Назовите достоинства и недостатки метода.
2. Какие виды дополнительных ремонтных деталей (ДРД) применяются при восстановлении?
3. Перечислите способы восстановления пластическим деформированием. Назовите их область применения.
4. В чем состоит суть правки? Назовите области применения холодной и горячей правки.
5. В чем состоит суть методов дробеструйного упрочнения, накатывания и выглаживания? Назовите их области применения.
6. Какие способы сварки существуют?
7. В чем состоит суть ручной дуговой сварки (РДС)? Назовите область применения, укажите достоинства и недостатки.
8. В чем состоит суть автоматической сварки под флюсом? Назовите область применения, укажите достоинства и недостатки.
9. В чем состоит суть наплавки? Назовите область применения, укажите достоинства и недостатки.
10. Назовите область применения газотермического напыления. Укажите достоинства и недостатки метода.
11. Перечислите виды гальванических процессов.
12. Из каких операций состоит типовой технологический процесс нанесения гальванических покрытий?

Лабораторная работа № 6

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Цель работы: разработка технологического процесса восстановления детали.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Исходные данные для разработки технологического процесса (ТП) восстановления:

1. Рабочий чертеж детали и сборочный чертеж сборочной единицы, в состав которой входит деталь.

2. Конкретные условия производства, имеющееся технологическое оборудование, мощности по проектированию и производству специальных приспособлений и инструментов.

3. Технологический процесс производства детали (для обеспечения преемственности процессов изготовления и восстановления деталей).

Возможна разработка единичного ТП для восстановления отдельных деталей, создание типового ТП для восстановления сходных по конструкции деталей. При создании производственных мощностей по восстановлению детали следует ориентироваться на использование типовых ТП, т. к. это обеспечивает широкую номенклатуру восстанавливаемых деталей и, следовательно, более высокую экономическую эффективность производства.

Проектирование ТП восстановления осуществляется в несколько этапов:

1. Определение типа производства (единичное, серийное или массовое).
2. Анализ конструкции детали по чертежам и техническим условиям.

3. Выбор технологических баз.
4. Выбор способов восстановления.
5. Составление технологического маршрута детали.
6. Разработка технологических операций.
7. Расчет точности, производительности и экономической эффективности разработанного ТП.

При выборе способа ремонта деталей учитывают условия работы и величину износа детали, форму, размеры, материал детали и возможность термической обработки, производственные возможности предприятия, себестоимость ремонта.

Если деталь можно восстановить с использованием нескольких способов, то следует отдавать предпочтение наиболее экономичному, при котором достигается максимальный межремонтный срок службы детали. Критерием технико-экономической целесообразности восстановления деталей может служить удельная себестоимость ремонта на единицу времени работы детали.

Наиболее рациональным будет тот способ ремонта детали, при котором удельная себестоимость на единицу времени работы детали будет иметь наименьшую величину.

Для предварительного выбора способа восстановления деталей их можно разделить на десять наиболее характерных групп:

I группа – прецизионные пары топливной дизельной аппаратуры. Характерными представителями этой группы являются детали плунжер и гильза, изготавливаемые из сталей ШХ15, ХВГ. Эти детали подвергают термической обработке, после которой твердость достигает 60 ед. по НВ. Они имеют относительно небольшие размеры и несложную конфигурацию, а предельный износ составляет десятки микрон. Наиболее рациональным способом восстановления прецизионных пар является гальваническое хромирование или химическое никелирование плунжеров.

II группа – цилиндрические стальные детали (валы, оси), имеющие износ посадочных мест под кольца шариковых и роликовых подшипников. Предельный износ таких деталей не превышает 0,3 мм. Восстанавливают посадочные места валов и осей гальваническим хромированием, осталиванием и электромеханической обработкой. При больших величинах износа используют вибродуговую наплавку.

III группа – цилиндрические стальные детали, имеющие предельный износ до 2 мм (оси катков, пальцы рабочих органов, резьбы на концах деталей и другие). Эти детали целесообразно восстанавливать вибродуговой наплавкой.

IV группа – цилиндрические стальные детали, имеющие предельный износ более 2 мм (поддерживающие и опорные катки, ведущие и направляющие колеса и другие). Наиболее эффективным способом восстановления таких деталей является автоматическая наплавка под слоем флюса.

V группа – стальные и бронзовые детали, износ которых можно компенсировать конструктивным запасом металла самой детали (поршневые пальцы, всасывающие и выпускные клапаны, шестерни, штанги толкателей, втулки, шаровые опоры и другие). Эти детали можно восстанавливать за счет пластического деформирования в горячем или холодном состоянии.

VI группа – стальные детали, имеющие местный износ нецилиндрических поверхностей (шлицы, коромысла клапанов, беговые дорожки гусениц и др.). Шлицевые поверхности целесообразно восстанавливать вибродуговой наплавкой, автоматической наплавкой под слоем флюса, а также за счет пластического деформирования. Беговые дорожки гусениц целесообразно восстанавливать автоматической наплавкой под слоем флюса.

VII группа – чугунные детали, имеющие местный износ и трещины (головки цилиндров, корпуса водяных насосов, всасывающие и выхлоп-

ные коллекторы и другие детали). Такие детали в большинстве случаев ремонтируют газовой наплавкой или сваркой при общем нагреве.

VIII группа – чугунные корпусные детали, имеющие трещины и пробоины (блоки цилиндров, корпуса коробок перемены передач, редукторов и мостов, внутренние балансиры, передние брусья тракторов и другие детали). Такие детали ремонтируют электрической или газовой сваркой. Малоответственные места заполняют эпоксидными пастами с наложением заплат из стеклоткани.

IX группа – детали из алюминиевых сплавов, имеющие трещины, обломы, пробоины и другие дефекты (головки цилиндров двигателей, корпусные детали механизированного инструмента и другие). Эти детали восстанавливают газовой сваркой с применением присадочных прутков из соответствующих алюминиевых сплавов и специальных флюсов – раскислителей.

X группа – пружины, рессоры. Пружины восстанавливают в растянутом состоянии за счет накатки поверхности витков фасонными роликами. Рессорные листы восстанавливают за счет наклепа поверхности стальной дробью.

Таким образом, при выборе оптимальной технологии восстановления конкретной номенклатуры деталей необходимо предусмотреть решение комплекса вопросов, отражающих условия производственной деятельности предприятия, его тип, форму организации и учитывающих объем и конструктивно-технологическую классификацию восстановления деталей, транспортные затраты.

На данном этапе проектирования ТП необходимо решить следующие задачи:

Определение рациональной последовательности операций. При решении этой задачи следует проанализировать изменения свойств и параметров детали вследствие применения того или иного метода восстановления, т. к. это может повлечь за собой необходимость включения в ТП дополни-

тельных операций. Часто бывает нужно подготовить поврежденные поверхности к операциям восстановления механической или химической обработкой (например, рассверливание отверстия для установки дополнительной ремонтной детали, обезжиривание и декапирование поверхностей перед нанесением гальванического покрытия). После проведения восстановления деталь подвергается механической обработке.

Выбор оборудования и оснастки осуществляется таким образом, чтобы обеспечить должное качество обработки и оптимальную производительность при минимальных затратах на покупку нового оборудования или модернизацию имеющегося. Следует учитывать объем программы выпуска, тип производства. В условиях крупных авторемонтных предприятий возможно применение высокотехнологичных комплексов, обрабатывающих центров, производственных линий. В условиях же небольших объемов производства установка такого оборудования нерациональна: следует выбирать универсальное оборудование, которое можно использовать для восстановления широкой номенклатуры деталей. Выбор инструмента и оснастки также следует выполнять в зависимости от вышеперечисленных факторов. Если номенклатура восстанавливаемых деталей узка (используется 1–3 типовых процесса), целесообразно использовать специальные приспособления и инструмент.

Расчет режимов обработки. При выборе способа обработки, расчете припусков и режимов резания следует руководствоваться точностными характеристиками восстанавливаемых параметров. При этом можно использовать технологический процесс изготовления детали. Сначала устанавливаются исходные данные для расчета режимов обработки и нормирования труда (допуски на размеры, отклонения формы и расположения, величина шероховатости, требования к свойствам материала детали). При расчете режимов резания рассчитываются припуски на обработку и межоперационные припуски. Припуск на обработку используется при определении режимов восстановления, т. к. такой припуск определяет требуемую толщину наращивания материала.

Пример разработки технологического процесса восстановления

В качестве примера рассмотрим технологический процесс восстановления корпуса насоса (рис. 49).

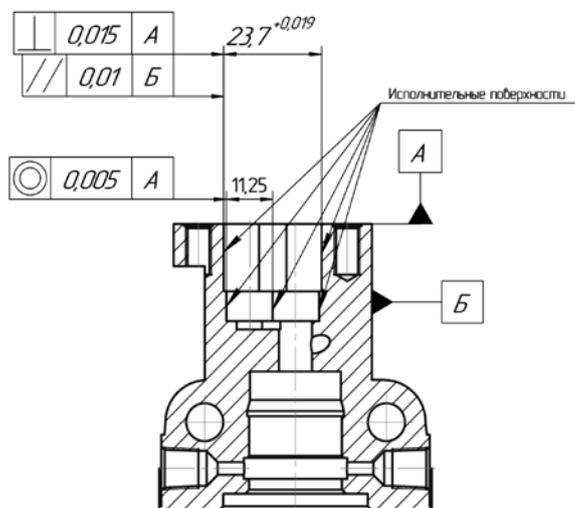


Рис. 49. Корпус насоса 726В

Корпус является основной частью агрегата 726В – насос пусковой топливный, шестеренчатого типа, приводимый в действие от электродвигателя Д-102ТФ, 2-я серия. Агрегат предназначен для подачи пускового топлива при запуске энергоузла.

Служебное назначение корпуса насоса 726В:

- размещать основные детали насоса (шестеренчатая пара, подпятники);
- принимать через входной канал топливо под давлением от качающего насоса;
- выпускать топливо через выходной канал под давлением;
- выдерживать величину входного и выходного давления топлива.

Возможные нагрузки на корпус в процессе работы агрегата:

- трение шестеренчатой пары о стенки колодцев;
- внешнее воздействие температуры и иных физических факторов (конденсат, песок, различные мелкие частицы).

В результате дефектации были выявлены следующие повреждения детали:

1. Забоины, царапины, риски по всем поверхностям корпуса.
2. Срыв резьбы под штуцера.
3. Забоины, царапины, срыв резьбы шпилек.
4. Нарушение лакокрасочного покрытия.

В табл. 6 приведены способы ремонта, а также инструмент и приспособления, применяемые при ремонте.

Таблица 6

Способы ремонта и применяемый инструмент

Наименование детали	Описание дефекта	Способ ремонта	Инструмент и приспособления
Корпус	Забоины, царапины, риски по всем поверхностям корпуса	Поверхности тщательно очистить от следов старой краски и грунтовки, зачистить шлифовальной шкуркой и промыть ацетоном, затем обдуть сухим сжатым воздухом	Шабер трехгранный Шкурка шлифовальная МС 725×50 СС 15А.5А2 ГОСТ 5009–82
	Срыв резьбы под штуцера, не более одной нитки	Прокалибровать резьбу	Метчик М16×1,5 Метчик М10 Метчик К1/8''
	Забоины, царапины, срыв резьбы шпилек	Установить корпус в тиски, вывернуть шпильки. При замене шпилек обеспечить натяг по посадке УТ. Обеспечить вылет шпилек 12±0,5 мм	Тиски с мягкими губками Ключ торцовый М6 Штангенциркуль ГОСТ 166–89
	Нарушение лакокрасочного покрытия	Нанести плотный слой грунта АК-070 и просушить при температуре 18–35 °С в течение 30–60 минут. Нанести молотковую эмаль МЛ-165 ГОСТ 12034–66 и просушить при температуре 150 °С в течение 3–4 часов	Печь муфельная

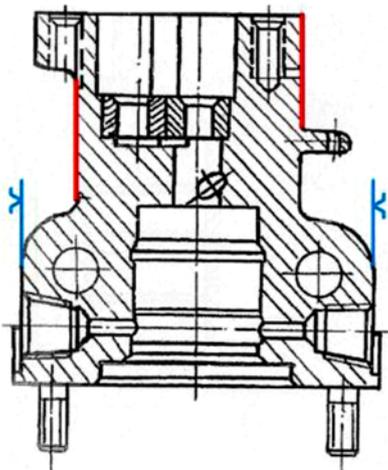
Выбранные методы являются оптимальными, потому что:

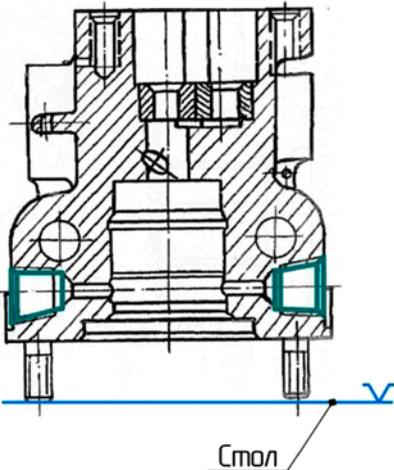
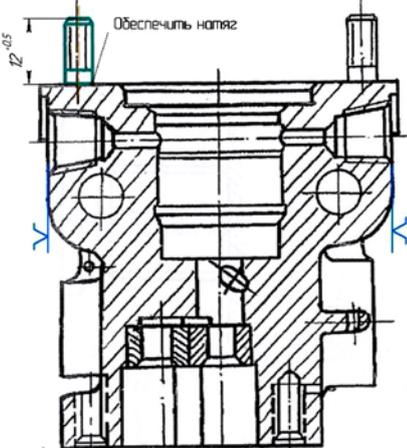
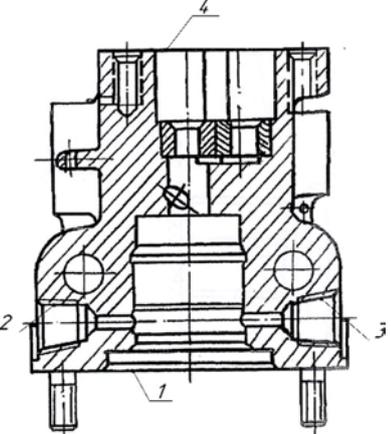
- максимально технологичны;
- требуют минимальных затрат времени;
- большинство приспособлений, применяемых при данных методах, являются стандартными;
- требуют минимальное количество технологического оборудования.

В табл. 7 приведен технологический процесс восстановления корпуса насоса.

Таблица 7

Технологический процесс восстановления детали корпус

№ п/п	Наименование операции	Операционный эскиз	Оборудование, приспособления, инструмент, материалы
1	Очистка и промывка корпуса		Ванны для промывки Моющая машина
2	Контроль после промывки		Белая салфетка Лупа
3	Ремонт наружной поверхности корпуса		Тиски Шабер трехгранный Шкурка шлифовальная МС 725×50 СС 15А.5А2 ГОСТ 5009–82 Ацетон ГОСТ 2768–84 Воздушный компрессор

№ п/п	Наименование операции	Операционный эскиз	Оборудование, приспособления, инструмент, материалы
4	Восстановление резьбы под штуцера		Метчик М10 Метчик К1/8'' (для нарезания конической резьбы) Державка Стол-верстак
5	Замена шпилек		Тиски с мягкими губками Ключ торцовый М6 Штангенциркуль ГОСТ 166–89 Резьбовой клей
6	Восстановление лакокрасочного покрытия		Грунтовка АК-070 Палочки одноразовые Пульверизатор Покрасочная камера Краска МЛ-165 Печь муфельная
7	Контроль		Лупа

При разработке технологического процесса восстановления на операционных эскизах обрабатываемые поверхности изображаются утолщенной линией, указываются технологические базы, получаемые при восстановлении размеры и шероховатость обрабатываемых поверхностей.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. Для детали, полученной в лабораторной работе № 1, разработать технологический процесс восстановления, основываясь на примере в табл. 7.
2. В технологическом процессе указать операцию очистки с использованием метода очистки, назначенного в лабораторной работе № 2.
3. В технологическом процессе использовать выбранные в лабораторной работе № 5 способы восстановления.
4. На операционных эскизах указать технологические базы, обрабатываемые размеры, шероховатость обрабатываемых поверхностей, применяемое оборудование и технологическую оснастку.
5. Составить отчет по лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие исходные данные необходимы для разработки технологического процесса восстановления?
2. Перечислите этапы проектирования технологического процесса восстановления.
3. Что учитывают при выборе способа ремонта деталей?
4. Какими способами восстанавливают цилиндрические стальные детали (валы, оси), имеющие износ?
5. Какими способами восстанавливают стальные детали, имеющие местный износ нецилиндрических поверхностей (шлицы, коромысла клапанов, беговые дорожки гусениц и др.)?
6. Какими способами восстанавливают чугунные детали, имеющие местный износ и трещины?

7. Какими способами восстанавливают детали из алюминиевых сплавов, имеющие трещины, обломы, пробоины и другие дефекты?

8. Каким образом определяется рациональная последовательность операций для ТП восстановления?

9. Каким образом осуществляется выбор оборудования и оснастки для ТП восстановления?

10. Каким образом осуществляется расчет режимов обработки для ТП восстановления?



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цели лабораторного практикума – закрепление студентами теоретических знаний, полученных во время лекций, а также получение практических навыков по назначению методов очистки изделий от загрязнений, проведению визуального осмотра, контролю геометрических параметров, разработке технологического процесса восстановления изделий машиностроения.

В процессе выполнения лабораторных работ студенты изучают методы определения скрытых дефектов, способы восстановления деталей, а также учатся назначать тот или иной способ восстановления для конкретных дефектов деталей.

Лабораторный практикум выполняется по индивидуальному графику бригадами, состоящими из 2–3 студентов. За период обучения студент выполняет 6 лабораторных работ, предложенных в данном практикуме.

К промежуточной аттестации студентов по дисциплине «Технология восстановления и ремонт машин» могут привлекаться в качестве внешних экспертов представители работодателей, преподаватели дисциплин «Основы технологии машиностроения» и «Технология машиностроения», представители кафедры «Технология машиностроения».

Представленный теоретический материал является для студентов доступным для понимания и полезным для дальнейшего применения в будущей профессии. Для расширенного изучения вопросов разработки технологических процессов восстановления и ремонта можно воспользоваться литературой, приведенной в списке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология ремонта машин : учеб. для вузов / Е. А. Пучин [и др.] ; под ред. Е. А. Пучина. – Москва : КолосС, 2007. – 487, [1] с. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – ISBN 978-5-9532-0456-9.

2. Технологичность конструкции изделия : справ. / Ю. Д. Амиров, Т. К. Алферова, П. Н. Волков [и др.] ; под ред. Ю. Д. Амирова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1990. – 768 с. – (Библиотека конструктора). – ISBN 5-217-01121-1.

3. Логинов, В. Е. Ремонт агрегатов реактивных двигателей : справ. пособие / Вас. Е. Логинов, Вл. Е. Логинов, В. И. Тихомиров ; под ред. Вас. Е. Логинова. – Москва : Изд-во МАИ, 1994. – 367 с. – ISBN 5-7035-0504-6.

4. Технология машиностроения : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности «Технология машиностроения» / Л. В. Лебедев [и др.]. – Москва : Академия, 2006. – 526 с. – (Высшее профессиональное образование. Машиностроение). – ISBN 5-7695-2291-7.

5. Белянин, П. Н. Промышленная чистота в машиностроении / П. Н. Белянин, В. Н. Данилов. – Москва : Машиностроение, 1982. – 224 с.

6. Малкин, В. С. Техническая эксплуатация автомобилей: теоретические и практические аспекты : учеб. пособие для вузов / В. С. Малкин. – Москва : Академия, 2007. – 287 с. – (Высшее профессиональное образование). – ISBN 978-5-7695-3191-0.

7. Дегтерев, Г. П. Применение моющих средств / Г. П. Дегтерев. – Москва : Колос, 1981. – 240 с.

8. Трубопроводный транспорт нефти : учеб. для вузов : в 2 т. / под ред. С. М. Вайнштока. – Москва : Недра, 2004. – (Высшее образование). – Т. 2 / С. М. Вайншток, В. В. Новоселов, А. Д. Прохоров [и др.]. – 620 с. – ISBN 5-8365-0175-0.

9. Неразрушающий контроль и диагностика : справ. / В. В. Клюев, Ф. Р. Соснин, А. В. Ковалев [и др.] ; под ред. В. В. Клюева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 2003. – 656 с. – ISBN 5-217-03178-6.

10. Каневский, И. Н. Неразрушающие методы контроля : учеб. пособие / И. Н. Каневский, Е. Н. Сальникова ; Дальневосточный гос. техн. ун-т (ДВПИ им. В. В. Куйбышева). – Владивосток : Изд-во ДВГТУ, 2007. – 241 с. – (Инновационная образовательная программа ДВГТУ). – ISBN 978-5-7596-0738-0.

11. Надежность и ремонт машин : учеб. для студентов вузов / В. В. Курчаткин, Н. Ф. Тельнов, К. А. Ачкасов [и др.] ; под ред. В. В. Курчаткина. – Москва : Колос, 2000. – 775 с. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – ISBN 5-10-003278-2.

12. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий : справ. : в 2 кн. / под ред. В. В. Клюева. – Москва : Машиностроение, 1976. – Кн. 1 / А. С. Боровиков, В. И. Горбунов, А. К. Гурвич [и др.]. – 391 с.

13. Авдеев, М. В. Технология ремонта машин и оборудования / М. В. Авдеев, Е. Л. Воловик, И. С. Ульман. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 247 с.

14. Лавринович, М. Ф. Повышение износостойкости деталей автомобилей / М. Ф. Лавринович, М. М. Шустерняк. – Минск : Беларусь, 1985. – 142 с.

15. Лившиц, Л. С. Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений / Л. С. Лившиц, А. Н. Хакимов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1989. – 336 с. – ISBN 5-217-00438-X.

16. Сварка высокопрочных титановых сплавов / С. М. Гуревич [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1975. – 148 с.

17. Еремин, Е. Н. Плазменно-дуговые технологические процессы в сварочном производстве : учеб. пособие для вузов / Е. Н. Еремин ; Ом. гос. техн. ун-т. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2000. – 275 с. – ISBN 5-8149-0048-2.