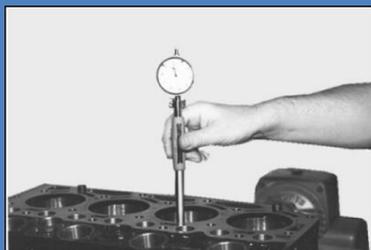


С. М. ВЕДИЩЕВ, А. В. ШЕМЯКИН,
Ю. Е. ГЛАЗКОВ, А. В. ПРОХОРОВ,
Н. В. ХОЛЬШЕВ, А. В. МИЛОВАНОВ,
И. И. РУДЕНКО, Н. В. АНИКИН,
С. Н. КУЛИК, И. Н. НИКОЛОТОВ

ДЕФЕКТАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ



Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2025

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

**С. М. ВЕДИЩЕВ, А. В. ШЕМЯКИН, Ю. Е. ГЛАЗКОВ,
А. В. ПРОХОРОВ, Н. В. ХОЛЬШЕВ, А. В. МИЛОВАНОВ,
И. И. РУДЕНКО, Н. В. АНИКИН,
С. Н. КУЛИК, И. Н. НИКОЛОТОВ**

ДЕФЕКТАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

Учебное пособие содержит сведения, необходимые для формирования профессиональных компетенций при подготовке бакалавров по направлению 35.03.06 Агроинженерия и рекомендуется Федеральным УМО для использования в учебном процессе

Учебное электронное издание



Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2025

УДК 631.3(075)
ББК П072я73-1
Д39

Рецензенты:

Кандидат технических наук, руководитель кузовного цеха
ООО «Тамбов Авто»
П. А. Чепеняк

Заместитель начальника Территориального отдела государственного
автодорожного надзора по Тамбовской области
С. О. Дмитриева

Д39 **Дефектация** и технология восстановления деталей авто-
тракторной техники [Электронный ресурс] : учебное пособие /
С. М. Ведищев, А. В. Шемякин, Ю. Е. Глазков, А. В. Прохоров,
Н. В. Хольшев, А. В. Милованов, И. И. Руденко, Н. В. Аникин,
С. Н. Кулик, И. Н. Николотов. – Тамбов : Издательский центр
ФГБОУ ВО «ТГТУ». – 2025. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). –
Системные требования : ПК не ниже класса Pentium IV ;
RAM 512 Mb ; необходимое место на HDD 4,8 Mb ; Windows
7/8/10/11 ; дисковод CD-ROM ; мышь. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-8265-2859-4

Описаны теоретические аспекты вопросов дефектации и обзор
возможных способов восстановления деталей автотракторной техники.
Приведены методики обработки результатов дефектации сопряжений
и нормирования работ по восстановлению деталей, а также примеры
обработки результатов дефектации некоторых сопряжений и расчетов
по нормированию работ по восстановлению гильз цилиндров и шеек
коленчатых валов.

Предназначено для подготовки бакалавров по направлению
35.03.06 Агроинженерия.

УДК 631.3(075)
ББК П072я73-1

*Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Незаконное копирование и использование данного продукта запрещено.*

ISBN 978-5-8265-2859-4 © Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный технический
университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2025

ВВЕДЕНИЕ

Обязательным условием качественного функционирования служб технической эксплуатации автомобилей является наличие квалифицированного персонала, обладающего необходимым уровнем сформированности профессиональных компетенций.

Настоящее учебное пособие призвано привить студентам навыки практического использования знаний в области дефектации и дефектоскопии автотракторной техники, полученных в процессе обучения в университете, рационального использования практического опыта работы на автотранспортных и авторемонтных предприятиях, а также помочь в подготовке к выполнению выпускной квалификационной работы.

Данное учебное пособие подготовлено в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами для подготовки бакалавров по направлениям 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» и 35.03.06 «Агроинженерия», а также специалистов по направлению 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».

Учебное пособие содержит методики дефектации деталей и снабжено необходимым справочным материалом, что облегчает проведение расчетов по анализу результатов дефектации.

Пособие позволит студенту осуществить углубление и закрепление теоретических и практических знаний, систематизировать знания по решению вопросов дефектации деталей, а также сформировать навыки самостоятельного принятия решения и его технического обоснования в соответствии с рекомендациями нормативной и справочной литературы о состоянии детали.

В условиях ограниченной возможности поиска справочно-нормативной информации, вызванной резким сокращением специальной литературы, настоящее издание поможет студентам сократить время на поиск справочных параметров деталей и сопряжений, ускорить выполнение курсового и дипломного проектирования.

Освоение представленного в учебном пособии материала позволит специалисту эффективно решать многие задачи, связанные с процессом последующего восстановления отdefектованных деталей машин.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДЕФЕКТАЦИИ

1.1. СУЩНОСТЬ ПРОЦЕССА ДЕФЕКТАЦИИ И СОРТИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ

После тщательной мойки и очистки от загрязнений детали автомобиля проходят процедуру дефектации, которая представляет собой процесс проверки в целях выявления возможных неисправностей. Под дефектом понимается любое несоответствие характеристик детали установленным техническим условиям или параметрам рабочего чертежа.

Основные задачи процесса дефектации и последующей сортировки включают:

- контроль деталей для оценки их текущего технического состояния;
- сортировку деталей на три группы: годные для дальнейшего использования, подлежащие восстановлению и негодные;
- сбор данных о результатах проведенной дефектации и сортировки для последующего анализа и улучшения производственных процессов, а также расчета таких показателей, как коэффициент годности, частота замены и процент восстановленных компонентов;
- распределение деталей по маршрутам для проведения необходимых ремонтных операций.

Процессы дефектации и сортировки деталей играют ключевую роль в обеспечении эффективности и качества ремонтных работ. Эти операции должны выполняться строго в соответствии с установленными техническими требованиями.

Результаты проведенной дефектации и сортировки оформляют посредством маркировки деталей специальной краской. Годные к дальнейшему использованию детали помечают зеленой краской, непригодные – красной, а те, которые требуют восстановительных мероприятий, – желтой. После завершения процедуры дефектации годные детали передаются на комплектовочный участок предприятия, где они используются при сборке агрегатов и автомобилей. Негодные детали отправляются на утилизационный склад. Детали, требующие восстановления, после определения оптимального маршрута ремонта поступают на соответствующие участки для проведения восстановительных работ.

1.2. ВИДЫ ДЕФЕКТОВ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА

Ошибки конструирования, нарушения технологического процесса производства, технического обслуживания и ремонта автомобилей, а также эксплуатация приводят к возникновению дефектов.

Дефекты деталей по месторасположению можно подразделить на локальные (трещины, риски и т.д.), дефекты во всем объеме или по всей поверхности (несоответствие химического состава, качества механической обработки и т.д.), дефекты в ограниченных зонах объема или поверхности детали (зоны неполной закалки, коррозионного поражения, местный наклеп и т.д.). Данное местонахождение дефекта может быть внутренним (глубинным) и наружным (поверхностным и подповерхностным).

По возможности исправления дефекты классифицируют на устранимые и неустраняемые. Устраняемый дефект технически возможно и экономически целесообразно исправить. В противном случае это неустраняемый дефект.

По отражению в нормативной документации дефекты делят на скрытые и явные. Скрытый дефект – дефект, для выявления которого в нормативной документации не предусмотрены необходимые правила, методы и средства контроля. В противном случае это явный дефект.

По причинам возникновения дефекты подразделяют на конструктивные, производственные, эксплуатационные.

Конструктивные дефекты – это несоответствие требованиям технического задания или установленным правилам разработки (модернизации) продукции. Причины таких дефектов – ошибочный выбор материала изделия, неверное определение размеров деталей, режима термической обработки. Эти дефекты являются следствием несовершенства конструкции и ошибок конструирования.

Производственные дефекты – несоответствие требованиям нормативной документации на изготовление, ремонт или поставку продукции. Производственные дефекты возникают в результате нарушения технологического процесса при изготовлении или восстановлении деталей.

Эксплуатационные дефекты – это дефекты, которые возникают в результате изнашивания, усталости, коррозии деталей, а также неправильной эксплуатации. Наиболее часто встречаются следующие эксплуатационные дефекты: изменение размеров и геометрической формы рабочих поверхностей, нарушение требуемой точности взаимного расположения рабочих поверхностей, механические повреждения, коррозионные повреждения, изменение физико-механических свойств материала деталей.

К числу наиболее распространенных дефектов деталей относятся следующие:

- изменение размеров и геометрической формы рабочих поверхностей;
- нарушение точности взаимного расположения рабочих поверхностей на детали;
- механические повреждения;
- коррозионные повреждения;
- изменение физико-механических свойств материала деталей.

Изменение размеров рабочих поверхностей деталей происходит в результате их изнашивания. При неравномерном изнашивании возникают различные погрешности в геометрической форме рабочих поверхностей детали в виде овальности, конусности.

В качестве примера рассмотрим особенности изнашивания двух наиболее ответственных деталей двигателя: гильзы цилиндров и коленчатого вала.

В гильзе цилиндров изнашивается ее внутренняя, рабочая поверхность. В результате износа увеличивается диаметр рабочей поверхности гильзы, а форма ее искажается. Внутренняя поверхность гильзы по длине приобретает форму неправильного конуса, а по окружности – форму овала. Наибольший износ гильзы цилиндров наблюдается в верхней ее части, в зоне трения верхнего компрессионного кольца (рис. 1.1).

Это объясняется тем, что при сгорании топлива в верхней части гильзы резко повышаются температура и давление газов. Газы проникают под поршневые кольца, что повышает их давление на поверхность гильзы. Под действием высокой температуры ухудшаются условия смазки верхней части гильзы, так как происходит разжижение масляной пленки. Кроме того, смазка частично смывается рабочей смесью. При сгорании топлива образуются газы, содержащие углекислые и сернистые соединения. Эти газы с парами воды образуют серную и угольную кислоты, которые создают условия для коррозионного износа.

Причиной появления овальности рабочей поверхности гильзы является неравномерное давление поршня на стенки гильзы. В плоскости, перпендикулярной к оси поршневого пальца, это давление больше, поэтому и износ гильзы в этой плоскости выше. Образованию овальности гильзы способствуют также деформации блока цилиндров, возникающие вследствие неправильной затяжки болтов крепления головки цилиндров и неравномерного нагрева блока цилиндров при работе двигателя.

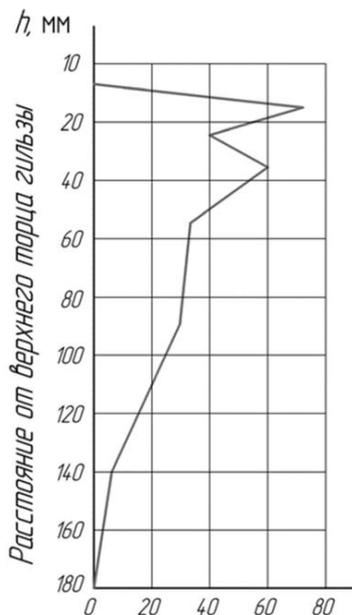


Рис. 1.1. Диаграмма износа гильзы цилиндра

Коленчатый вал двигателя в процессе работы подвергается действию циклических нагрузок от давления рабочих газов, сил инерции поступательно движущихся и вращающихся частей. В этих условиях коренные и шатунные шейки коленчатого вала подвергаются износу.

Неравномерность нагрузок, действующих на шейки коленчатого вала, вызывает неравномерный их износ по окружности. Так, наибольший износ шатунных шеек имеет место со стороны, обращенной к оси коренных шеек вала. Это объясняется тем, что на эту сторону шейки постоянно действуют инерционные силы.

Нарушение точности взаимного расположения рабочих поверхностей является одним из весьма распространенных дефектов автомобильных деталей. Этот дефект обычно проявляется в виде нарушения расстояния между осями цилиндрических поверхностей, непараллельности или неперпендикулярности осей и плоскостей, несоосности цилиндрических поверхностей и т.п.

Причинами появления этих дефектов являются: неравномерный износ рабочих поверхностей; внутренние напряжения, возникающие в деталях при их изготовлении; остаточные деформации от чрезмерных эксплуатационных нагрузок на детали и др.

Так, например, в коленчатом валу двигателя в результате деформаций от действующих нагрузок и неравномерного износа шеек могут иметь место такие дефекты, как несоосность (взаимное биение) коренных шеек, непараллельность коренных и шатунных шеек, перпендикулярность фланца крепления маховика к оси коленчатого вала, изменение радиуса кривошипа.

Наиболее часто дефекты, связанные с нарушением взаимного положения рабочих поверхностей, имеют место в корпусных деталях. Так, в блоках цилиндров вследствие их деформации в процессе эксплуатации появляются такие дефекты, как несоосность отверстий в опорах под коленчатый вал, перпендикулярность оси этих отверстий и оси отверстий под втулки распределительного вала, нарушение расстояния между этими осями, непараллельность осей отверстий в посадочных поясах под гильзы цилиндров к оси коленчатого вала и др.

Все эти дефекты нарушают нормальную работу агрегатов, так как вызывают перекосы деталей и, следовательно, дополнительные динамические нагрузки, ускоряющие их износ. Поэтому при дефектации и сортировке деталей их необходимо выявлять, а в процессе ремонта устранять.

Механические повреждения в деталях возникают при воздействии на них в процессе эксплуатации нагрузок, превышающих допустимые, а также вследствие усталости материала. К числу механических повреждений относятся: трещины, пробоины, изломы и деформации (изгиб, скручивание, коробление).

Трещины в большинстве случаев возникают вследствие усталости материала деталей, работающих в условиях циклических знакопеременных нагрузок. Наиболее часто они появляются в деталях рамы, кузовах, коленчатых валах, поворотных цапфах, рессорах и многих других деталях. Чаще всего трещины усталости развиваются на поверхности деталей в местах концентрации напряжений (у отверстий, в галтелях и т.п.). Размеры трещин по ширине колеблются в больших пределах: от видимых невооруженным глазом до микроскопических, которые обнаруживают с помощью специальных приборов.

Поломки деталей могут возникать вследствие усталости металла, но причиной их могут быть также большие ударные нагрузки.

Деформации возникают в деталях в результате динамических нагрузок и наблюдаются в таких деталях, как коленчатые валы, шатуны, карданные валы, балки передних мостов, детали рам и кузовов.

Коррозионные повреждения образуются на деталях в результате химического или электрохимического взаимодействия металла с коррозионной средой и появляются в виде сплошных окисных пленок или в виде местных повреждений (пятен, раковин и точек). Воздействию коррозии подвергаются многие детали автомобилей.

Изменение физико-механических свойств материала деталей в процессе эксплуатации автомобилей выражается наиболее часто в снижении твердости и упругих свойств.

Изменение свойств деталей может произойти в результате их нагрева в процессе работы до температуры, влияющей на термообработку, а также вследствие износа поверхностного слоя, упрочненного методами химико-термической обработки.

Упругие свойства деталей снижаются вследствие усталости материала, из которого они изготовлены. Этот дефект часто возникает в таких деталях, как пружины клапанов и рессоры.

1.3. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ДЕФЕКТАЦИЮ ДЕТАЛЕЙ

При дефектации и сортировке деталей руководствуются техническими условиями, которые содержатся в руководствах по капитальному и текущему ремонту.

Технические условия на дефектацию деталей составляются в виде карт, которые по каждой детали в отдельности содержат следующие сведения: общие сведения о детали, перечень возможных ее дефектов, способы выявления дефектов, допустимые размеры детали при ее использовании без ремонта и рекомендуемые способы восстановления ресурса детали.

Общие сведения о детали включают ее эскиз с указанием месторасположения дефектов, основные размеры детали, материал и твердость основных поверхностей. Все эти сведения о детали могут быть получены из рабочего чертежа.

Возможные дефекты детали обычно устанавливают на основе опыта эксплуатации и ремонта автомобилей аналогичных моделей.

Способы выявления дефектов назначают по опыту работы автомобилестроительных и авторемонтных предприятий с учетом научно-исследовательских работ, проводимых в нашей стране по разработке новых методов дефектации деталей.

При рекомендации способов устранения дефектов также опираются на богатый опыт по технологии восстановления деталей, накопленный отечественными и зарубежными авторемонтными предприятиями.

Наибольшую сложность при разработке технических условий на дефектацию деталей представляет определение величины допустимого размера детали.

Допустимый размер детали можно определить, если известна величина допустимого ее износа. Так, например, допустимый диаметр вала при капитальном ремонте автомобиля

$$d_{\text{доп}} = d_n - I_{\text{доп}}, \quad (1.1)$$

где d_n – номинальный диаметр вала, мм; $I_{\text{доп}}$ – величина допустимого износа вала, мм.

Допустимым износом детали называется такой ее износ, при котором деталь, будучи установленной при КР на автомобиль, проработает до следующего КР, и ее износ не превысит предельного. При этом следует иметь в виду, что детали с допустимыми износами можно использовать при КР только в том случае, если требуемая точность при сборке сопряжений обеспечивается применением методов регулирования или групповой взаимозаменяемости. Для определения величины допустимого износа детали необходимо знать ее предельный износ.

Предельным износом называется такой износ детали, при котором ее дальнейшее использование невозможно без восстановления ее ресурса. Деталь, достигшую предельного износа, восстанавливают или заменяют новой.

Величина предельного износа детали может быть определена при изучении процесса протекания ее износа в зависимости от наработки по моменту наступления форсированного износа. Значение этой величины определяют также по таким показателям, как снижение прочности детали, нарушение установленной посадки в сопряжении, недопустимое падение мощности, производительности и т.п.

Вопрос об определении допустимого износа деталей при КР сводится к отысканию такой его величины, которая обеспечивает безотказную работу автомобиля в течение очередного межремонтного пробега. Методика определения допустимого износа была разработана проф. В. В. Ефремовым.

Не допуская большой погрешности, можно принять, что зависимость износа деталей от наработки имеет линейный характер (рис. 1.2).

Из рисунка 1.2 видно, что величина предельного износа равна $BC = I_{\text{пр}}$. Отложив от точки С, определяющей наработку детали до предельного износа, отрезок СД, равный межремонтному пробегу автомобиля, и восстановив перпендикуляр из точки Д до пересечения с прямой ОВ, получим отрезок ДЕ, величина которого и определит допустимый износ детали $I_{\text{доп}}$.

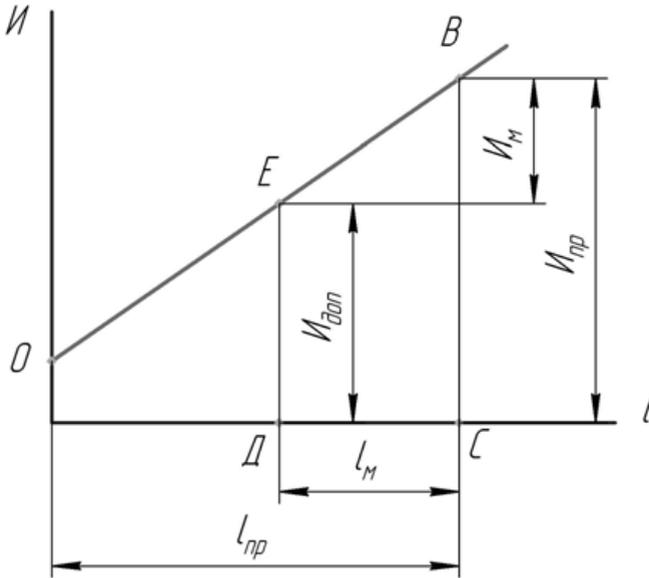


Рис. 1.2. Схема определения допустимого износа детали

Таким образом, величина допустимого износа

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{пр}} - I_{\text{м}}, \quad (1.2)$$

где $I_{\text{м}}$ – величина износа детали за межремонтный пробег автомобиля.

Величину износа детали за межремонтный пробег определяют как среднюю арифметическую величину путем замера партии деталей, снятых с автомобилей, поступивших в капитальный ремонт.

1.4. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ДЕФЕКТАЦИИ ДЕТАЛЕЙ

В целях экономии времени при дефектации деталей придерживаются следующего порядка.

Сначала производят внешний осмотр деталей в целях обнаружения повреждений, видимых невооруженным глазом: крупных трещин, пробоин, изломов, задиров, рисок, коррозии и т.п.

Затем детали проверяют на специальных приспособлениях для обнаружения дефектов, связанных с нарушением взаимного расположения рабочих поверхностей и физико-механических свойств материала деталей.

После этого детали контролируют на отсутствие скрытых дефектов (невидимых трещин и внутренних пороков). В заключение производят контроль размеров и геометрической формы рабочих поверхностей деталей.

Контроль взаимного расположения рабочих поверхностей. Методы контроля погрешностей взаимного расположения рабочих поверхностей рассмотрим на примере деталей класса валов и корпусных деталей. В деталях класса валов наиболее часто контролируют несоосность шеек и неперпендикулярность фланцев к оси валов.

Контроль несоосности шеек валов проводят путем замера их радиального биения с помощью индикатора (рис. 1.3). Контролируемый вал при этом устанавливают в центрах. Величина радиального биения шеек определяется как разность наибольшего и наименьшего показаний индикатора за один оборот вала.

Контроль неперпендикулярности фланца к оси вала проводят также при установке вала в центрах (рис. 1.4). С помощью индикатора измеряют торцевое биение фланца на определенном радиусе R .



Рис. 1.3. Контроль взаимного биения шеек вала

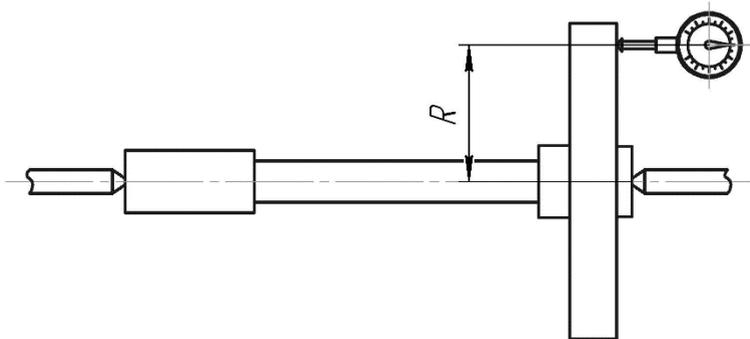


Рис. 1.4. Контроль биения фланца на валу

В корпусных деталях контролируют следующие погрешности взаимного расположения поверхностей: несоосность отверстий, непараллельность оси отверстий относительно плоскости, непараллельность осей отверстий и нарушение межцентрового расстояния, неперпендикулярность осей отверстий, неперпендикулярность оси отверстия к плоскости.

Контроль несоосности отверстий в корпусных деталях проводят с помощью оптических, пневматических и индикаторных приспособлений. Наибольшее применение в авторемонтном производстве нашли индикаторные приспособления. Схема замера несоосности отверстий под коренные подшипники коленчатого вала в блоке цилиндров с помощью индикаторного приспособления показана на рис. 1.5.

Приспособление состоит из контрольной оправки, втулок и индикатора часового типа. При проверке несоосности вращают втулку с индикаторами, замеряют величину радиального биения. Радиальное биение покажет удвоенную величину несоосности (смещения осей).

Несоосность отверстий контролируют в блоках цилиндров двигателей, картерах коробок передач, картерах редукторов и других деталях.

Контроль межцентрового расстояния и непараллельности осей отверстий проводят путем измерения расстояний a_1 и a_2 (рис. 1.6) между внутренними образующими контрольных оправок с помощью штихмаса или индикаторного нутромера.

Межцентровое расстояние определяют расчетом по формуле

$$A = \frac{a_1 - a_2}{2} + \frac{d_1 - d_2}{2}, \quad (1.3)$$

где a_1 и a_2 – диаметры контрольных оправок.

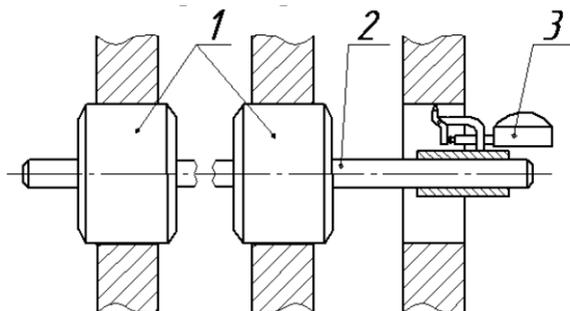


Рис. 1.5. Контроль несоосности отверстий:
1 – втулки; 2 – оправка; 3 – индикатор

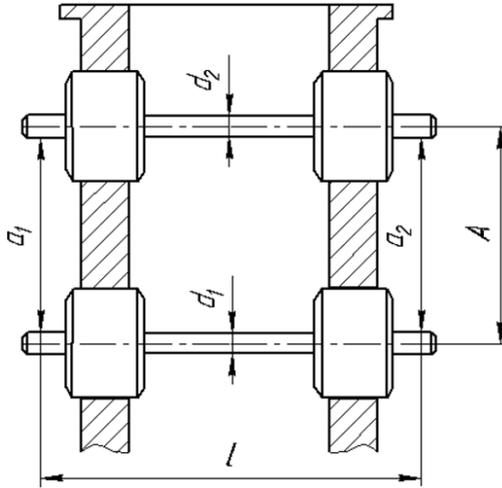


Рис. 1.6. Контроль непараллельности осей отверстий и межцентрового расстояния

Непараллельность осей отверстий определяют как разность замеров a_1 и a_2 на длине L .

Контроль *неперпендикулярности осей отверстий* проводят с помощью оправки с индикатором (рис. 1.7, а) или калибром (рис. 1.7, б) путем измерения зазоров Δ_1 и Δ_2 на длине L . Величина неперпендикулярности осей в первом случае определяется как разность показаний индикатора в двух противоположных положениях, а во втором – как разность зазоров.

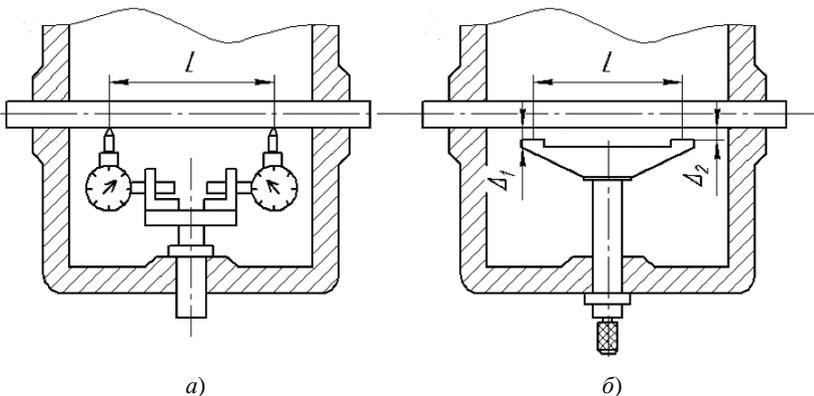


Рис. 1.7. Схема замера неперпендикулярности оси отверстий

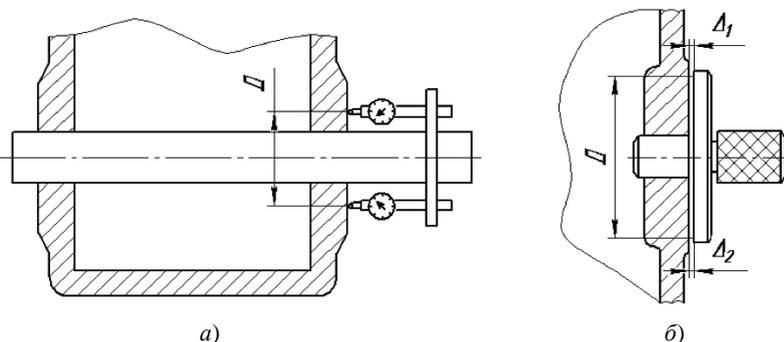


Рис. 1.8. Контроль перпендикулярности оси отверстий к плоскости

Контроль перпендикулярности оси отверстий к плоскости можно выполнить с помощью индикаторного приспособления (рис. 1.8, а) или специального калибра (рис. 1.8, б).

В первом случае перпендикулярность оси отверстия к торцевой плоскости на диаметре D определяют как разность показаний индикатора при вращении его относительно оси отверстия, во втором случае – измерением зазоров в двух диаметрально противоположных точках по периферии контрольного диска. Величина перпендикулярности в этом случае будет равна разности зазоров D_1 и D_2 на диаметре D .

Контроль нарушения физико-механических свойств материала деталей. Нарушение физико-механических свойств материала деталей может проявляться в виде изменения твердости детали или ее жесткости. Изменение жесткости может иметь место в таких деталях, как ресоры и пружины.

Нарушение твердости контролируют с помощью универсальных приборов для измерения твердости.

Контроль скрытых дефектов. При контроле деталей очень важно проверять их на наличие скрытых дефектов (поверхностных и внутренних трещин).

Этот контроль особенно необходим для деталей, от которых зависит безопасность движения автомобиля.

Существует большое количество различных методов обнаружения скрытых дефектов на деталях. В авторемонтном производстве нашли применение следующие методы обнаружения скрытых дефектов на деталях: опрессовки, красок, люминесцентный, намагничивающий, ультразвуковой.

1. Метод опрессовки применяют для обнаружения скрытых дефектов в полых деталях. Опрессовку деталей производят водой (гидравлический метод) и сжатым воздухом (пневматический метод).

Метод гидравлического испытания применяют для выявления трещин в корпусных деталях (блок и головка цилиндров). Испытание проводится на специальных стендах, которые обеспечивают герметизацию всех отверстий в контролируемых деталях. При испытании полость детали заполняют горячей водой под давлением 0,3...0,4 МПа. О наличии трещин судят по подтеканию воды.

Метод пневматического испытания применяют при контроле на герметичность таких деталей, как радиаторы, баки, трубопроводы и др. Полость детали в этом случае заполняют сжатым воздухом под давлением, соответствующим техническим условиям на испытание, и затем погружают в ванну с водой. Выходящие из трещины пузырьки воздуха укажут местонахождение дефектов.

2. Метод красок основан на свойстве жидких красок к взаимной диффузии. При этом методе на контролируемую поверхность детали, предварительно обезжиренную в растворителе, наносят красную краску, разведенную керосином, которая проникает в трещины. Затем красную краску смывают растворителем, а поверхность детали покрывают белой краской. Через несколько секунд на белом фоне проявляющей краски появляется рисунок трещины, увеличенной по ширине в несколько раз. Этот метод позволяет обнаруживать трещины, ширина которых не менее 20 мкм.

3. Люминесцентный метод основан на свойстве некоторых веществ светиться при облучении их ультрафиолетовыми лучами. При контроле деталей этим методом ее сначала погружают в ванну с флюоресцирующей жидкостью, в качестве которой применяют смесь из 50% керосина, 25% бензина и 25% трансформаторного масла с добавкой флюоресцирующего красителя (дефектоля) или эмульгатора ОП-7 в количестве 3 кг на 1 м³ смеси. Затем деталь промывают водой, просушивают струей теплого воздуха и припудривают порошком силикагеля. Силикагель вытягивает флюоресцирующую жидкость из трещины на поверхность детали. При облучении детали ультрафиолетовыми лучами порошок силикагеля, пропитанный флюоресцирующей жидкостью, будет ярко светиться, обнаруживая границы трещины. Люминесцентные дефектоскопы применяют при обнаружении трещин шириной более 10 мкм в деталях, изготовленных из немагнитных материалов.

4. Метод магнитной дефектоскопии нашел наиболее широкое применение при контроле скрытых дефектов в автомобильных деталях, изготовленных из ферромагнитных материалов (сталь, чугун). Для обнаружения дефектов этим методом деталь сначала намагничивают. Магнитные силовые линии, проходя через деталь и встречая на своем

пути дефект (например, трещину), огибают его как препятствие с малой магнитной проницаемостью. При этом над дефектом образуется поле рассеивания магнитных силовых линий, а на краях трещины – магнитные полюсы.

Для того чтобы обнаружить неоднородность магнитного поля, деталь поливают суспензией, состоящей из 50%-ного раствора керосина и трансформаторного масла, в котором во взвешенном состоянии находится мельчайший магнитный порошок (окись железа – магнетит). При этом магнитный порошок будет притягиваться краями трещины и четко обрисует ее границы.

Намагничивание деталей проводят на магнитных дефектоскопах, которые различают по способу намагничивания. Для выявления в деталях продольных трещин применяют дефектоскопы циркулярного намагничивания, а для поперечных – дефектоскопы продольного намагничивания внешним полем. Для обнаружения трещин любого направления используют дефектоскопы комбинированного намагничивания. В дефектоскопах циркулярного намагничивания магнитное поле создается за счет прохождения через деталь переменного тока большой силы (до 1000...4000 А).

На рисунке 1.9 показана схема дефектоскопа циркулярного намагничивания, предназначенного для контроля деталей небольших размеров.

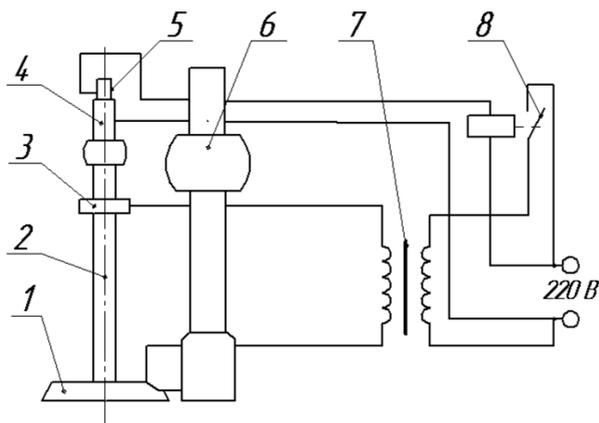


Рис. 1.9. Дефектоскоп циркулярного намагничивания:

- 1 – медная плита; 2 – деталь; 3 – контактный диск;
- 4 – контактная головка; 5 – пусковая кнопка;
- 6 – кронштейн; 7 – понижающий трансформатор;
- 8 – магнитный пускатель

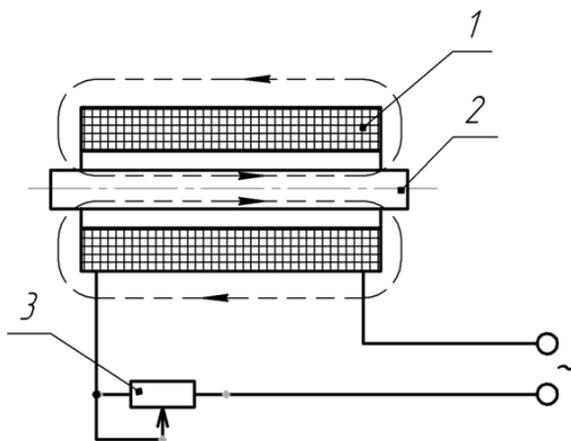


Рис. 1.10. Схема намагничивания детали соленоидом:
 1 – реостат; 2 – деталь; 3 – соленоид

В дефектоскопах продольного намагничивания магнитное поле создается за счет помещения детали в соленоид, питаемый постоянным или переменным током (рис. 1.10).

Дефектоскопы комбинированного намагничивания являются универсальными, так как они совмещают в себе принципы циркулярного и продольного намагничиваний и, следовательно, позволяют обнаружить трещины любых направлений.

После контроля на магнитных дефектоскопах детали необходимо размагнитить. Это достигается при переменном токе путем медленного вывода детали из соленоида, а при постоянном – за счет изменения полярности при постепенном уменьшении силы тока.

Метод магнитной дефектоскопии обладает высокой чувствительностью и позволяет обнаруживать трещины шириной до 1 мкм.

5. Ультразвуковой метод обнаружения скрытых дефектов основан на свойстве ультразвука проходить через металлические изделия и отражаться от границы двух сред, в том числе и от дефекта.

В зависимости от способа приема сигнала от дефекта различают два метода ультразвуковой дефектоскопии: просвечивания и импульсный.

Метод просвечивания основан на появлении звуковой тени за дефектом. В этом случае излучатель ультразвуковых колебаний находится по одну сторону от дефекта, а приемник – по другую.

На рисунке 1.11 приведена схема импульсного ультразвукового дефектоскопа.

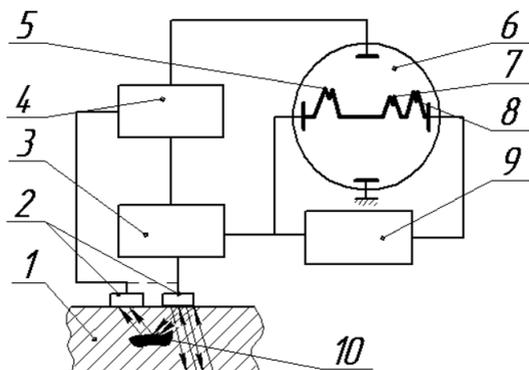


Рис. 1.11. Блок-схема импульсного ультразвукового дефектоскопа:

- 1 – деталь; 2 – излучатель (приемник) ультразвуковых колебаний;
- 3 – генератор импульсов; 4 – усилитель; 5 – излученный импульс;
- 6 – электронно-лучевая трубка; 7 – импульс, отраженный от дефекта;
- 8 – донный импульс; 9 – блок развертки; 10 – дефект

При контроле детали к ее поверхности подводят излучатель ультразвуковых колебаний, который питается от генератора. Если дефекта в детали нет, то ультразвуковые колебания, отразившись от противоположной стороны детали, возвратятся обратно и возбудят электрический сигнал в приемнике. При этом на экране электронно-лучевой трубки будут видны два всплеска: слева – излучаемый импульс и справа – отраженный от противоположной стенки детали (донный).

Если в детали имеется дефект, то ультразвуковые колебания отражаются от дефекта, и на экране трубки появится промежуточный всплеск.

Путем сопоставления расстояний между импульсами на экране электронно-лучевой трубки и размеров детали можно определить не только местонахождение дефекта, но и глубину его залегания.

Метод ультразвуковой дефектоскопии обладает очень высокой чувствительностью и применяется при обнаружении внутренних дефектов в деталях (трещин, раковин, шлаковых включений и т.п.).

Контроль размеров и формы рабочих поверхностей деталей. Наибольшее внимание при контроле и сортировке деталей уделяется определению геометрических размеров и формы их рабочих поверхностей. Контроль деталей по этим параметрам позволяет оценить величину их износа и решить вопрос о возможности их дальнейшего использования. При контроле размеров деталей в авторемонтном производстве используют как универсальный измерительный инструмент, так и пневматические методы контроля.

К универсальному измерительному инструменту относятся: микрометры, штангенциркули, индикаторные нутромеры, микрометрические штихмасы и др.

Погрешности в геометрической форме деталей определяют путем их измерения в нескольких направлениях в поперечном сечении и нескольких поясах по длине. Сопоставляя эти замеры, находят овальность, конусность, бочкообразность и другие отклонения от правильной геометрической формы.

Дефектация крепежных изделий. Крепежные детали (болты, гайки, шпильки) проверяют посредством визуального осмотра на наличие таких дефектов, как трещины, забоины, вмятины, следы коррозии, заусенцы на резьбе, сорванные нитки резьбы, изгиб стержней, износ головок болтов.

Штифты бракуют при ослаблении посадки. В этом случае проводят развертывание отверстия и установку ступенчатого штифта.

У болтов и шпилек не допускается смятие ниток резьбы, если оно превышает половину профиля высоты резьбы, общая длина превышает 8% длины всей резьбы и 1/3 длины одного витка. У гаек не допускается смятие ниток резьбы более чем на 2/3 витка.

Для болтов, шпилек с диаметром резьбы свыше 48 мм выкрашивания и смятия ниток резьбы не допускаются, если они по глубине более половины высоты профиля резьбы и их общая длина превышает 2% длины резьбы по винтовой линии, а в одном витке – 1/5 его длины.

Допускается отклонение от прямолинейности (кривизна стержня) болтов, шпилек, не превышающее 0,3 мм на 100 мм длины для диаметров резьбы до 24 мм (включительно) и 0,15 мм на 100 мм длины для диаметров свыше 24 мм.

Отклонение от плоскостности шайб не должно превышать допуска на толщину шайбы. Сопрягаемые выпуклые и вогнутые шайбы должны иметь площадь прилегания не менее 80%. Неудовлетворительное прилегание следует исправлять притиркой по сферическим поверхностям. Притертые шайбы должны иметь одинаковую маркировку.

Не допускаются сколы и смятия металла на гранях шестигранной головки болтов и на гайках высотой более 0,2 высоты головки (гайки) и выводящие размер под ключ за 0,9 номинального размера.

Все болты и шпильки гайки, бывшие в употреблении (признанные годными при дефектации) или с тугой резьбой (гайка не наворачивается вручную), должны пройти прогонку резьбы метчиком, плашкой. Запрещается прогонять резьбу гайками или болтами.

Резьбу контролируют с помощью резьбовых калибров (рис. 1.12).



Рис. 1.12. Резьбовые калибры

Резьбовые калибры предназначены для контроля резьбовых отверстий. Новая гайка или резьбовой калибр должны плотно наворачиваться по всей длине резьбы. Если проходная часть калибра не проходит, значит резьба вытянута, и деталь уходит в брак.

Запасные крепежные детали, подбираемые взамен дефектных, контролируют на соответствие материала и других характеристик требованиям конструкторских документов на оборудование и(или) распространяющейся на него и его составные части нормативно-технической документации, а также на отсутствие на всех обработанных поверхностях, включая резьбу, надрывов, закатов, трещин, заусенцев, забоин и вмятин, несмываемой коррозии и других следов коррозии.

Дефектация манжет и уплотнительных прокладок. При визуальном осмотре рабочие поверхности манжет должны быть без явных дефектов и повреждений – трещин, расслоений, заусенцев. Особые требования предъявляются к рабочим кромкам манжет (рис. 1.13).

Рабочие поверхности А и Б и рабочая кромка должны быть гладкими и не иметь дефектов на следующем расстоянии от кромки: до 2 мм – для валов диаметром до 19 мм; до 2,5 мм – для валов диаметром от 20 до 52 мм; до 3 мм – для валов диаметром от 55 мм и выше.

Помимо визуального осмотра, для манжет проводится контроль геометрических параметров, таких как наружные и внутренние диаметры, а также высота манжеты. Для наружного диаметра проверяют отклонение от круглости (овальность), а предельные отклонения высоты манжеты не должны превышать значений, указанных в стандартах. Внутренний диаметр проверяют с помощью калибров, а наружный диаметр и высоту – с помощью штангенциркуля.

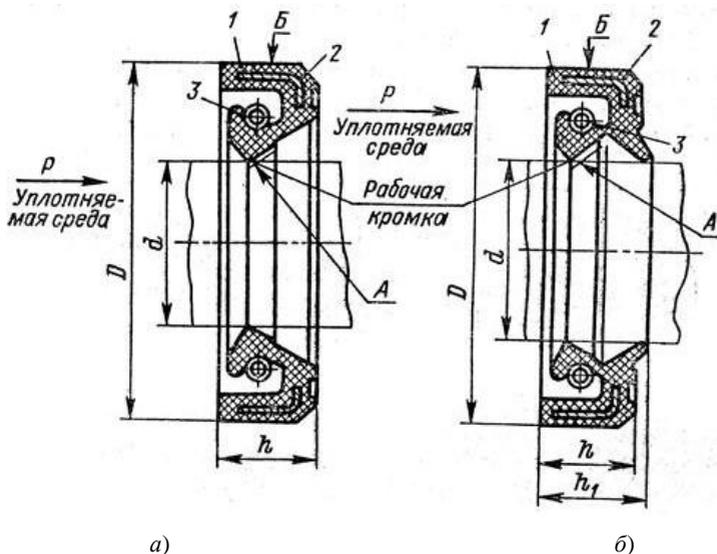


Рис. 1.13. Манжеты резиновые армированные:
a – однокромочные; *б* – однокромочные с пыльником;
 1 – резина; 2 – каркас; 3 – пружина

Для уплотнительных прокладок также проводится визуальный осмотр, и они признаются годными при отсутствии явных повреждений, таких как надломы, морщины, выпуклости, складки. Также прокладка не должна выходить за края сопрягаемых деталей. Неравномерность по толщине допускается не более 0,1 мм на всей длине прокладки.

1.5. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ

Современные подходы к оценке износа деталей делятся на два типа: интегральные и дифференциальные. Интегральные методы позволяют определить общий уровень износа пары взаимодействующих элементов или целого узла, тогда как дифференциальные направлены на оценку состояния конкретных участков поверхности. К примеру, среди интегральных методик можно выделить такие, как оценка износа через изменение массы или объема детали, измерение зазоров между сопряженными элементами, химический, спектральный, весовой или оптико-физический анализы примесей в смазочном материале, а также измерения утечки и потребления рабочей среды, уровня давления, линейных и угловых смещений, вибрационных характеристик.

К дифференциальным методам относятся: метод микрометрических измерений, метод искусственных баз, радиометрический и активационный анализ примесей в масле, метод поверхностной активации и метод радиоактивных вставок.

К методам определения износа предъявляются следующие требования:

- 1) для определения износа тем или иным методом должно затрачиваться как можно меньше времени;
- 2) желательно определять износ без разборки узлов и агрегатов;
- 3) не допускается сильный износ деталей во время испытаний (если для этого не ставятся специальные цели, например при испытании на машинах трения).

Метод микрометрических измерений. Наиболее простым и часто применяемым методом определения износа является метод микрометрических измерений. Суть этого метода заключается в измерении размеров поверхности до износа и после работы детали в узле. Измерения проводят с помощью штангенциркулей, микрометров, нутромеров, рычажно-оптических приборов, и в зависимости от применяемого инструмента точность метода колеблется от 0,010 мм до 0,001 мм. На точность метода значительное влияние оказывает качество очистки поверхностей от загрязнений. На рисунке 1.14 представлена схема определения износа коренных шеек коленчатого вала с помощью датчиков индикаторного типа.

Измерения проводят следующим образом: вал устанавливают в центрах и настраивают микрометр. Производится вращение вала, и по колебаниям стрелки прибора определяют величину минимального U_{\min} и максимального U_{\max} износа поверхности. Замеры проводятся в плоскости, проходящей через оси коренных шеек, и в плоскости, перпендикулярной оси шеек. Таким образом определяют овальность шейки, а также конусообразность, седлообразность и бочкообразность.

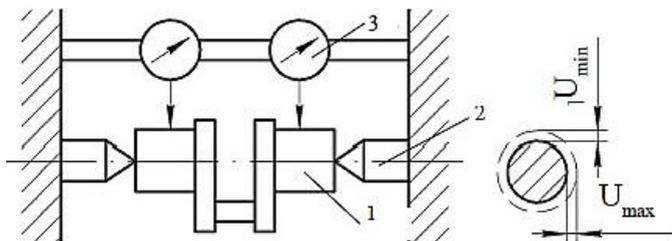


Рис. 1.14. Схема измерения износа с помощью датчиков индикаторного типа:
1 – коленчатый вал; 2 – центры; 3 – микрометр

Существенным недостатком метода микрометрических измерений является невозможность определения износа при малой длительности работы машины. Также при определении износа данным методом часто приходится разбирать узлы и агрегаты машины. Иногда изменение размеров поверхности происходит не только от износа, но и от деформации, поэтому точное определение износа методом микрометрирования в таком случае невозможно. При измерении малых величин износа размером в несколько микрометров могут возникать погрешности от непостоянства температуры микрометра и измеряемой детали. Исходя из этого, можно сделать вывод, что измерение износа методом микрометрирования дает приблизительные результаты при определении износа в каком-либо месте детали.

Одним из методов микрометрических измерений является *метод профилографирования*, основанный на том, что с помощью различных профилографов и профилометров (ИЗП-5, ИЗП-17, ИТП-21) снимают профилограмму поверхности детали до работы в узле и после определенной наработки и по изменению высоты микронеровностей профиля определяют износ.

На рисунке 1.15 представлена схема измерения износа с помощью профилографа.

Принцип действия: измерительный наконечник 1 перемещается по поверхности детали. Его перемещение вызывает поворот жестко связанного с ним зеркала 2. Лучи, падающие от источника света 3, отражаются от зеркала и через объектив 4 фокусируются на светочувствительной пленке, установленной на вращающемся барабане 5.

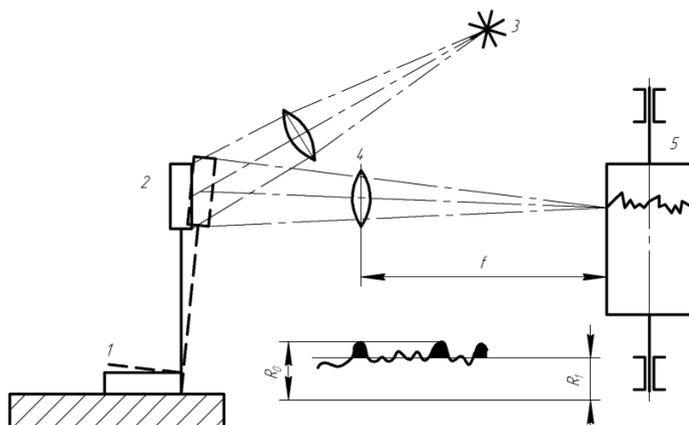


Рис. 1.15. Схема измерения износа с помощью профилографа:

- 1 – измерительный наконечник; 2 – зеркало;
3 – источник света; 4 – объектив; 5 – барабан

Величину линейного износа определяют как разность высот микронеровностей до начала работы поверхности на трение и после, т.е. $I = R_0 - R_1$.

Если на поверхности детали имеется участок, не подверженный износу в процессе работы, то он используется как базовый. В таком случае снимают только одну профилограмму – после периода работы и высоту неровностей сравнивают с базовым участком. Точность такого метода определяется точностью установки измерительного наконечника относительно поверхности и точностью совмещения профилограмм. Однако недостатком данного метода является необходимость разборки механизма.

Метод искусственных баз. Метод искусственных баз, разработанный М. М. Хрущовым и Е. С. Берковичем, является более точным методом определения износа. Его суть заключается в следующем: на исследуемой поверхности вырезаются углубления правильной геометрической формы с помощью алмазного или твердосплавного инструмента. Ширина и длина отпечатка связаны соотношением с его глубиной. Поэтому величину износа определяют по изменению длины и ширины отпечатка после работы на трение и износ. Измерение осуществляют с помощью оптических измерительных приборов. Точность данного метода в среднем составляет 1,0...1,5 мкм. Кроме того, преимуществом такого метода является то, что износ определяется в одном и том же месте, что исключает некоторые погрешности, свойственные методу микрометрических измерений.

Способами образования искусственных баз являются:

- внедрение индентора, имеющего форму шарика или пирамидки, в поверхность детали;
- вырезание лунки вращающимся резцом;
- вышлифовывание лунки диском.

На рисунке 1.16 представлены схемы получения искусственных баз вдавливанием шарика и алмазной пирамидки.

Искусственная база получается путем вдавливания индентора с помощью твердомера, предназначенного для измерения твердости по Бринеллю (рис. 1.16, а), или микротвердомера, предназначенного для измерения твердости по Виккерсу (рис. 1.16, б).

Формула для определения глубины отпечатка на схеме, представленной на рис. 1.16, а, будет иметь вид

$$h = \frac{D}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{d^2}{D}} \right). \quad (1.4)$$

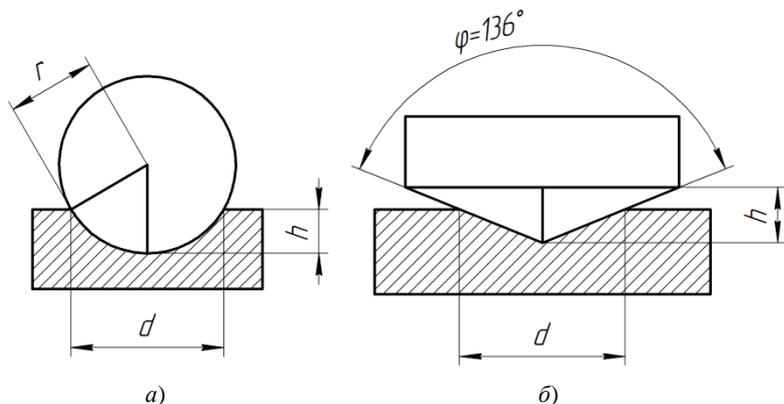


Рис. 1.16. Схема получения искусственных баз с помощью шарика (а) и алмазной пирамидки (б)

Формула для определения глубины отпечатка на схеме, представленной на рис. 1.16, б):

$$h = \frac{d}{2} \operatorname{ctg}\left(\frac{\varphi}{2}\right). \quad (1.5)$$

Еще одним методом получения искусственных баз является метод вырезанных лунок. Эта процедура выполняется по ГОСТ 27860–88 и ГОСТ 23.301–78 прибором УПОИ-6. Лунки получают с помощью алмазного резца, заточенного в виде трехгранной пирамиды. В результате прохода образуется лунка длиной l , связанная с глубиной соотношением 1:50 – 1:80. Необходимо учитывать, что глубина лунки должна быть значительно больше глубины микронеровностей (рис. 1.17).

Глубина лунки для плоских и выпуклых цилиндрических поверхностей определяется по формуле

$$h = \frac{l^2}{8}. \quad (1.6)$$

Для вогнутых цилиндрических поверхностей

$$h = \frac{l^2}{8} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right), \quad (1.7)$$

где l – длина лунки, мм; r – радиус вращения вершины резца, мм; R – радиус кривизны поверхности трения в месте расположения лунки, мм.

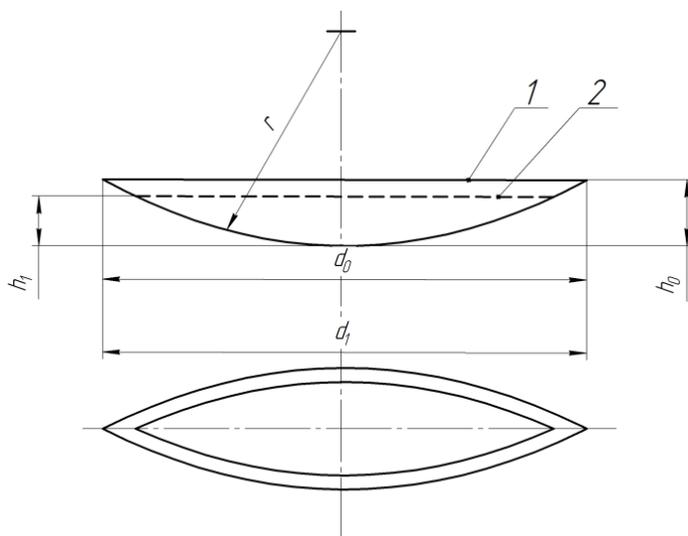


Рис. 1.17. Схема измерения износа методом вырезанных лунок:

1 – поверхность трения до изнашивания;

2 – поверхность трения после изнашивания

Стоит отметить, что метод вырезанных лунок по сравнению с методом отпечатков имеет такие преимущества, как отсутствие вспучивания материала и более точное измерение длины лунки из-за удлиненной формы углубления. Однако данный метод имеет более высокую трудоемкость и дороговизну.

Для образования лунок могут также использоваться сверла для керамики, дрели для гравировки, отрезные диски. Выбор инструмента для получения искусственных баз зависит от многих факторов. Не допускается ослабление прочности исследуемых деталей, например метод вырезанных лунок не применим на шейках коленчатого вала. В этом случае больше подходит способ отпечатков с помощью шарового индентора, который не создает концентрацию напряжений. Для поверхностей трения, не подверженных значительным деформациям, применимы все три метода с учетом твердости инструмента и поверхности.

Метод слепков. Иногда измерение износа сопряжений методами искусственных баз на рабочей поверхности произведено быть не может. В этом случае применяют метод слепков (негативных оттисков), заключающийся в нанесении на поверхность быстро твердеющей массы (стиракрила) и снятии оттиска поверхности (рис. 1.18).

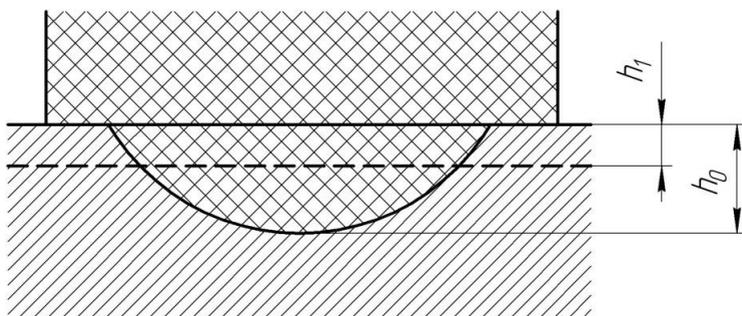


Рис. 1.18. Определение износа с помощью метода негативных оттисков

Износ оценивают по разнице высоты слепков, снятых до и после изнашивания поверхности: $U = h_0 - h_1$. Недостатками такого метода являются: низкая точность измерений, высокая трудоемкость и необходимость разборки механизмов.

Метод определения износа по содержанию продуктов изнашивания в смазочном масле. Существенным преимуществом такого метода является то, что для определения износа нет необходимости в разборке всего механизма, а сам износ определяется по результатам анализа отработавшего масла, где накапливаются продукты износа – частицы металлов, окислы металлов и продукты химического взаимодействия металлов с активными компонентами смазочных материалов. Данный метод применяют для определения интегрального износа в различных машинах – технологическом оборудовании, транспортных машинах, двигателях внутреннего сгорания и т.д. Для повышения точности метода необходимо определить среднее содержание примесей в масле. Для этого слитое масло тщательно перемешивают. Точность метода зависит от чувствительности прибора к содержанию в масле металлических примесей и в среднем составляет $10^{-6} \dots 10^{-8}$ г в 1 см^3 .

Для анализа содержания металлических частиц в масле используют химический, спектральный, радиометрический, активационный и оптикофизические методы.

Суть *химического метода* определения износа состоит в анализе частиц износа в продуктах сгорания масляной пробы. Данный метод обладает довольно низкой точностью, поэтому для определения износа применяется крайне редко.

Гораздо более точным методом является *спектральный метод* определения износа. При *спектральном* анализе определяют спектральный состав пламени при сгорании пробы масла. Спектральный

анализ масел на продукты износа элементов машин проводят с помощью квантомера, представляющего собой многоканальную фотоэлектрическую установку.

В состав установки входят полихроматор с рельсом и растровым конденсатором, электронно-регистрирующее устройство с цифровым вольтметром, источник возбуждения спектра, электромагнитный и электромеханический стабилизаторы напряжения, штатив для сжигания проб масел (рис. 1.19).

Представленная на рис. 1.19 установка работает на основе принципа спектрального анализа. Исследуемая проба масла *1* помещается в штатив. В ванночку с маслом устанавливают вращающийся угольный диск *2*, являющийся нижним электродом. При вращении диска масло с продуктами износа перемещается между нижним и верхним угольным электродом *3*. Под действием разряда происходит испарение масла и возбуждение излучения атомов элементов, имеющихся в исследуемой пробе.

Полихроматор *4* с вогнутой дифракционной решеткой разлагает излучение в спектр, характеризующий химический состав вещества пробы. Каждому элементу соответствует своя совокупность спектральных линий. Интенсивность спектральных линий зависит от концентрации элементов в данной пробе. С помощью выходных щелей, установленных на фокальной поверхности полихроматора, выделяют из спектра пробы аналитических линий различных элементов (Ca, Fe, Ba, Pb, Mo, Al, Si, Sn, P, Ti, Cu, Zn, Ni, Si).

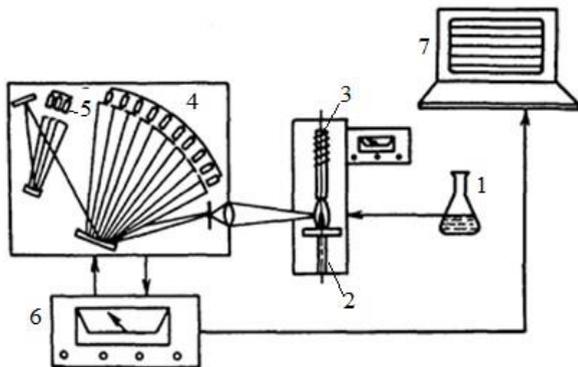


Рис. 1.19. Принципиальная схема установки для спектрального анализа масел:

1 – анализируемая проба масла; *2* – угольный диск;
3 – верхний угольный электрод; *4* – полихроматор; *5* – фотоэлектронные умножители; *6* – электронно-регистрирующее устройство; *7* – экран дисплея

Выделенные таким образом монохроматические излучения проецируются на фотокатоды фотоэлектронных умножителей 5 (см. рис. 19) и вызывают фототоки в их анодных цепях. Электронно-регистрирующее устройство 6 автоматически высвечивает результат на шкале цифрового вольтметра или на экране дисплея 7.

Для оценки износа в последнее время часто применяются *оптико-физические методы*. При таких методах используются современные приборы, которые могут регистрировать механические частицы продуктов износа, находящихся во взвешенном состоянии в прозрачной жидкости.

Одной из разновидностей оптико-физических методов является метод феррографии, позволяющий определять не только вид и количество частиц, находящихся в масле, но и их форму и размеры. Однако высокая стоимость оборудования для феррографического анализа значительно снижает возможность его применения.

Активационный метод основывается на измерении снижения радиоактивности в результате износа поверхности исследуемой детали, в которой до начала работы устанавливается радиоактивный слой толщиной 0,05...0,40 мм с помощью облучения участка поверхности или внедрения в нее заряженных частиц (рис. 1.20).

Несомненным достоинством такого метода является возможность его применения при стендовых испытаниях без остановки и разборки машин. Точность данного метода позволяет определить малые величины износа, снижать длительность испытаний, смотреть динамику износа и осуществлять дистанционный контроль качества изделий.

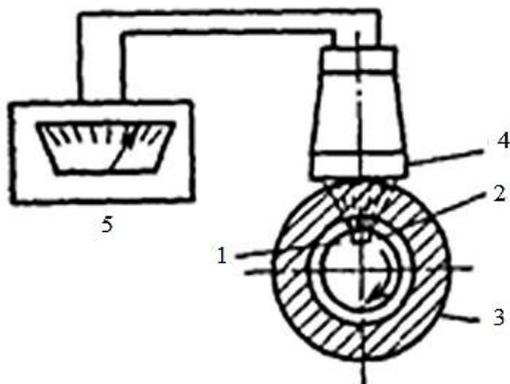


Рис. 1.20. Схема измерения износа методом поверхностной активации:

1 и 3 – детали сопряжения; 2 – радиоактивная вставка;
4 – счетчик радиоактивности; 5 – регистрирующий прибор

Перед началом исследований участок детали активируется в течение 20...40 мин обычно дейтронами с энергией $E_d = 11,2...13,2$ МэВ «на воздухе» или в вакууме на специальном ускорителе (циклотроне) до активности $37 \cdot 10^{10}$ Бк. Толщина активированного слоя (обычно 130...260 мкм), зависящая от энергий дейтронов и ряда других факторов, устанавливается исследователем, который заранее оценивает возможную величину износа поверхности с учетом условий эксплуатации изделия. Определение радиоактивности основано на измерении гамма-излучений различными методами.

Для определения износа крупногабаритных деталей используют специальные вставки, которые проходят поверхностную активацию и устанавливаются на исследуемую поверхность. Причем материал таких вставок может отличаться от материала поверхности, поскольку износ вставок и поверхности происходит одновременно. Применяя вставки из таких материалов, как кобальт или медь, можно увеличить срок действия радиоактивности, достаточной для определения износа в течение 2,5 лет, что очень важно при натуральных испытаниях.

Метод определения износа по изменению показателей функционирования. Данный метод основан на определении утечек, снижения давления рабочей среды, линейных и угловых перемещений деталей, уровня шума и вибраций.

Определение износа по расходу рабочей среды состоит в том, что в механизме устанавливается прибор, фиксирующий расход масла между двумя трущимися поверхностями (рис. 1.21).

Повышение расхода масла, фиксируемое расходомером 2, свидетельствует об увеличении зазора E_0 между валом 4 и втулкой 5 вследствие износа вала на величину E_1 . Главный недостаток такого метода заключается в том, что расход масла является лишь косвенным признаком износа вала, к тому же невозможно определить величину износа.

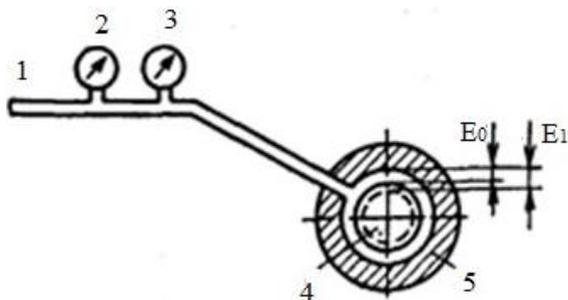


Рис. 1.21. Схема измерения износа по изменению расхода или давления рабочей среды:

1 – трубопровод; 2 – расходомер; 3 – манометр; 4 – вал; 5 – втулка

Схему, представленную на рис. 1.21, можно применять для определения износа по снижению давления рабочей среды (жидкости или газа). Уменьшение давления является следствием увеличения зазора между валом 4 и втулкой 5, которое фиксируется самопишущим манометром 3.

Для определения износа в результате линейных или угловых перемещений используют метод *тензометрического микрометрирования* (рис. 1.22).

Принцип работы схемы, представленной на рис. 1.22, заключается в следующем: в контакт с изнашивающейся деталью 1 вводят упругий элемент с установленными на нем тензометрическими датчиками 5. При изменении зазора между деталями сопряжения 1 и 2 вследствие износа происходит изгиб тензобалки и посылается электрический сигнал на гальванометр 6. Недостатком такого метода является малый диапазон определяемого износа – от 0,0001 до 1 мм.

Для этих же целей применяется метод *электромагнитной индукции* (рис. 1.23).

На одной из деталей сопряжения 1 устанавливают индуктивный датчик, якорь которого 2 перемещается вследствие увеличения зазора в сопряжении. С помощью магнитов 3 и 4 сигнал передается на регистрирующий прибор 5. Недостатки метода – малая точность, узкая область применения.

Следствием увеличения зазоров в сопряжениях является повышение шума и вибраций при работе механизма. Поэтому в качестве оценки интегрального износа могут применяться виброакустические параметры. Однако данные параметры не позволяют определить износ с достаточной точностью, но такой метод может применяться при оценке состояния сборочной единицы в процессе работы.

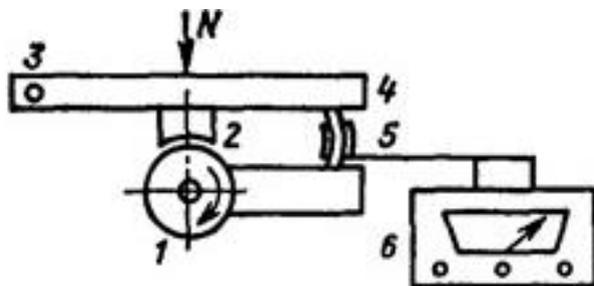


Рис. 1.22. Схема измерения износа методом тензометрического микрометрирования:

1 и 2 – детали сопряжения; 3 – шарнир; 4 – каретка;
5 – тензометрические датчики; 6 – гальванометр

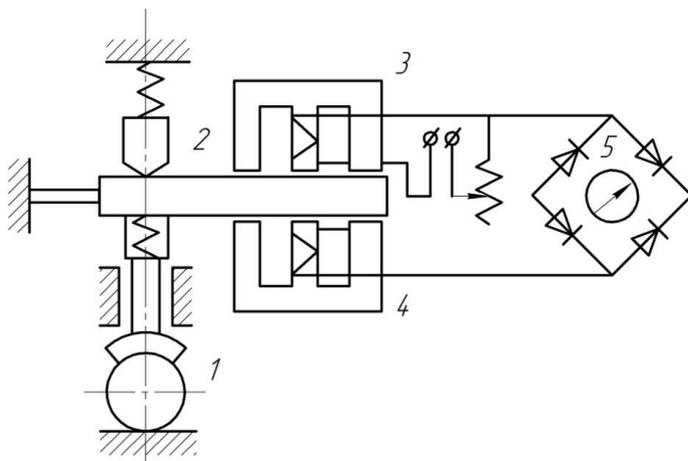


Рис. 1.23. Схема измерения износа методом электромагнитной индукции:
 1 – исследуемое сопряжение; 2 – ярмо; 3 и 4 – электромагниты индуктивного датчика; 5 – регистрирующий прибор

Помимо перечисленных методов, для оценки износа применяют метод определения износа по *потере массы*, заключающийся в периодическом взвешивании детали с помощью аналитических весов. Точность такого метода зависит от точности весов и составляет (0,05...5,00) мкг. Аналогичным является метод измерения износа по *изменению объема детали*.

1.6. СОРТИРОВКА ДЕТАЛЕЙ ПО МАРШРУТАМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Одной из задач дефектации является сортировка деталей, в том числе по маршрутам их восстановления.

Возможны две организационные формы восстановления деталей: подефектная и маршрутная. Подефектную технологию разрабатывают для устранения отдельных повреждений, маршрутную – для устранения реально существующих сочетаний повреждений.

Применение подефектной технологии экономически не оправдано на авторемонтных предприятиях. Организация работ не позволяет восстановить эти детали по единому технологическому процессу. В результате партия деталей распадается при восстановлении, а учет деталей, трудовых и материальных затрат затрудняется. При этих условиях невозможен запуск в производство больших партий деталей и нецелесообразно применение специализированного оборудования.

Методика определения маршрутов восстановления деталей была разработана проф. К. Т. Кошкиным.

Исследованиями, проведенными проф. К. Т. Кошкиным, было установлено, что дефекты на деталях появляются в определенных повторяющихся сочетаниях, поэтому он предложил технологические процессы восстановления деталей разрабатывать не на устранение каждого дефекта в отдельности, а на определенные сочетания дефектов.

Сочетания дефектов, определяющие технологический процесс восстановления детали, были названы маршрутами восстановления. Технология, составленная на устранение определенного сочетания дефектов, получила название маршрутной технологии.

Каждая деталь может иметь несколько маршрутов восстановления. Эти маршруты определяют путем проведения специальных исследований. Результаты сортировки деталей на группы годных, негодных и требующих восстановления после статистической обработки большого количества дефектовочных ведомостей позволяют определить очень важные для организации ремонта автомобилей показатели – коэффициенты годности, сменности и восстановления.

Коэффициент годности k_{Γ} определяет долю деталей данного наименования, которая повторно используется при ремонте агрегата без восстановительных воздействий:

$$k_{\Gamma} = \frac{n_{\Gamma}}{n_o}, \quad (1.8)$$

где n_{Γ} – количество годных деталей; n_o – общее количество деталей данного наименования, прошедших дефектацию.

Коэффициент сменности k_c определяет долю деталей данного наименования, требующих замены при ремонте агрегата:

$$k_c = \frac{n_n}{n_o}, \quad (1.9)$$

где n_n – количество негодных деталей.

Коэффициент восстановления k_b определяет долю деталей данного наименования, направленных на восстановление:

$$k_b = \frac{n_b}{n_o}, \quad (1.10)$$

где n_b – количество деталей, требующих восстановления.

Сумма значений указанных коэффициентов равна единице:

$$k_{\Gamma} + k_c + k_b = 1. \quad (1.11)$$

Определив численные значения этих коэффициентов, можно эффективно планировать потребность в запасных частях и объем работ по восстановлению деталей.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные задачи процесса дефектации деталей и последующей их сортировки.
2. По каким параметрам классифицируются дефекты деталей?
3. Что называется допустимым износом детали?
4. Перечислите и кратко охарактеризуйте методы обнаружения скрытых дефектов на деталях.
5. Какие требования предъявляются к методам измерения износа?
6. Перечислите дифференциальные методы определения износа.
7. Перечислите интегральные методы определения износа.
8. Суть метода искусственных баз.
9. Суть метода слепков.
10. Какие организационные формы восстановления деталей существуют? Каково их назначение?

2. ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДЕФЕКТАЦИИ

2.1. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИАГНОСТИКИ ПОДВИЖНЫХ СОПРЯЖЕНИЙ

Общие сведения

Задачей службы технического сервиса является обеспечение безотказной работы конкретной машины на предстоящий период работы, от начала эксплуатации до его первого ремонта. Сначала выявляются детали, лимитирующие ресурс машины, и по их состоянию оценивается остаточный ресурс всей машины.

Дефектация сопряжений по результатам диагностирования предусматривает не только оценку их годности к дальнейшей работе, но и установление прогнозных значений наработки до следующего диагностирования и полного ресурса сопряжения, что обеспечит наиболее эффективное использование техники без излишнего объема диагностических операций и простоев. Существуют различные методы оценки технического состояния сопряжений. Более точные результаты получают путем измерения изношенных деталей после разборки. При известной наработке от начала эксплуатации до момента измерения – $T_{\text{изм}}$ можно определить интенсивность изнашивания каждой рабочей поверхности детали (мм/га, мм/км):

$$i = \frac{I_{\text{изм}}}{T_{\text{изм}}} \quad (2.1)$$

или скорость изнашивания (мм/ч):

$$\omega = \frac{I_{\text{изм}}}{T_{\text{изм}}}, \quad (2.2)$$

где $I_{\text{изм}}$ – величина износа в момент измерения, мм.

Зависимость зазора от наработки определяется по формуле

$$S(t) = S_{\text{нач}} + i_c t^\alpha \pm z \leq S_{\text{пр}}, \quad (2.3)$$

где $S_{\text{нач}}$ – начальный зазор в сопряжении после приработки (принимается $S_{\text{нач}} = S_{\text{max}}$); S_{max} – максимальный начальный зазор в сопряжении, задаваемый техническими требованиями на сопряжение, мм;

t – текущая наработка машины (ч, га, мото.-ч, км); z – изменение зазора под влиянием изменяющихся внешних условий; α – показатель степени, характеризующий конструктивные особенности сопряжения; $S_{\text{пр}}$ – предельная величина зазора, задаваемая техническими требованиями на дефектацию сопряжения, мм; i_c – интенсивность изнашивания сопряжения, равная сумме интенсивностей изнашивания отверстия i_o и вала i_b :

$$i_c = i_o + i_b. \quad (2.4)$$

Для упрощения расчетов можно принимать $\alpha = 1$, тогда зависимость (2.4) примет прямолинейный характер:

$$S(t) = S_{\text{нач}} + i_c t \pm z \leq S_{\text{пр}}. \quad (2.5)$$

Однако после каждой разборки и сборки сопрягаемых деталей изменяются их условия работы, что приводит к изменению скорости их изнашивания. Наиболее эффективным методом является диагностирование-оценка технического состояния сопряжений без разборки агрегата.

По результатам диагностирования определяются фактические зазоры в сопряжениях – $S_{\text{изм}}$ и размеры сопрягаемых деталей. Затем вычисляются интенсивности изнашивания отдельных деталей и сопряжения:

$$i_c = \frac{(S_{\text{изм}} - S_{\text{нач}})}{T_{\text{изм}}}. \quad (2.6)$$

Если невозможно определить размеры отдельных деталей, то интенсивности их изнашивания определяются из соотношения износостойкости аналогичных материалов (согласно справочным данным):

$$K = i_o / i_b, \quad (2.7)$$

где K – коэффициент пропорциональности, учитывающий соотношение скоростей изнашивания материалов отверстия и вала.

Далее вычисляется полный ресурс сопряжения:

$$T_{\text{п}} = \frac{S_{\text{пр}} - S_{\text{нач}}}{i_c} \quad (2.8)$$

и среднее значение остаточного ресурса:

$$T_{\text{ост}} = T_{\text{п}} - T_{\text{изм}}. \quad (2.9)$$

По заданному значению межремонтного ресурса – $T_{\text{мр}}$ вычисляются предельные и допустимые износы и размеры сопрягаемых деталей. Допустимым размером считается такой, который обеспечивает работу сопряжения без разборки весь предстоящий межремонтный период.

Методика анализа результатов

Необходимо на основании результатов диагностирования (измерения размеров) заданного сопряжения произвести расчет полного ресурса сопряжения и допустимых размеров сопрягаемых деталей.

1. Данные, необходимые для расчета, включают:

- наработку машины от начала эксплуатации $T_{\text{изм}}$, мото.-ч;
- измеренный при диагностировании зазор в сопряжении $S_{\text{изм}}$, мм;
- соотношение интенсивности изнашивания K ;
- межремонтный ресурс сопряжения $T_{\text{мр}}$, мото.-ч;
- средне квадратичное отклонение σ ;
- доверительную вероятность α ;
- скорость изнашивания охватывающей поверхности i_o , мм/ч;
- скорость изнашивания охватываемой поверхности i_b , мм/ч.

При отсутствии информации о среднеквадратичном отклонении его можно найти приближенно по формуле

$$\sigma = 0,25T_{\text{ост}}. \quad (2.10)$$

Для расчета точного значения среднеквадратического отклонения и наличия необходимых данных можно воспользоваться методом сумм.

При отсутствии данных о скоростях изнашивания поверхностей задаются коэффициентом K , связанным со скоростями изнашивания поверхностей сопряжения отношением (2.7) и находящимся в пределах $K = 0,8 \dots 2,2$. Для упрощения расчетов его значение при имеющихся данных о скоростях износа можно найти по выражению (2.7).

При отсутствии информации о межремонтной наработке ее можно найти по выражению

$$T_{\text{мр}} = T_{\text{с.п}} - \frac{S_{\text{доп}} - S_{\text{нач}}}{i_c}, \quad (2.11)$$

где i_c – скорость изнашивания сопряжения, мм/мото.-ч.

2. Далее выписываются из справочной литературы технические требования на дефектацию заданного сопряжения и заносят их в табл. 2.1. На их основании вычисляют:

- допустимый износ сопряжения, мм:

$$I_{с.доп} = (S_{д.р} - S_{нач}); \quad (2.12)$$

- предельный износ сопряжения:

$$I_{с.пр} = (S_{пр} - S_{нач}). \quad (2.13)$$

За начальный зазор $S_{нач}$ рекомендуется выбирать либо начальную максимальную величину зазора, либо среднее арифметическое между максимальным и минимальными зазорами.

При отсутствии данных о начальных зазорах, но наличии предельных отклонений размеров деталей сопряжения их можно найти по выражениям:

$$S_{нач}^{мин} = \Delta_{D_{н.о}}^H - \Delta_{d_{н.в}}^B; \quad (2.14)$$

$$S_{нач}^{max} = \Delta_{D_{н.о}}^B - \Delta_{d_{н.в}}^H; \quad (2.15)$$

где $\Delta_{D_{н.о}}^H$, $\Delta_{D_{н.о}}^B$ – соответственно нижнее и верхнее отклонения номинального размера $D_{н.о}$ отверстия (охватывающей поверхности), мм; $\Delta_{d_{н.в}}^H$, $\Delta_{d_{н.в}}^B$ – соответственно нижнее и верхнее отклонение номинального размера $d_{н.в}$ вала (охватываемой поверхности), мм.

2.1. Выписка из технических требований на дефектацию сопряжения

Наименование деталей сопряжения	Размеры деталей и сопряжения			
	Размеры по чертежу, мм	Зазоры в сопряжении, мм		
		начальный $S_{нач}$	допустимый $S_{д.р}$	предельный $S_{пр}$
Втулка клапана (диаметр отверстия – $D_{н.о}$)	$D_{н.о} \begin{matrix} \Delta_{D_{н.о}}^B \\ \Delta_{D_{н.о}}^H \end{matrix}$	$S_{нач}$	$S_{д.р}$	$S_{пр}$
Клапан (диаметр шейки – $d_{н.в}$)	$d_{н.в} \begin{matrix} \Delta_{d_{н.в}}^B \\ \Delta_{d_{н.в}}^H \end{matrix}$			

3. Определяется интенсивность изнашивания сопряжения по формуле (2.4).

При отсутствии данных о скоростях изнашивания поверхностей расчет ведут по выражениям:

– сопряжения:

$$i_c = \frac{S_{\text{изм}} - S_{\text{нач}}}{T_{\text{изм}}}; \quad (2.16)$$

– вала:

$$i_B = \tan \gamma = \frac{i_c}{K + 1}; \quad (2.17)$$

– отверстия:

$$i_o = \tan \varphi = i_B K, \quad (2.18)$$

где γ , φ – углы наклона прямых изнашивания к оси абсцисс, определяются из расчетной схемы изнашивания деталей сопряжения (рис. 2.1).

4. Рассчитываются ресурсы сопряжения:

– полный:

$$T_{\text{с.п}} = \frac{I_{\text{с.п}}}{i_c}; \quad (2.19)$$

– остаточный:

$$T_{\text{ост}} = T_{\text{с.п}} - T_{\text{изм}}. \quad (2.20)$$

Полученные расчетные значения интенсивностей изнашивания и ресурсов следует рассматривать как средние из-за возможных отклонений вследствие нестабильности условий эксплуатации машин. Очередное диагностирование назначают по нижней доверительной границе остаточного ресурса (α):

$$T_{\text{н.ост}} = T_{\text{ост}} - \frac{T_{\text{ост}} t_{\alpha} \sigma}{N}, \quad (2.21)$$

где t_{α} – коэффициент Стьюдента (прил. П.1); σ – среднеквадратичное отклонение; N – повторности измерения зазора при диагностировании (рекомендованная повторность – 3).

5. Предельные износы сопрягаемых деталей определяются пропорционально скоростям их изнашивания, как доли от предельного износа сопряжения для:

– вала:

$$I_{\text{в.пр}} = \frac{I_{\text{с.п}} i_B}{i_c}; \quad (2.22)$$

– отверстия:

$$I_{\text{о.пр}} = \frac{I_{\text{с.п}} i_{\text{о}}}{i_{\text{с}}}. \quad (2.23)$$

Предельные размеры деталей будут равны для:

– вала:

$$d_{\text{пр}} = d_{\text{в}}^{\text{min}} - I_{\text{в.пр}}; \quad (2.24)$$

– отверстия:

$$D_{\text{пр}} = D_{\text{о}}^{\text{max}} + I_{\text{о.пр}}, \quad (2.25)$$

где $D_{\text{о}}^{\text{max}} = D_{\text{н.о}} + \Delta_{D_{\text{н.о}}}^{\text{в}}$ и $d_{\text{в}}^{\text{min}} = d_{\text{н.в}} + \Delta_{d_{\text{н.в}}}^{\text{в}}$ – соответственно максимальный диаметр отверстия и минимальный диаметр вала, определяемые по номинальным размерам сопряжения.

6. Допустимые износы сопрягаемых деталей при заданном значении межремонтной наработки $T_{\text{мр}}$ находятся по выражениям для:

– отверстия:

$$I_{\text{о.д.р}} = I_{\text{о.пр}} - T_{\text{мр}} i_{\text{о}}; \quad (2.26)$$

– вала:

$$I_{\text{в.д.р}} = I_{\text{в.пр}} - T_{\text{мр}} i_{\text{в}}. \quad (2.27)$$

Допустимые без ремонта размеры сопрягаемых деталей будут для:

– отверстия:

$$D_{\text{д.р}} = D_{\text{о}}^{\text{max}} + I_{\text{о.д.р}}; \quad (2.28)$$

– вала:

$$d_{\text{пр}} = d_{\text{в}}^{\text{min}} - I_{\text{в.д.р}}. \quad (2.29)$$

7. Проводится проверка выполнения расчетов по условию: разность допустимых или предельных размеров сопрягаемых поверхностей деталей должна быть равна соответственно допустимому или предельному зазору в сопряжении:

$$S_{\text{д.р}} = (D_{\text{д.р}} - d_{\text{д.р}}); \quad (2.30)$$

$$S_{\text{пр}} = (D_{\text{пр}} - d_{\text{пр}}). \quad (2.31)$$

Результаты расчета заносятся в табл. 2.2.

2.2. Результаты расчета полного ресурса сопряжения и допустимых размеров сопрягаемых деталей

Допустимый износ сопряжения $I_{с.доп}$	$I_{с.доп}$
Предельный износ сопряжения $I_{с.пр}$	$I_{с.пр}$
Интенсивности изнашивания:	
сопряжения i_c	i_c
вала i_v	i_v
отверстия i_o	i_o
Полный ресурс сопряжения $T_{с.п}$	$T_{с.п}$
Остаточный ресурс сопряжения $T_{ост}$	$T_{ост}$
Среднеквадратическое отклонение σ	σ
Остаточный ресурс по нижней доверительной границе $T_{н.ост}$	$T_{н.ост}$
Предельные износы сопрягаемых деталей: 0062	
вала $I_{в.пр}$	$I_{в.пр}$
отверстия $I_{о.пр}$	$I_{о.пр}$
Предельные размеры деталей:	
вала $d_{пр}$	$d_{пр}$
отверстия $D_{пр}$	$D_{пр}$
Допустимые износы деталей при заданной межремонтной наработке:	
вала $I_{в.д.р}$	$I_{в.д.р}$
отверстия $I_{о.д.р}$	$I_{о.д.р}$
Допустимые без ремонта размеры сопрягаемых деталей:	
вала $d_{д.р}$	$d_{д.р}$
отверстия $D_{д.р}$	$D_{д.р}$

8. Результаты расчета также представляются в графическом виде (рис. 2.1).

Для этого вычерчивается расчетная схема изнашивания деталей сопряжения в функции от наработки. Выбирается масштаб и обозначаются оси координат: наработки, износов и размеров деталей. Имеются две оси ординат. На одной оси откладывают номинальные, допустимые и предельные размеры деталей: вверх от нулевой линии – размеры отверстия, вниз – размеры вала и отмечают поля допусков. На второй оси ординат откладывают значения износов обеих деталей.

На оси абсцисс откладывают значения $T_{изм}$, полного и остаточного ресурса сопряжения ($T_{с.п.}$, $T_{ост}$), а также наработку до очередного диагностирования – нижнюю доверительную границу остаточного ресурса $T_{н.ост}$. На графике проводят линии износа обеих деталей и отмечают величину и значения зазоров: начального (по чертежу) – $S_{нач}$; измеренного – $S_{изм}$; допустимого $S_{д.р}$ и предельного – $S_{пр}$.

По результатам дефектования делается вывод о годности деталей сопряжения и их остаточном ресурсе.

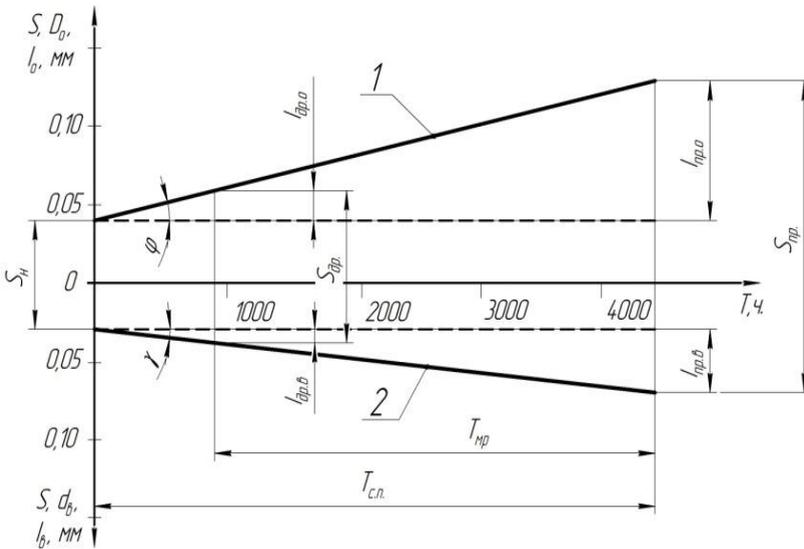


Рис. 2.1. Примерный вид расчетной схемы изнашивания деталей сопряжения

Пример.

Исходная задача. Необходимо на основании результатов диагностирования сопряжения втулка клапана ($D_{н.о}$) – клапан (диаметр шейки – $d_{н.в}$) произвести расчет полного ресурса сопряжения и допустимых размеров сопрягаемых деталей. (Значения размеров некоторых сопряжений приведены в прил. П.2.)

1. Записываем имеющиеся данные для расчета:

– наработка сопряжения от начала эксплуатации, мото.-ч, $T_{изм} = 1200$;

– измеренный зазор в сопряжении, мм, $S_{изм} = 0,13$;

– межремонтный ресурс сопряжения, мото.-ч, $T_{мр} = 8000$;

– доверительная вероятность $\alpha = 0,80$;

– соотношение интенсивности изнашивания поверхностей $K = 1,2$.

2. Выписываем из справочной литературы технические требования на дефектацию заданного сопряжения и заносим их в табл. 2.3.

За начальный зазор $S_{нач}$ принимаем максимальную величину зазора – 0,114 мм.

Рассчитываем:

– допустимый износ сопряжения, мм:

$$I_{с.доп} = S_{д.р} - S_{нач} = 0,14 - 0,114 = 0,026 \text{ мм};$$

– предельный износ сопряжения:

$$I_{с.пр} = S_{пр} - S_{нач} = 0,25 - 0,114 = 0,136 \text{ мм}.$$

2.3. Выписка из технических требований на дефектацию сопряжения «втулка клапана–клапан»

Наименование деталей сопряжения	Размеры деталей и сопряжения			
	Размеры по чертежу, мм	Зазоры в сопряжении, мм		
		начальный $S_{нач}$	допустимый $S_{д.р}$	предельный $S_{пр}$
Втулка клапана ($D_{н.о}$)	$12^{+0,019}$	0,070...	0,14	0,25
Клапан ($d_{н.в}$)	$12_{-0,095}^{-0,070}$	+ 0,114		

3. Определяем интенсивности изнашивания, мм/мото.-ч:
– сопряжения:

$$i_c = \frac{S_{\text{изм}} - S_{\text{нач}}}{T_{\text{изм}}} = \frac{0,13 - 0,114}{1200} = 1,33 \cdot 10^{-5};$$

- вала:

$$i_b = \frac{i_c}{K + 1} = \frac{1,33 \cdot 10^{-5}}{1,2 + 1} = 0,60 \cdot 10^{-5};$$

- отверстия:

$$i_o = i_b K = 1,2 \cdot 0,60 \cdot 10^{-5} = 0,72 \cdot 10^{-5}.$$

4. Рассчитываем ресурсы сопряжения, мото.-ч:
– полный:

$$T_{\text{с.п}} = \frac{I_{\text{с.п}}}{i_c} = \frac{0,136}{1,33 \cdot 10^{-5}} = 10\,200;$$

- остаточный:

$$T_{\text{ост}} = T_{\text{с.п}} - T_{\text{изм.}} = 10\,200 - 1200 = 9000.$$

Так как информация о среднеквадратичном отклонении отсутствует, то находим его приближенное значение, мото.-ч:

$$\sigma = 0,25 T_{\text{ост}} = 0,25 \cdot 9000 = 2250.$$

Очередное диагностирование назначаем по нижней доверительной границе остаточного ресурса ($\alpha = 0,80$), мото.-ч:

$$T_{\text{н.ост}} = T_{\text{ост}} - \frac{t_\alpha \sigma}{\sqrt{N}} = 9000 - \frac{1,64 \cdot 2250}{\sqrt{3}} = 6870,$$

где $t_\alpha = 1,64$ – коэффициент Стьюдента (прил. П.1); N – повторности измерения зазора при диагностировании (принимаям повторность равной 3).

5. Предельные износы сопрягаемых деталей определяем пропорционально скоростям их изнашивания для:

- вала, мм:

$$I_{\text{в.пр}} = \frac{I_{\text{с.п.}} i_b}{i_c} = \frac{0,136 \cdot 0,6 \cdot 10^{-5}}{1,33 \cdot 10^{-5}} = 0,061;$$

- отверстия, мм:

$$I_{\text{о.пр}} = \frac{I_{\text{с.п.}} i_o}{i_c} = \frac{0,136 \cdot 0,72 \cdot 10^{-5}}{1,33 \cdot 10^{-5}} = 0,074.$$

Предельные размеры деталей:

– вала, мм:

$$d_{\text{пр}} = d_{\text{в}}^{\text{min}} - I_{\text{в.пр}} = 11,905 - 0,061 = 11,844;$$

– отверстия, мм:

$$D_{\text{пр}} = D_{\text{о}}^{\text{max}} + I_{\text{о.пр}} = 12,019 + 0,074 = 12,093,$$

где $D_{\text{о}}^{\text{max}} = D_{\text{н.о}} + \Delta_{D_{\text{н.о}}}^{\text{B}} = 12 + (-0,095) = 11,905$, $d_{\text{в}}^{\text{min}} = d_{\text{н.в}} + \Delta_{d_{\text{н.в}}}^{\text{B}} = 12 + 0,019$ – соответственно максимальный диаметр отверстия и минимальный диаметр вала, определяемые по номинальным размерам сопряжения.

6. Рассчитываем допустимые износы сопрягаемых деталей при заданном значении межремонтной наработки $T_{\text{мр}} = 8250$ мото.-ч:

– отверстия, мм:

$$I_{\text{о.д.р}} = I_{\text{о.пр}} - T_{\text{мр}} i_{\text{о}} = 0,074 - 8250 \cdot 0,72 \cdot 10^{-5} = 0,015;$$

– вала, мм:

$$I_{\text{в.д.р}} = I_{\text{в.пр}} - T_{\text{мр}} i_{\text{в}} = 0,061 - 8250 \cdot 0,60 \cdot 10^{-5} = 0,012.$$

Допустимые без ремонта размеры сопрягаемых деталей будут для:

– для отверстия, мм:

$$D_{\text{д.р}} = D_{\text{о}}^{\text{max}} + I_{\text{о.д.р}} = 12,019 + 0,015 = 12,034;$$

– для вала, мм:

$$d_{\text{д.р}} = d_{\text{в}}^{\text{min}} - I_{\text{в.д.р}} = 11,905 - 0,012 = 11,893.$$

7. Проверяем правильность расчетов по условию: разность допустимых или предельных размеров сопрягаемых поверхностей деталей должна быть равна соответственно допустимому или предельному зазору в сопряжении:

$$S_{\text{д.р}} = (D_{\text{д.р}} - d_{\text{д.р}}) = 12,034 - 11,893 = 0,14;$$

$$S_{\text{пр}} = (D_{\text{пр}} - d_{\text{пр}}) = 12,093 - 11,844 = 0,25.$$

Оба условия выполнены. Заносим в табл. 2.4 результаты расчетов.

Вычерчиваем расчетную схему изнашивания деталей сопряжения в функции от наработки. Выбирается масштаб и обозначаются оси координат: наработки, износов и размеров деталей. Имеются две оси ординат. На одной оси откладывают номинальные, допустимые и предельные размеры деталей: вверх от нулевой линии – размеры отверстия, вниз – размеры вала и отмечают поля допусков. На второй оси ординат откладывают значения износов обеих деталей.

**2.4. Результаты расчета полного ресурса сопряжения
«втулка клапана–клапан» и допустимых размеров
сопрягаемых деталей**

Допустимый износ сопряжения $I_{с.доп}$	0,026
Предельный износ сопряжения $I_{с.пр}$	0,136
Интенсивности изнашивания, мм/мото.-ч	
сопряжения i_c	$1,33 \cdot 10^{-5}$
вала i_v	$0,60 \cdot 10^{-5}$
отверстия i_o	$0,72 \cdot 10^{-5}$
Ресурсы и среднеквадратическое отклонение, мото.-ч	
Полный ресурс сопряжения $T_{с.п}$	10 200
Остаточный ресурс сопряжения $T_{ост}$	9000
Среднеквадратическое отклонение σ	2250
Остаточный ресурс по нижней доверительной границе $T_{н.ост}$	6870
Предельные износы сопрягаемых деталей, мм	
вала $I_{в.пр}$	0,061
отверстия $I_{о.пр}$	0,074
Предельные размеры деталей, мм	
вала $d_{пр}$	11,844
отверстия $D_{пр}$	12,093
Допустимые износы деталей при заданной межремонтной наработке, мм	
вала $I_{в.д.р}$	0,012
отверстия $I_{о.д.р}$	0,015
Допустимые без ремонта размеры сопрягаемых деталей, мм	
вала $d_{д.р}$	11,893
отверстия $D_{д.р}$	12,034

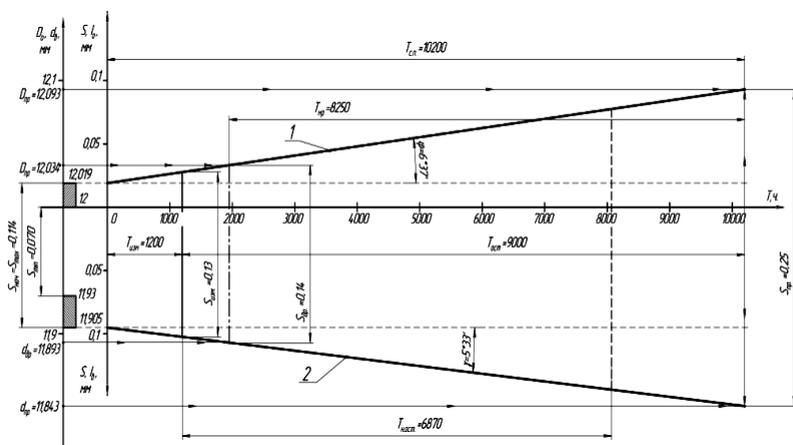


Рис. 2.2. Расчетная схема изнашивания деталей сопряжения «втулка клапана–клапан»

8. Результаты расчета также представляем в графическом виде (рис. 2.2).

На оси абсцисс откладывают значения $T_{\text{изм}} = 1200$ мото.-ч, полного и остаточного ресурсов сопряжения ($T_{\text{с.п}} = 10255$ мото.-ч, $T_{\text{ост}} = 9055$ мото.-ч), а также наработку до очередного диагностирования – нижнюю доверительную границу остаточного ресурса $T_{\text{н.ост}} = 6911$ мото.-ч. На графике проводят линии износа обеих деталей и отмечают величину и значения зазоров: начального (по чертежу) – $S_{\text{нач}} = 0,114$ мм; измеренного – $S_{\text{изм}} = 0,13$ мм; допустимого $S_{\text{д.р}} = 0,14$ мм и предельного – $S_{\text{пр}} = 0,25$ мм.

В результате расчетов установлено, что сопрягающиеся детали пригодны к работе, так как измеренный зазор меньше предельного; очередное диагностирование необходимо провести через 6911 мото.-ч. Прогнозный полный ресурс сопряжения – 10255 мото.-ч, остаточный – 9055 мото.-ч.

2.2. ДЕФЕКТАЦИЯ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ

Общие сведения

Задачей диагностирования является, прежде всего, оценка пригодности детали к дальнейшей эксплуатации, а также установление пригодности данной детали к восстановлению под ремонтный размер,

если таковые предусмотрены. Ремонтным размером называется заранее установленный размер, под который обрабатывается деталь при ремонте. Способом ремонтных размеров в сопряжении восстанавливаются первоначальный зазор или натяг, геометрическая формула и чистота поверхности деталей. При этом способе с основной детали сопряжения снимают слой металла, и деталь получает новый размер – ремонтный, больший (для отверстия) или меньший (для вала) номинального; допуск на размер остается прежним. Сопряженные детали (поршни, вкладыши, втулки) выполняются с ремонтным размером применительно к основной восстанавливаемой детали.

Существуют три вида ремонтных размеров: стандартные, регламентированные и свободные. Стандартные ремонтные размеры применяются в том случае, если сопряженные детали выпускаются промышленностью серийно, определенных ремонтных размеров (поршни, поршневые кольца, вкладыши коренных и шатунных шеек). Основные восстанавливаемые детали (цилиндры, шейки коленчатого вала) обрабатывают только под эти размеры. Регламентированные ремонтные размеры применяют при необходимости сохранения определенных рабочих характеристик (фаз газораспределения, времени открытия клапанов, закономерности топливоотдачи) или других технических условий.

При обработке деталей под стандартные и регламентированные ремонтные размеры приходится снимать слой металла не только для восстановления геометрической формы и чистоты поверхности детали, но и для достижения определенного ремонтного размера.

Свободные ремонтные размеры предусматривают обработку детали только для восстановления геометрической формы и чистоты поверхности. Сопрягаемая деталь обрабатывается под размер ранее восстановленной детали. При таком виде ремонтных размеров необходима индивидуальная подгонка, и нельзя заранее изготавливать сопрягаемые детали с окончательными размерами. Величина ремонтного размера детали зависит от ее износа и припуска на обработку. Припуск на обработку устанавливают с учетом размера, материала и состояния поверхности детали, характера обработки и применяемого оборудования.

Предельно допустимые ремонтные размеры отдельных деталей зависят от прочности детали, глубины термической обработки поверхностного слоя, допустимых удельных давлений в сопряжении. Так, последний ремонтный размер цилиндра двигателя определяется прочностью его стенки.

Ремонтные размеры для отверстия находят по следующим формулам:

$$D_{p1} = D_{\text{ном}} + 2(i + a); \quad (2.32)$$

$$D_{p2} = D_{p1} + 2(i + a); \quad (2.33)$$

$$D_{pn} = D_{n-1} + 2(i + a), \quad (2.34)$$

где $D_{\text{ном}}$ – номинальный диаметр гильзы, мм (прил. П.3); D_1, D_2, \dots, D_n – ремонтные размеры отверстия, мм; i – величина радиального износа гильзы, мм; a – припуск на обработку на сторону, мм. Разницу между двумя соседними ремонтными размерами или между номинальным и первым ремонтным размерами называется ремонтным интервалом ω ; который определяется по формуле

$$\omega = 2(i + a). \quad (2.35)$$

Количество n ремонтных размеров для отверстия

$$n = \frac{d_{\text{пр}} - d_{\text{ном}}}{\omega}, \quad (2.36)$$

где $d_{\text{ном}}, d_{\text{пр}}$ – номинальное и предельно допустимое значение диаметров. Коэффициент неравномерности износа определяют по формуле

$$\delta = \frac{i_{\text{max}}}{i}, \quad (2.37)$$

где i_{max} – наибольшая величина радиального износа, мм; i – величина радиального износа, мм.

Коэффициент неравномерности износа может изменяться от 0,5 при равномерном износе до 1,0 – при одностороннем. Его вычисляют для двух сечений, имеющих наибольший износ в двух плоскостях. При определении ремонтного размера берут наибольший коэффициент.

Расчетный ремонтный размер с учетом коэффициента неравномерности износа гильз цилиндров можно определить по формуле

$$D_{\text{рем}}^{\text{рас}} = D_{\text{ном}} + 2(i + a). \quad (2.38)$$

Если на рабочей поверхности цилиндра нет глубоких местных повреждений, то припуск на обработку (на сторону) принимают равным 0,12...0,13 мм, при наличии глубоких рисок или задиров он должен быть на 0,02...0,03 мм больше глубины дефекта.

Порядок выполнения дефектации

1. Ознакомиться с организацией рабочего места и проверить его комплектность.

2. Изучить конструктивно-технологическую характеристику деталей, условий работы и возможные дефекты.

3. Изучить оборудование и оснастку.

4. Определить состояние конструктивных элементов гильзы цилиндров.

4.1. Осмотром установить видимые повреждения гильзы цилиндров.

4.2. Чтобы установить реальную форму изношенной гильзы, необходимо измерить ее в нескольких сечениях (1–1, 2–2, 3–3, 4–4, 5–5, 6–6, 7–7) и указать ее положение относительно обреза гильзы (l_1 , l_2 и т.д.) или относительно друг друга (рис. 2.3).

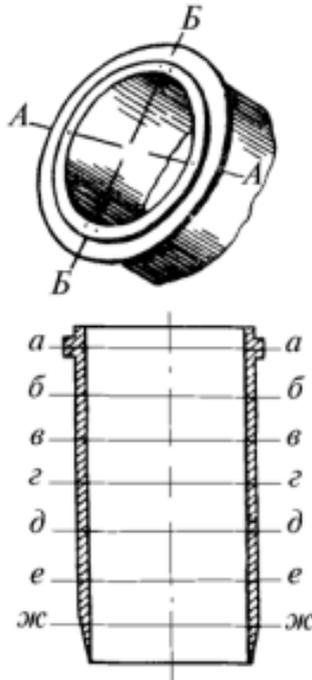


Рис. 2.3. Положение плоскостей и сечений при микрометраже гильзы цилиндра

Перед замером отверстия гильзы индикаторный нутромер необходимо установить на базовый размер, которым является наибольший целый размер измеряемого отверстия. Микрометр проверяют по контрольному цилиндру. Для настройки индикатора в соответствии с контролируемым размером подбирают сменную измерительную вставку 3 (рис. 2.4) и винчивают ее в отверстие головки нутромера.

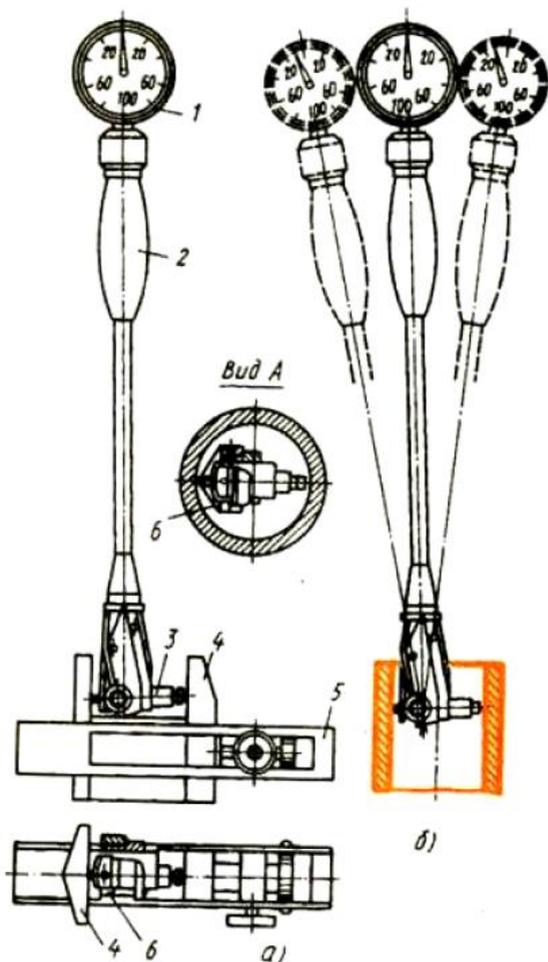


Рис. 2.4. Индикаторный нутромер:

а – установка на нуль; *1* – индикатор; *2* – нутромер; *3* – измерительная вставка; *4* – боковик; *5* – державка; *6* – центрирующий мостик; *б* – измерение отверстия

Инструмент устанавливают на нуль по блоку концевых мер, укрепленных между боковиками 4 в державке 5. Блок концевых мер составляет под номинальный размер отверстия или под размер, соответствующий середине поля допуска.

При установке индикаторного нутромера в нулевое положение, а также при измерении отверстия инструмент слегка покачивают в диаметральной плоскости и отмечают наименьшие показания индикатора. Конструктивно нутромер устроен так, что при увеличении расстояния между измерительными поверхностями большая стрелка индикатора поворачивается против часовой стрелки, а при уменьшении расстояния – по часовой стрелке. При отсчете показаний по шкале учитывают отклонения большой стрелки от нулевого положения, а также изменение положения стрелки указателя поворотов. Размер детали определяется как алгебраическая сумма показаний индикатора и концевых мер при установке на нуль.

После окончания измерения необходимо проверить нулевое положение большой стрелки. Если она сместилась более чем на половину деления шкалы, то результаты измерения недействительны.

При измерении следует осторожно вводить и выводить индикаторный нутромер. Когда необходимо ввести прибор в отверстие измеряемой детали, осторожно отжимают рукой центрирующий мостик б (рис. 2.4, а). Отжимая центрирующий мостик о внутреннюю поверхность, также осторожно выводят инструмент.

Установка индикаторного нутромера на базовый размер осуществляется в следующей последовательности:

- измерить измеряемое отверстие штангенциркулем. Базовым является наибольший целый размер (например, диаметр отверстия 100,65 мм – базовый размер 101,0 мм);
- установить на микрометре базовый размер (предварительно проверив правильность его установки на «0»);
- установить соответствующую измерительную вставку в измерительную головку индикаторного нутромера;
- ввести измерительную головку нутромера между пяткой и винтом установленного микрометра и, поворачивая циферблат индикатора, совместить «0» со стрелкой. Это положение и будет соответствовать базовому размеру.

Результаты измерений заносятся в табл. 2.5.

2.5. Действительные размеры, полученные при измерении

Сечения	1-1		2-2		3-3		4-4		5-5		6-6		7-7	
Плоскости	А-А	Б-Б												
Результаты измерения (мм)														

5. Определить величину износа $U_{\text{общ}}$, мм:

$$U_{\text{общ}} = D_{\text{изм}} - D_{\text{ном}}, \quad (2.39)$$

где $D_{\text{изм}}$ – наибольшее значение диаметра гильз (использовать величину с наибольшим износом); $D_{\text{ном}}$ – диаметр гильзы до начала эксплуатации (наибольший предельный размер по рабочему или ремонтному чертежу, прил. 3).

Результаты расчета заносятся в табл. 2.6.

6. Рассчитать нецилиндричность (овальность и конусообразность), мм (значения берутся по модулю):

$$\Delta_{\text{ов}} = |D_{\text{А-А}(1-1)} - D_{\text{Б-Б}(1-1)}|; \quad (2.40)$$

$$\Delta_{\text{кон}} = D_{\text{maxА-А}} - D_{\text{minА-А}}; \quad (2.41)$$

$$\Delta_{\text{кон}} = D_{\text{maxБ-Б}} - D_{\text{minБ-Б}}. \quad (2.42)$$

Для каждой гильзы получают семь значений овальности и два – конусообразности для каждой плоскости. Дефектацию ведут по наибольшему из значений.

Результаты расчета заносятся в табл. 2.6.

2.6. Данные по расчету износов гильзы

В плоскости А-А							
Сечение	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5	6-6	7-7
Износ (мм)							
В плоскости Б-Б							
Сечение	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5	6-6	7-7
Износ (мм)							



Рис. 2.5. График износа гильзы

7. На основании полученных данных построить график износа гильзы (рис. 2.5). Определить величину износа.

8. Рассчитать размер обработки отверстия D_p .

9. Сравнить величину D_p со значениями категорийных ремонтных размеров $D_{p,p}$ и назначить категорию ремонтного размера – одна для всех гильз (выбирается ближайшая большая категория ремонтных размеров):

$$D_{p,p} \geq D_p. \quad (2.43)$$

Пример.

Исходная задача. Необходимо произвести дефектацию гильзы цилиндра двигателя ЗиЛ-508.10 в соответствии с изложенной выше методикой. Результаты замеров гильзы представлены в табл. 2.7. Внешних критичных дефектов и повреждений у гильзы нет.

2.7. Действительные размеры, полученные при измерении

Результаты измерения (мм)	Сечения	
	Плоскости	
100,0	А-А	1-1
100,0	Б-Б	
100,35	А-А	2-2
100,39	Б-Б	
100,23	А-А	3-3
100,30	Б-Б	
100,20	А-А	4-4
100,25	Б-Б	
100,15	А-А	5-5
100,20	Б-Б	
100,09	А-А	6-6
100,1	Б-Б	
100,03	А-А	7-7
100,05	Б-Б	

1. Определяем величину износа $U_{\text{общ}}$ в мм по сечениям.

В плоскости А-А:

– в сечении 1-1

$$U_{\text{общ}} = D_{\text{изм}} - D_{\text{ном}} = 100 - 100 = 0;$$

– в сечении 2-2

$$U_{\text{общ}} = D_{\text{изм}} - D_{\text{ном}} = 100,35 - 100 = 0,35;$$

– в сечении 3-3

$$U_{\text{общ}} = D_{\text{изм}} - D_{\text{ном}} = 100,23 - 100 = 0,23.$$

Результаты расчетов для остальных сечений и плоскостей производятся аналогично и заносятся в табл. 2.8.

2.8. Данные по расчету износов гильзы

В плоскости А-А							
Сечение	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5	6-6	7-7
Износ (мм)	0	0,35	0,23	0,20	0,15	0,09	0,03
В плоскости Б-Б							
Сечение	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5	6-6	7-7
Износ (мм)	0	0,39	0,30	0,25	0,20	0,1	0,05

2. Рассчитываем нецилиндричность (овальность (7 значений) и конусообразность (2 значения)), мм:

– нецилиндричность:

$$\Delta_{\text{ов1-1}} = |D_{\text{A-A}(1-1)} - D_{\text{Б-Б}(1-1)}| = |0 - 0| = 0;$$

$$\Delta_{\text{ов2-2}} = |D_{\text{A-A}(2-2)} - D_{\text{Б-Б}(2-2)}| = |0,35 - 0,39| = 0,04.$$

Результаты расчетов для остальных сечений и плоскостей производятся аналогично и заносятся в табл. 2.9.

– конусообразность:

$$\Delta_{\text{кон}} = |D_{\text{maxA-A}} - D_{\text{minA-A}}| = 100,35 - 100,00 = 0,35;$$

$$\Delta_{\text{кон}} = |D_{\text{maxБ-Б}} - D_{\text{minБ-Б}}| = 100,39 - 100,00 = 0,39.$$

Для каждой гильзы получают семь значений овальности и два – конусообразности. Дефектацию ведут по наибольшему из этих значений.

Результаты расчета заносятся в табл. 2.9.

2.9. Конусообразность и овальность гильзы

Овальность, (мм)	0	0,04	0,07	0,05	0,05	0,01	0,02
Конусность, (мм)	0,35			0,39			

3. На основании полученных данных строим график износа гильзы (рис. 2.6).

4. Рассчитываем размер обработки отверстия, мм:

$$D_{\text{рем}}^{\text{рас}} = D_{\text{ном}} + 2(i + a) = 100 + 2(0,39/2 + 0,12) = 100,63.$$

По приложению П.3 выбираем ремонтный размер гильзы сравнением наибольшего расчетного ремонтного размера с таблицами стандартных ремонтных размеров, при этом необходимо выдержать условие

$$D_{\text{рем}}^{\text{табл}} = 100,63 < D_{\text{рем}}^{\text{рас}} = 101,0.$$

Результаты расчета сводим в табл. 2.10.

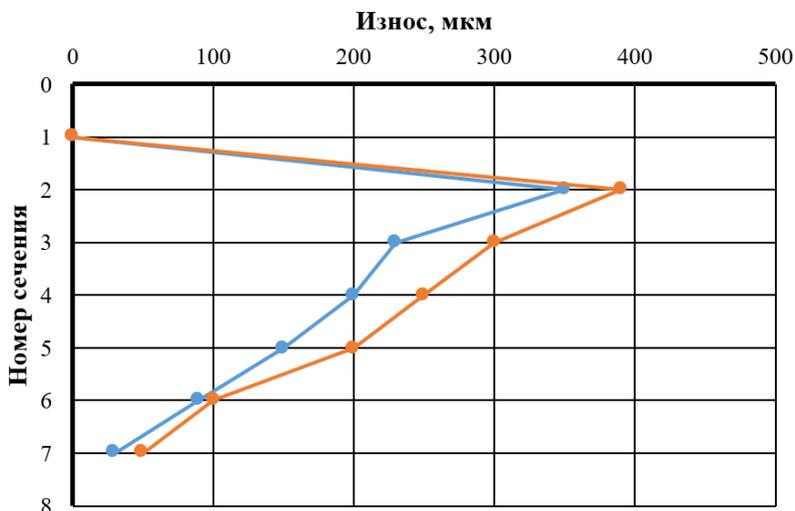


Рис. 2.6. Кривые, характеризующие износ гильзы цилиндра

2.10. Данные по расчету ремонтного размера

Наибольший износ, мм	Расчетный ремонтный размер, мм	Принятый ремонтный размер, мм
0,39	100,63	101,0 (P2)

По результатам замеров и расчетов делаем вывод о том, что гильза годна для дальнейшей эксплуатации с восстановлением под второй ремонтный размер.

2.3. ДЕФЕКТАЦИЯ КУЛАЧКОВ И ШЕЕК РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ВАЛОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Общие сведения

В процессе работы на распределительный вал воздействуют силы трения, вибрация, знакопеременные нагрузки, среда и др. Все это вызывает появление износов ($\Delta_{\text{изн}}$ до 0,05 мм), нарушение качества поверхности шеек и кулачков (задиры, риски, коррозия), механические повреждения (выкрашивание зубьев шестерен, отколы по вершинам кулачков), отклонения от расположения ($\Delta_{\text{бисн}}$ до 0,10 мм).

Дефекты, если они не обладают браковочными признаками, устраняют обработкой под ремонтные размеры, слесарно-механической обработкой, пластическим деформированием, виброугловой наплавкой, плазменной наплавкой, наплавкой под слоем легирующего флюса.

Определить остаточный ресурс детали – значит, определить остаточную продолжительность работы детали от существующего состояния до предельного. Для определения остаточного ресурса измеряют существующие размеры детали и сопоставляют их с предельно допустимыми. В соответствии с результатами измерений рассчитывают остаточный ресурс $T_{\text{ост}}$ (мото.-ч) для вала по формуле

$$T_{\text{ост}} = \frac{d_{\text{изм}} - d_{\text{пр}}}{V}, \quad (2.44)$$

где $d_{\text{изм}}$ – измеренный размер, мм; $d_{\text{пр}}$ – предельно допустимый размер, мм; V – скорость изменения размера, мм.

Среднюю скорость изменения размера можно определить, зная номинальный и предельный размеры, а также средний ресурс по заводским данным:

$$V = \frac{d_{\text{н}} - d_{\text{пр}}}{T_{\text{ср}}}, \quad (2.45)$$

где $T_{\text{ср}}$ – средний ресурс по заводским данным, мото.-ч.

Более точно определить остаточный ресурс можно, если известна наработка данной детали от начала эксплуатации до момента замера

$$T_{\text{ост}} = T_{\text{исп}} \frac{d_{\text{изм}} - d_{\text{пр}}}{d_{\text{ном}} - d_{\text{изм}}}, \quad (2.46)$$

где $T_{\text{исп}}$ – наработка (использованный ресурс) к началу замера, мото.-ч; $d_{\text{ном}}$ номинальный диаметр детали мм; $d_{\text{пр}}$ – предельный диаметр детали определяется по формуле $d_{\text{пр}} = d_{\text{доп}} - И$; износ детали от начала работы до допустимого размера определяется по формуле

$$И_{\text{н}} = d_{\text{н}}^{\text{max}} - d_{\text{доп}}. \quad (2.47)$$

Порядок выполнения дефектации

1. Изучаются особенности конструктивных элементов распределительного вала (опорные шейки, кулачки, посадочное место под распределительную шестерню, распределительный вал и др.), технологические параметры, определяющие их работоспособность (точность размера, формы и расположения, шероховатость, ремонтные размеры и размеры, допустимые без ремонта) и способы дефектации.

2. Измеряются заданные кулачки распределительного вала микрометрами по размерам d (диаметр) и H (высота) в трех сечениях (рис. 2.7). Изменение высоты подъема клапана вследствие износа проверяют в трех сечениях с помощью градуированного диска со шкалой, который крепят на конце вала.

Распределительный вал устанавливается в центрах и к кулачку подводится измерительный стержень индикатора, соединенный с универсальным штативом.

Этот метод измерения может быть осуществлен только в том случае, если высота подъема клапана будет меньше предела измерения индикатора.

Второй метод заключается в раздельном измерении высоты кулачка и диаметра. Разность этих величин дает высоту подъема клапана.

Наибольший износ кулачка будет на рабочей части профиля, соответствующей открытию клапана, остальная часть профиля будет изнашиваться меньше.

Результаты измерения заносятся в таблицу вида табл. 2.11.

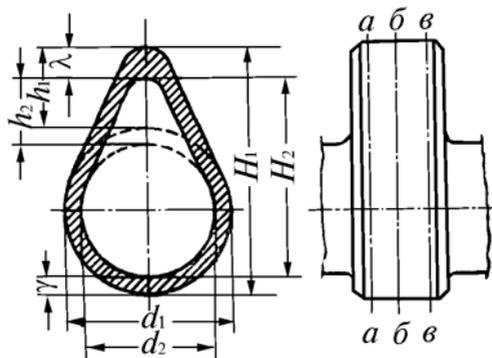


Рис. 2.7. Схема, характеризующая метод измерения износа носика кулачка распределительного вала

2.11. Вид таблицы для результатов измерения высоты и диаметра кулачка

Сечения	а-а		б-б		в-в	
Результаты измерения, мм						
Номер цилиндра	H_d	d_d	H_d	d_d	H_d	d_d
Кулачки впускные						
1						
...						
n						
Кулачки выпускные						
1						
...						
n						

3. Рассчитывается износ кулачков по высоте и высота подъема кулачка:

$$U = H_{cp} - H_d; \quad (2.48)$$

$$n = H - d. \quad (2.49)$$

где $H_{cp} = 0,5(H_{max} + H_{min})$; H_d – действительный замеренный размер кулачка по высоте, мм.

4. Проводятся замеры опорных шеек распределительного вала, результаты замеров заносятся в таблицу вида в табл. 2.12.

2.12. Вид таблицы для результатов измерения шеек распределительного вала

Номер шейки распределительного вала	Действительные размеры, мм					
	Сечения					
	а-а		б-б		в-в	
	Плоскости					
	1-1	2-2	1-1	2-2	1-1	2-2
1						
...						
n						

5. Рассчитываются овальность и конусность опорных шеек распределительного вала:

$$\Delta_{\text{ов}} = |d_{1-1(A-A)} - d_{2-2(A-A)}|; \quad (2.50)$$

$$\Delta_{\text{кон}} = |d_{\text{max}1-1} - d_{\text{min}1-1}|. \quad (2.51)$$

Результаты расчета заносятся в таблицу вида табл. 2.13.

2.13. Вид таблицы для результатов расчета овальности и конусности шеек распределительного вала

Номер шейки вала	Овальность			Конусность	
1					
...					
<i>n</i>					

6. Рассчитывается размер обработки шейки:

$$d_{\text{рем}}^{\text{рас}} = d_{\text{и}} - I_{\text{max}} - 2a,$$

где I_{max} – наибольший износ шеек, мм; a – припуск на обработку (от 0,04 до 0,15 мм)

7. Сравнивается величина $d_{\text{р}}$ со значениями категорийных ремонтных размеров $d_{\text{р.р}}$ и назначается категория ремонтного размера (выбирается ближайшая меньшая категория ремонтных размеров):

$$d_{\text{р.р}} \leq d_{\text{р}}. \quad (2.52)$$

8. В соответствии с результатами измерений рассчитывается остаточный ресурс $T_{\text{ост}}$ (мото.-ч) для вала.

9. На основании замеров и расчетов делается заключение о состоянии распределительного вала, номере ремонтного размера и остаточном ресурсе.

Пример.

Исходная задача. Необходимо произвести дефектацию кулачков 2 и 6 цилиндров и 1, 3 и 5 шеек распределительного вала двигателя ЗМЗ-53 в соответствии с изложенной выше методикой. Результаты замеров представлены в табл. 2.14 и 2.15. Внешних критичных дефектов и повреждений кулачков и шеек нет. (Номинальные и предельные размеры шеек и кулачков распределительных валов приведены в прил. П.4).

2.14. Результаты измерения высоты и диаметра кулачка

Сечения	а-а		б-б		в-в	
Результаты измерения, мм						
Номер цилиндра	H_d	d_d	H_d	d_d	H_d	d_d
Кулачки впускные						
2	34,91	29,97	34,86	29,96	34,88	29,91
6	34,86	30	34,83	29,96	34,87	29,91
Кулачки выпускные						
2	34,9	30	34,92	29,28	34,85	29,94
6	34,94	30,04	34,9	30,02	34,98	29,95

2.15. Результаты измерения шеек распределительного вала

Номер шейки распределительного вала	Действительные размеры, мм					
	Сечения					
	а-а		б-б		в-в	
	Плоскости					
	1-1	2-2	1-1	2-2	1-1	2-2
1	49,69	49,63	49,62	49,68	49,69	49,72
3	49,83	49,83	49,84	49,82	49,81	49,82
5	49,78	49,79	49,79	49,8	49,82	49,8

Номинальный диаметр шеек – $50_{-0,017}$ мм. Высота подъема клапанов – выпускных $5,57 \pm 0,08$ мм, впускных – $6,13 \pm 0,08$ мм. Овальность и конусность опорных шеек – не более 0,010 мм. Нароботка к началу замера $T_{исп} = 10\ 000$ мото.-ч.

3. Рассчитываем износ кулачков по высоте и высоту подъема кулачка:

– для впускного клапана:

– 2-го цилиндра:

$$H_{ср2вп} = 0,5(H_{маx2вп} + H_{min2вп}) = 0,5(34,91 + 34,86) = 34,885;$$

$$U_{2вп а-а} = H_{ср} - H_d = |34,885 - \mathbf{34,91}| = \mathbf{0,025};$$

$$U_{2вп б-б} = H_{ср} - H_d = |34,885 - \mathbf{34,86}| = \mathbf{0,025};$$

$$U_{2вп в-в} = H_{ср} - H_d = |34,885 - \mathbf{34,88}| = \mathbf{0,005};$$

$$n_{2вп а-а} = H - d = 34,91 - 29,97 = 4,94;$$

$$n_{2\text{вп б-б}} = H - d = 34,86 - 29,96 = 4,90;$$

$$n_{2\text{вп в-в}} = H - d = 34,88 - 29,91 = 4,97;$$

– 6-го цилиндра:

$$H_{\text{србвп}} = 0,5(H_{\text{макбвп}} + H_{\text{минбвп}}) = 0,5(34,97 + 34,83) = 34,85;$$

$$U_{\text{бвп а-а}} = H_{\text{ср}} - H_{\text{д}} = |34,85 - 34,86| = 0,01;$$

$$U_{\text{бвп б-б}} = H_{\text{ср}} - H_{\text{д}} = |34,85 - 34,83| = 0,02;$$

$$U_{\text{бвп в-в}} = H_{\text{ср}} - H_{\text{д}} = |34,85 - 34,87| = 0,02;$$

$$n_{\text{бвп а-а}} = H - d = 34,86 - 30 = 4,86;$$

$$n_{\text{бвп б-б}} = H - d = 34,83 - 29,96 = 4,87;$$

$$n_{\text{бвп в-в}} = H - d = 34,87 - 29,91 = 4,96;$$

– для выпускного клапана:

– 2-го цилиндра:

$$H_{\text{ср2вып}} = 0,5(H_{\text{мак2вып}} + H_{\text{мин2вып}}) = 0,5(34,92 + 34,85) = 34,885;$$

$$U_{\text{2вып а-а}} = H_{\text{ср}} - H_{\text{д}} = |34,885 - 34,90| = 0,015;$$

$$U_{\text{2вып б-б}} = H_{\text{ср}} - H_{\text{д}} = |34,885 - 34,92| = 0,035;$$

$$U_{\text{2вып в-в}} = H_{\text{ср}} - H_{\text{д}} = |34,885 - 34,85| = 0,065;$$

$$n_{\text{2вып а-а}} = H - d = 34,90 - 30,00 = 4,90;$$

$$n_{\text{2вып б-б}} = H - d = 34,92 - 29,28 = 4,64;$$

$$n_{\text{2вып в-в}} = H - d = 34,85 - 29,94 = 4,91;$$

– 6-го цилиндра:

$$H_{\text{србвып}} = 0,5(H_{\text{макбвып}} + H_{\text{минбвып}}) = 0,5(34,98 + 34,90) = 34,94;$$

$$U_{\text{бвып а-а}} = H_{\text{ср}} - H_{\text{д}} = |34,94 - 34,86| = 0,01;$$

$$U_{\text{бвып б-б}} = H_{\text{ср}} - H_{\text{д}} = |34,94 - 34,83| = 0,02;$$

$$U_{\text{бвып в-в}} = H_{\text{ср}} - H_{\text{д}} = |34,94 - 34,87| = 0,02;$$

$$n_{\text{бвып а-а}} = H - d = 34,86 - 30 = 4,86;$$

$$n_{\text{бвып б-б}} = H - d = 34,83 - 29,96 = 4,87;$$

$$n_{\text{бвып в-в}} = H - d = 34,87 - 29,91 = 4,96.$$

Минимальные значения высоты подъема кулачков заносим в табл. 2.16.

2.16. Результаты расчета износа кулачков распределительного вала и высоты подъема клапана

Номер цилиндра	Высота подъема клапана	Износ кулачка по высоте
Кулачки впускные		
2	4,90	6,13 – 4,90 = 1,23
6	4,86	6,13 – 4,86 = 1,27
Кулачки выпускные		
2	4,90	5,57 – 4,90 = 0,67
6	4,88	5,57 – 4,88 = 0,69

4. Рассчитываем овальность и конусность опорных шеек распределительного вала:

Первая шейка

$$\Delta_{\text{ов А-А}} = |d_{1-1(\text{А-А})} - d_{2-2(\text{А-А})}| = |49,69 - 49,63| = 0,06;$$

$$\Delta_{\text{ов Б-Б}} = |d_{1-1(\text{Б-Б})} - d_{2-2(\text{Б-Б})}| = |49,62 - 49,68| = 0,06;$$

$$\Delta_{\text{ов В-В}} = |d_{1-1(\text{В-В})} - d_{2-2(\text{В-В})}| = |49,69 - 49,72| = 0,03;$$

$$\Delta_{\text{кон 1-1}} = |d_{\text{max1-1}} - d_{\text{min1-1}}| = |49,69 - 49,62| = 0,07;$$

$$\Delta_{\text{кон 2-2}} = |d_{\text{max2-2}} - d_{\text{min2-2}}| = |49,72 - 49,63| = 0,10.$$

Третья шейка

$$\Delta_{\text{ов А-А}} = |d_{1-1(\text{А-А})} - d_{2-2(\text{А-А})}| = |49,83 - 49,83| = 0,00;$$

$$\Delta_{\text{ов Б-Б}} = |d_{1-1(\text{Б-Б})} - d_{2-2(\text{Б-Б})}| = |49,84 - 49,82| = 0,02;$$

$$\Delta_{\text{ов В-В}} = |d_{1-1(\text{В-В})} - d_{2-2(\text{В-В})}| = |49,81 - 49,82| = 0,01;$$

$$\Delta_{\text{кон 1-1}} = |d_{\text{max1-1}} - d_{\text{min1-1}}| = |49,84 - 49,81| = 0,03;$$

$$\Delta_{\text{кон 2-2}} = |d_{\text{max2-2}} - d_{\text{min2-2}}| = |49,83 - 49,82| = 0,01.$$

Пятая шейка

$$\Delta_{\text{ов А-А}} = |d_{1-1(\text{А-А})} - d_{2-2(\text{А-А})}| = |49,78 - 49,79| = 0,01;$$

$$\Delta_{\text{ов Б-Б}} = |d_{1-1(\text{Б-Б})} - d_{2-2(\text{Б-Б})}| = |49,79 - 49,80| = 0,01;$$

$$\Delta_{\text{ов В-В}} = |d_{1-1(\text{В-В})} - d_{2-2(\text{В-В})}| = |49,82 - 49,80| = 0,02;$$

$$\Delta_{\text{кон 1-1}} = |d_{\text{max1-1}} - d_{\text{min1-1}}| = |49,82 - 49,78| = 0,04;$$

$$\Delta_{\text{кон 2-2}} = |d_{\text{max2-2}} - d_{\text{min2-2}}| = |49,80 - 49,79| = 0,01.$$

Результаты расчета заносим в табл. 2.17.

2.17. Овальность и конусность шеек распределительного вала

Номер шейки вала	Овальность			Конусность	
1	0,06	0,06	0,03	0,07	0,10
3	0,00	0,02	0,01	0,03	0,01
5	0,01	0,01	0,02	0,04	0,01

5. Рассчитывается размер обработки шейки:

$$d_{\text{рем}}^{\text{рас}} = d_{\text{н}} - I_{\text{max}} - 2a = 50 - 0,38 - 2 \cdot 0,05 = 49,52;$$

$$I_{\text{max}} = d_{\text{н}} - d_{\text{imin}} = 50 - 49,62 = 0,38 \text{ мм.}$$

6. Сравняется величина $d_{\text{р}}$ со значениями категориальных ремонтных размеров $d_{\text{р,п}}$ и назначается категория ремонтного размера (выбирается ближайшая меньшая категория ремонтных размеров):

$d_{\text{р,п}} = 49,52 < d_{\text{р}} = 49,5$ – принимаем второй ремонтный размер (Р2).

7. В соответствии с результатами измерений рассчитываем остаточный ресурс $T_{ост}$ (мото.-ч) для вала по формуле

$$T_{ост} = T_{исп} \frac{d_{изм} - d_{пр}}{d_{ном} - d_{изм}} = 10\,000 \cdot \frac{49,62 - 49,35}{50 - 49,62} = 7101.$$

8. На основании результатов замеров и расчетов установлено, что кулачки имеют износ, который не входит в допуск (больше 0,5 мм), поэтому их следует восстановить до номинального размера. Овальность и конусность опорных шеек находятся в допустимых пределах (не более 0,1), необходимо восстановление под второй ремонтный размер – 49,5 (P2), остаточный ресурс шеек вала – 7101 мото.-ч.

2.4. ДЕФЕКТАЦИЯ ШАТУННЫХ И КОРЕННЫХ ШЕЕК КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Методические указания к работе

В процессе работы на коленчатый вал воздействуют силы трения, вибрация, знакопеременные нагрузки, среда и др. Все это вызывает появление износов ($\Delta_{изн}$ до 0,1 мм), нарушение качества поверхности коренных и шатунных шеек (задиры, риски, коррозия), механические повреждения (трещины, дефекты резьб), отклонения расположения ($\Delta_{блнения}$ до 0,150 мм).

Дефекты, если они не обладают браковочными признаками, устраняют обработкой под ремонтные размеры (РР), слесарно-механической обработкой, пластическим деформированием, вибродуговой наплавкой, наплавкой под слоем легирующего флюса.

Восстановление способом ремонтных размеров является распространенным методом. У одной из сопрягаемых деталей механической обработкой устраняют искажение геометрической формы и чистоты поверхности и нарушение взаиморасположения поверхностей, вызванных износом, а другую деталь заменяют новой или восстановленной с измененными размерами. Сопряжению возвращается первоначальный зазор или натяг, т.е. посадка, но детали сопряжения будут иметь размеры, отличные от первоначальных. Например, при износе сопряжения цилиндр–поршень–цилиндр растачивают под увеличенный ремонтный размер и устанавливают новый поршень, соответствующий размеру. При этом зазор в сопряжении и форма деталей будут восстановлены.

Существуют три вида ремонтных размеров: стандартный, регламентированный и свободный. При использовании метода стандартных ремонтных размеров одна из деталей, например шейка коленчатого

вала, шлифуется на определенный ремонтный размер, а вторая заменяется новой деталью, например шатунными и коренными вкладышами, с тем же ремонтным размером.

При обработке под свободный ремонтный размер с поверхности детали снимают минимальный слой металла, ведя обработку до выведения искаженной геометрической формы. Например, для восстановления зазора в сопряжении втулок с шейками распределительного вала двигателя шейку шлифуют до выведения овальности и конусности и устанавливают новые втулки с уменьшенным внутренним диаметром. Так как при свободных ремонтных размерах потеря металла от обработки минимально, то срок использования деталей будет небольшим. Недостатком этого метода является то, что вторая деталь, установленная взамен изношенной, требует обработки под получившийся свободный размер первой детали, и при этом нарушается взаимозаменяемость.

Регламентированные ремонтные размеры применяют при необходимости сохранения определенных рабочих характеристик (фаз газораспределения, времени открытия клапанов, закономерности топливоподачи и др.) или других технических условий.

Под дефектовкой понимают не только измерения с целью выбраковки негодных деталей после эксплуатации, но и измерения с целью рассортировки деталей по ремонтным размерам. Те и другие измерения проводят в наиболее изнашиваемых сечениях детали. Поэтому обычно методы измерения с целью дефектовки могут быть правильно установлены только после того, как известен характер износа детали по времени. Было бы экономически неоправданным всякий раз, например, по каждой шейке коленчатого вала отыскивать наиболее изнашиваемое сечение, прибегая к методу, который показан на рис. 2.8.

В процессе дефектовки измерения нужно вести только в тех сечениях, которые в результате многократных измерений установлены как наиболее изнашиваемые.

Величина ремонтного размера детали зависит от ее износа и припуска на обработку. Припуск на обработку устанавливают с учетом размера, материала и состояния поверхности детали, характера обработки и применяемого оборудования.

Ремонтные размеры применительно к валу определяются по следующим формулам:

$$d_{p_1} = d_{\text{ном}} - 2(i + a); \quad (2.53)$$

$$d_{p_2} = d_{p_1} - 2(i + a); \quad (2.54)$$

$$d_{p_n} = d_{p_{n-1}} - 2(i + a), \quad (2.55)$$

где $d_{\text{ном}}$ – номинальный диаметр шейки вала, мм (прил. П.5); d_{p_1} , $d_{p_2} \dots d_{p_n}$ – ремонтные размеры диаметра, мм; i – величина радиального износа шейки, мм; a – припуск на обработку на сторону, мм.

Приведенными формулами можно пользоваться, если вал изношен равномерно и сохранен его центр.

При неравномерном износе и сохранении центра вала определяют коэффициент неравномерности износа по формуле

$$\delta = \frac{i_{\text{max}}}{i}, \quad (2.56)$$

где i_{max} – наибольшая величина радиального износа; i – общая величина радиального износа по диаметру; $\delta = 0,5$ – при равномерном износе; $\delta = 1$ – при одностороннем износе.

С учетом коэффициента неравномерности износа ремонтные размеры применительно к валу определяются по формуле

$$d_{\text{рем}}^{\text{рас}} = d_n - 2(i\delta + a). \quad (2.57)$$

Величина $2(i\delta + a)$ называется ремонтным интервалом и определяет величину ремонтных размеров и их количество. Величину ремонтного интервала округляют в сторону увеличения до 1; 0,5; 0,25.

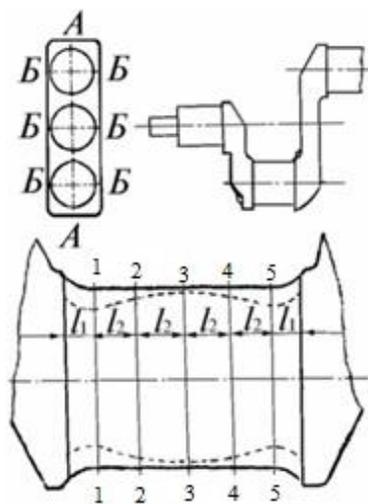


Рис. 2.8. Положение плоскостей и сечений при измерении шеек коленчатого вала

Количество ремонтных размеров определяют делением толщины закаленного слоя детали на величину ремонтного интервала

$$n = \frac{d_{\text{ном}} - d_{\text{пр}}}{2(i\delta + a)}, \quad (2.58)$$

где $d_{\text{ном}}$ – номинальное значение диаметра, $d_{\text{пр}}$ – предельно допустимое значение диаметра, a – припуск на обработку на сторону.

Предельно допустимые ремонтные размеры отдельных деталей зависят от прочности детали, глубины термической обработки поверхностного слоя, допустимых удельных давлений в сопряжении. Припуск на обработку шеек вала может быть определен по формуле

$$a = a_{\text{пр}} + a_r + a_6, \quad (2.59)$$

где $a_{\text{пр}}$ – допустимый без правки прогиб коленвала ($a_{\text{пр}} < 0,05$ мм); $a_r = 0,03$ мм – наибольшая глубина рисок на изношенной поверхности шеек; a_6 – неточность базирования вала на станке ($a_6 = 0,04 \dots 0,05$).

Порядок дефектования

1. Знакомятся с общим устройством дефектуемого коленвала, его маркой. По справочным данным (прил. П.5) выписать ремонтные размеры коленчатого вала, для удобства их можно свести к таблице вида табл. 2.18.

2.18. Категория ремонтных размеров на вал коленчатый – марка вала

Параметр	Номинальный размер	Категория ремонтного размера						
		0	1	2	...	...	...	<i>n</i>
Размер коренной шейки (допуск \pm ___ мм), мм								
Обозначение маркировки коренной шейки								
Размер шатунной шейки (допуск \pm _____ мм), мм		0	1	2	...	...	...	<i>n</i>
Обозначение маркировки шатунной шейки								
Размер пятой коренной шейки по ширине, мм								

2. Определяется характер износа шеек коленчатого вала с целью дефектовки. Измерения ведутся по шатунной шейке и коренной шейке в пяти сечениях, которые должны располагаться от галтели на расстоянии (см. рис. 2.8) 1–1, 5–5...; 2–2 и 4–4...; 3–3... в середине шейки. Измерения проводятся в продольной плоскости А–А, совпадающей

с плоскостью шеек вала (рис. 2.8), т.е. с плоскостью, в которой действует наибольшее давление во время взрыва газов и в начале такта расширения. Вторая плоскость (Б–Б) будет перпендикулярной первой. Результаты измерений заносятся в табл. 2.19.

2.19. Действительные размеры, полученные при измерении

По шатунной шейке										
Сечение	1-1		2-2		3-3		4-4		5-5	
Плоскости	А-А	Б-Б	А-А	Б-Б	А-А	Б-Б	А-А	Б-Б	А-А	Б-Б
Результаты измерений										

По коренной шейке										
Сечение	1-1		2-2		3-3		4-4		5-5	
Плоскости	А-А	Б-Б	А-А	Б-Б	А-А	Б-Б	А-А	Б-Б	А-А	Б-Б
Результаты измерений										

3. Строятся графики износа шатунной и коренной шеек в плоскостях А–А и Б–Б, износ устанавливается из разности (рис. 2.9)

$$И = d_n - d_d = 0,5(d_{\max} + d_{\min}) - d_d, \quad (2.60)$$

где d_n – номинальный размер, мм; d_d – действительный размер, полученный при измерении, мм. Результаты заносятся в таблицу вида табл. 2.20.

2.20. Данные для построения кривой износа шеек коленчатого вала

Для шатунной шейки					
В плоскости А-А					
Сечение	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5
Износ, мкм					

В плоскости Б-Б					
Сечение	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5
Износ, мкм					

Для коренной шейки					
В плоскости А-А					
Сечение	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5
Износ, мкм					

В плоскости Б-Б					
Сечение	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5
Износ, мкм					

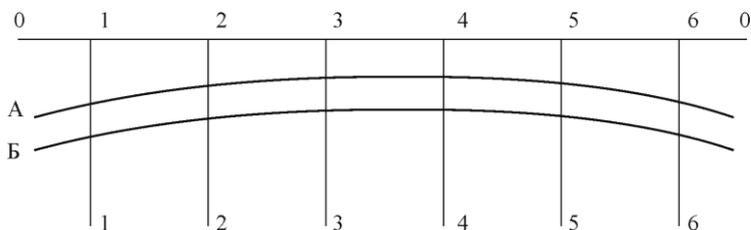


Рис. 2.9. Пример вид графика износа шатунной и коренной шеек

4. С учетом коэффициента неравномерности износа определяются расчетные ремонтные размеры применительно к шейкам коленчатого вала.

5. Сравнением наименьшего расчетного размера с таблицами стандартных ремонтных размеров выбирается нужный ремонтный размер, удовлетворяющий условию

$$d_{\text{рем}}^{\text{табл}} \leq d_{\text{рем}}^{\text{рас}} \quad (2.61)$$

Результаты сводятся в табл. 2.21.

2.21. Данные по расчету ремонтных размеров

Для шатунных шеек			
Номер шейки	Наибольший износ, мм	Расчетный ремонтный размер, мм	Принятый ремонтный размер, мм
1			
Для коренных шеек			
2			

6. Делается заключение о состоянии коленвала и принятом ремонтном размере.

Пример.

Исходная задача. Необходимо произвести дефектацию коренных и шатунных шеек коленчатого вала двигателя КАМАЗ 740 в соответствии с изложенной выше методикой. Результаты замеров представлены в табл. 2.22. Внешних критичных дефектов и повреждений шеек нет. (Номинальные и предельные размеры шеек коленчатых валов приведены в прил. П.5). Необходимо установить пригодность шеек вала к дальнейшей эксплуатации, определить ремонтный размер для измеряемых шеек.

2.22. Действительные размеры, полученные при измерении

По шатунной шейке										
Сечения	1-1		2-2		3-3		4-4		5-5	
Плоскости	А-А	Б-Б	А-А	Б-Б	А-А	Б-Б	А-А	Б-Б	А-А	Б-Б
Результаты измерений	79,8	79,82	79,86	79,85	79,9	79,91	79,83	79,83	79,79	79,78

По коренной шейке										
Сечения	1-1		2-2		3-3		4-4		5-5	
Плоскости	А-А	Б-Б	А-А	Б-Б	А-А	Б-Б	А-А	Б-Б	А-А	Б-Б
Результаты измерений	94,8	94,82	94,85	94,85	94,9	94,91	94,83	94,83	94,79	94,78

1. Знакомимся с общим устройством дефектуемого коленвала, его маркой. По справочным данным (прил. П.5) заполняем табл. 2.23.

2.23. Категория ремонтных размеров на вал коленчатый – 740.13-1005020, 740.30-1005020-01

	Ед. изм.	Номинальный размер	Категория ремонтного размера						
			0	1	2	3	4	5	6
Размер коренной шейки (допуск $\pm 0,011$ мм)	мм	95	94,95	94,75	94,5	94,25	94	93,75	93,5
Обозначение маркировки коренной шейки		0	R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6
Размер шатунной шейки (допуск $\pm 0,011$ мм)	мм	80	79,95	79,75	79,5	79,25	79	78,75	78,5
Обозначение маркировки шатунной шейки		0	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Размер пятой коренной шейки по ширине	мм	$36,2^{+0,05}$	$36,5^{+0,08}$						

2. Для построения графиков износа шатунной и коренной шеек в плоскостях А-А и Б-Б рассчитываем износ и заполняем табл. 2.21:

По шатунной шейке:

– для плоскости А-А:

$$I_{1-1} = d_n - d_d = 80 - 79,8 = 0,2;$$

$$I_{2-2} = 80 - 79,86 = 0,14;$$

$$I_{3-3} = 80 - 79,90 = 0,10;$$

$$I_{4-4} = 80 - 79,83 = 0,17;$$

$$I_{5-5} = 80 - 79,79 = 0,21;$$

– для плоскости Б–Б:

$$I_{1-1} = 80 - 79,82 = 0,18;$$

$$I_{2-2} = 80 - 79,85 = 0,14;$$

$$I_{3-3} = 80 - 79,91 = 0,09;$$

$$I_{4-4} = 80 - 79,83 = 0,17;$$

$$I_{5-5} = 80 - 79,78 = 0,22.$$

Аналогичные расчеты выполняются для коренной шейки, результаты представлены в табл. 2.24.

2.24. Данные для построения кривой износа шеек коленчатого вала

Для шатунной шейки					
В плоскости А–А					
Сечение	1–1	2–2	3–3	4–4	5–5
Износ, км	0,2	0,14	0,1	0,17	0,21
В плоскости Б–Б					
Сечение	1–1	2–2	3–3	4–4	5–5
Износ, км	0,18	0,15	0,09	0,17	0,22
Для коренной шейки					
В плоскости А–А					
Сечение	1–1	2–2	3–3	4–4	5–5
Износ, км	0,2	0,15	0,1	0,17	0,21
В плоскости Б–Б					
Сечение	1–1	2–2	3–3	4–4	5–5
Износ, км	0,18	0,15	0,09	0,17	0,22

По результатам расчетов строим графики износа шатунной и коренной шеек (рис. 2.10, 2.11).

Из рисунков 2.10 и 2.11 видно, что наибольший износ шеек коленчатого вала наблюдается по их краям, что соответствует характерной картине износа. Максимальное значение износа для шатунной

шейки и коренной шеек составляет 0,22 мм. Для шатунной шейки радиальный износ равномерный – $\delta = 0,5$, для коренной износ в одной из плоскостей односторонний – $\delta = 1$.

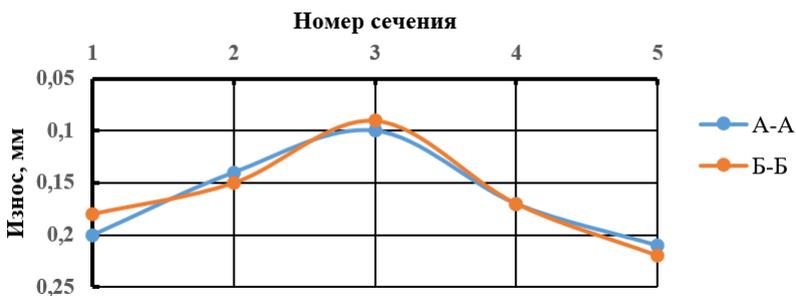


Рис. 2.10. График износа шатунной шейки коленчатого вала

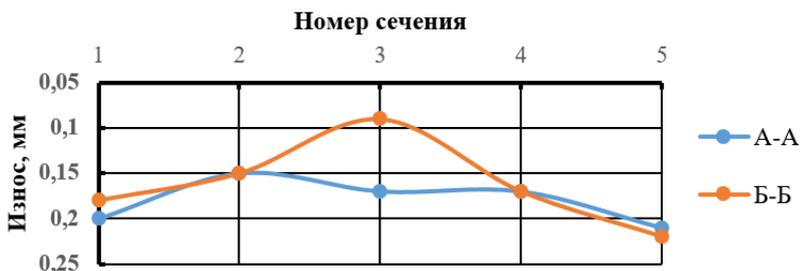


Рис. 2.11. График износа коренной шейки коленчатого вала

3. С учетом коэффициента неравномерности износа определяют расчетные ремонтные размеры применительно к шейкам коленчатого вала:

Для шатунной шейки:

$$d_{\text{рас}}^{\text{рем}} = d_{\text{н}} - 2(i_{\text{max}}\delta + a) = 80 - 2 \cdot (0,22 \cdot 0,5 + 0,12) = 79,54;$$

$$a = a_{\text{пр}} + a_r + a_{\sigma} = 0,05 + 0,03 + 0,04 = 0,12.$$

Для коренной шейки:

$$d_{\text{рас}}^{\text{рас}} = d_{\text{н}} - 2(i_{\text{max}}\delta + a) = 95 - 2 \cdot (0,22 \cdot 1,5 + 0,12) = 94,32;$$

$$a = a_{\text{пр}} + a_r + a_{\sigma} = 0,05 + 0,03 + 0,04 = 0,12.$$

4. Сравнением наименьшего расчетного размера с таблицами стандартных ремонтных размеров выбирается нужный ремонтный размер, удовлетворяющий условию:

Для шатунной шейки

$$d_{\text{рем}}^{\text{табл}} = 79,5 < d_{\text{рем}}^{\text{расч}} = 79,54.$$

Для коренной шейки

$$d_{\text{рем}}^{\text{табл}} = 94,25 < d_{\text{рем}}^{\text{расч}} = 94,32.$$

Результаты сводим в табл. 2.25.

2.25. Данные по расчету ремонтных размеров

Для шатунных шеек			
Номер шейки	Наибольший износ, мм	Расчетный ремонтный размер, мм	Принятый ремонтный размер, мм
1	0,22	79,54	79,5 (P2)
Для коренных шеек			
2	0,22	94,32	94,25 (P3)

5. Состояние шатунных и коренных шеек обеспечивает дальнейшую эксплуатацию коленчатого вала, но требует их восстановления под второй ремонтный размер для шатунных шеек и под третий ремонтный размер для коренных шеек.

2.5. КОМПЛЕКТОВАНИЕ ПОРШНЕЙ И ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ НА РАЗМЕРНЫЕ ГРУППЫ

Общие сведения

Поверхности деталей делят на сопрягаемые и несопрягаемые.

Сопрягаемые – это поверхности, которыми детали соединяются в подгруппы, группы и механизмы. Диаметры отверстий обозначают D , а диаметры валов d . Размеры выражают численные значения линейных величин (диаметром и длин) и делят их на номинальные (D , d), действительные (D_i , d_i), предельные (D_{\max} , d_{\max} , D_{\min} , d_{\min}). Предельные размеры характеризуют точность действительных размеров и погрешность обработки.

Точность размера определяется величиной поля допуска отверстия и вала (TD, Td). Поле допуска определяют его величиной и положением относительно номинального размера. Алгебраическую разницу между размером действительным (предельным) и номинальным называют отклонением (E, e). Различают верхнее (ES, es) и нижнее (EI, ei) отклонения.

Посадка – характер соединения деталей, определяемый величиной получающихся в нем зазоров S или натягов N . Характер соединения должен обеспечивать надежность эксплуатации изделия.

В зависимости от расположения полей допусков отверстия и вала посадки подразделяются на посадки с гарантированным зазором, с гарантированным натягом и переходные.

Допуск посадки (ТП) равен сумме допусков отверстия и вала, составляющих соединение:

$$ТП = TD + Td, \text{ мм.} \quad (2.62)$$

Поле допуска отверстия

$$TD = ES - EI, \text{ мм.} \quad (2.63)$$

Поле допуска вала

$$Td = es - ei, \text{ мм.} \quad (2.64)$$

Для посадок с зазором допуск зазора

$$TS = S_{\max} - S_{\min}, \text{ мм.} \quad (2.65)$$

Для посадок с натягом допуск натяга

$$TN = N_{\max} - N_{\min}, \text{ мм.} \quad (2.66)$$

Для переходной посадки допуск зазора–натяга

$$TSN = S_{\max} + N_{\max}, \text{ мм.} \quad (2.67)$$

Действительные максимальные и минимальные зазоры:

$$S'_{\min} = EI - es, \text{ мм;} \quad (2.68)$$

$$S'_{\max} = Es - ei, \text{ мм.} \quad (2.69)$$

Число размерных групп

$$n = ТП/TS. \quad (2.70)$$

Групповой допуск деталей соединения:

$$TD_{г} = TD/n, \text{ мм;} \quad (2.71)$$

$$Td_{г} = Td/n, \text{ мм.} \quad (2.72)$$

Методика расчета размерных групп деталей соединения при групповой взаимозаменяемости

Методику расчета размерных групп деталей соединения при групповой взаимозаменяемости рассмотрим на примере двигателя «Москвич-412».

Пример.

Исходная задача. Рассчитать число размерных групп для комплектования поршней с гильзами цилиндров двигателя «Москвич-412» и последующей их сборки методом групповой взаимозаменяемости. Гильза цилиндра имеет внутренний размер – $82_{+0,01}^{+0,06}$ мм; поршень – $82_{-0,06}^{-0,01}$ мм; посадка с зазором $S_{\max} = 0,08$ мм, $S_{\min} = 0,06$ мм, $TS = 0,02$ мм.

1. Определяем величины допусков и соответствующих предельных отклонений размеров деталей соединения.

Поле допуска гильзы цилиндра

$$TD = ES - EI = 0,06 - 0,01 = 0,05 \text{ мм.}$$

Поле допуска поршня

$$Td = es - ei = -0,01 - (-0,06) = 0,05 \text{ мм.}$$

Допуск посадки

$$TP = TD + Td = 0,05 + 0,05 = 0,10 \text{ мм.}$$

Вывод: $TP = 0,1 > TS = 0,02$.

Графическое расположение полей допусков представлено на рис. 2.12.



Рис. 2.12. Графическое изображение расположения полей допусков сопряжения гильза–поршень двигателя «Москвич-412»

2. Определяем минимальное и максимальные значения зазоров:

$$S'_{\min} = EI - es = 0,01 - (-0,01) = 0,02 \text{ мм;}$$

$$S'_{\max} = Es - ei = 0,06 - (-0,06) = 0,12 \text{ мм.}$$

3. Определяем допуск зазора посадки гильза–поршень

$$TS = S_{\max} - S_{\min} = 0,12 - 0,02 = 0,10 \text{ мм.}$$

Вывод: варианты посадок, характеризующиеся $S_{\max} = 0,12$ мм и $S_{\min} = 0,02$ мм, не соответствуют требованиям РК 200-РСФСР-2025–73.

Для обеспечения требуемой точности сборки сопряжения ($TS = 0,02$ мм) необходим подбор по методу групповой взаимозаменяемости.

4. Для обеспечения условия точности сборки ($TII = TS$) определяем число размерных групп

$$n = TII/TS = 0,10/0,02 = 5.$$

5. Определяем групповой допуск размерной группы:

$$TD_r = TD/n = 0,05/5 = 0,01 \text{ мм};$$

$$Td_r = Td/n = 0,05/5 = 0,01 \text{ мм}.$$

Составляем таблицу размерных групп деталей соединения.

2.26. Размерные группы деталей соединения гильза–поршень

Гильза			Поршень		
$ES, EI,$ мм	$D_{\max} - D_{\min},$ мм	Обозначение группы	$es, ei,$ мм	$d_{\max} - d_{\min},$ мм	Обозначение группы
$82^{+0,06}_{+0,05}$	82,06...82,05	<i>A</i>	$82^{-0,01}_{-0,02}$	81,99...81,98	<i>A</i>
$82^{+0,05}_{+0,04}$	82,05...82,04	<i>B</i>	$82^{-0,02}_{-0,03}$	81,98...81,97	<i>B</i>
$82^{+0,04}_{+0,03}$	82,04...82,02	<i>C</i>	$82^{-0,03}_{-0,04}$	81,97...81,96	<i>C</i>
$82^{+0,03}_{+0,02}$	82,03...82,02	<i>D</i>	$82^{-0,04}_{-0,05}$	81,96...81,95	<i>D</i>
$82^{+0,02}_{+0,01}$	82,02...82,01	<i>E</i>	$82^{-0,05}_{-0,06}$	81,95...81,94	<i>E</i>

6. Проверка правильности комплектации деталей сопряжения гильза–поршень. Для этого определим допуск зазора для одной из групп, например: для группы *D*. В пределах этой группы детали собираются по посадке с гарантированным зазором, которая характеризуется максимальным и минимальным зазорами.

$$S'_{\max} = 0,03 - (-0,05) = 0,08 \text{ мм};$$

$$S'_{\min} = 0,02 - (-0,04) = 0,06 \text{ мм},$$

тогда допуск зазора

$$TS = 0,08 - 0,06 = 0,02 \text{ мм}.$$

Следовательно, заданный допуск зазора соблюдается в пределах каждой размерной группы.

Контрольные вопросы

1. Какие параметры используются для определения интенсивности изнашивания детали?
2. Что такое допустимый и предельный износ сопряжения? В чем разница между ними?
3. Что такое ремонтный размер детали и какие виды ремонтных размеров существуют?
4. Как рассчитываются ремонтные размеры для отверстий?
5. Какие дефекты возникают на распределительном валу в процессе эксплуатации и каким образом они устраняются?
6. Как проводится расчет овальности и конусности опорных шеек распределительного вала?
7. Какие дефекты возникают на коленчатом валу в процессе эксплуатации и каким образом они устраняются?
8. Последовательность выполнения дефектовки коленчатого вала.
9. Перечислите основные виды посадок сопряжений деталей
10. Как рассчитывается допуск посадки?

3. СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Технологический процесс (ТП) восстановления деталей – это процесс, содержащий целенаправленные действия по изменению определенного состояния детали в целях 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% общей стоимости, в то время как стоимость восстановления этих же самых деталей составляет 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 ниже затраты на ее восстановление.

Еще одним фактором в пользу применения различных способов восстановления является то, что примерно 65% деталей имеют износ не более 0,15 мм, а 85% – износ не более 0,3 мм. Повторно после восстановления могут использоваться до 70% деталей. Количество операций при восстановлении в 5 – 8 раз меньше, чем при изготовлении. Современные технологии восстановления способны обеспечить ресурс восстановленной детали на уровне 70...80% от ресурса новой детали.

Однако трудоемкость восстановления иногда выше, чем при изготовлении. Это объясняется мелкосерийным характером производства, использованием универсального оборудования, частыми переналадками оборудования и мелкими партиями деталей.

Согласно исследованиям наблюдается следующее распределение по форме изнашивающихся поверхностей: износ больших отверстий – 7,7%; износ малых отверстий – 31%; износ шеек валов и осей – 11,5%; износ шпоночных канавок и шлицев – 5,5%; износ фасонных поверхностей – 10,3%, износ резьб – 5%; коробление плоскостей – 18%; прочие износы – 11%.

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

Детали, работающие на трение, а также подверженные ударам абразивных частиц, имеют такой дефект, как износ рабочих поверхностей. Нарушение шероховатости поверхности и изменения в поверхностных слоях снижают прочностные характеристики детали. В таких деталях восстанавливают шероховатость поверхности и качество поверхностного слоя. Это достигается удалением поврежденных слоев металла с соблюдением требований к форме и размерам поверхностей.

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

Таким образом, для устранения перечисленных дефектов применяются разнообразные способы восстановления (табл. 3.1), которые можно разделить на две группы: способы обработки и способы наращивания.

Первоначальную посадку в сопряжениях восстанавливают путем изменения начальных размеров сопрягаемых деталей (способ ремонтных размеров), постановкой дополнительной ремонтной детали, а также способами, основанными на перемещении металла детали к ее изношенной части.

Наплавка оказывает на изделие термическое влияние, вызывающее возникновение деформаций и напряжений. Поэтому после применения наплавки необходимо предусмотреть использование методов термической обработки, таких как отпуск и нормализация, и применение технологических операций для исправления формы детали.

Нанесение покрытия вызывает снижение сопротивления усталости, поэтому в целях его повышения необходимо предусмотреть дополнительные технологические операции, такие как термообработка и упрочнение. Особенно это актуально для деталей, работающих в условиях знакопеременных нагрузок.

3.1. Классификация способов восстановления

Способы наращивания		Способы обработки		
Сварка и наплавка	Лазерная	Пластическое деформирование	Правка	
	Плазменная		Накатка	
	Газовая		Обжатие	
	Дуговая		Раздача	
Гальванические покрытия	Меднение		Чеканка	
	Никелирование		Раскатка	
	Железнение		Вытяжка	
	Хромирование		Осадка	
Газотермическое напыление	Детонационное газопламенное (газовоздушное, газокислородное, высокочастотное)	Слесарно-механическая обработка	Постановка дополнительной ремонтной детали (ДРД)	
	Газоэлектрическое (плазменное, электродуговое)		Обработка под ремонтный размер	
Нанесение синтетических материалов	Газопламенное		Механическая обработка	
	Под давлением			
	Прессованием			
	В псевдосжиженном слое			

Прочность сцепления покрытий с основным металлом часто является решающим фактором при выборе способа восстановления детали. Наибольшей прочностью обладают покрытия, выполненные газовой, электро- и вибродуговой наплавкой и электроискровым нанесением слоя металла. Прочность сцепления металлизационного покрытия с поверхностью основного металла является главным эксплуатационным свойством, определяющим работоспособность восстановленных по этому способу деталей.

При назначении способов восстановления учитываются такие факторы, как материал детали, условия работы детали в узле, произ-

водственные возможности предприятия, величина износа, форма, размеры детали, возможность термической обработки, себестоимость ремонта. Если деталь можно восстановить несколькими способами, то предпочтение отдают наиболее экономичному способу, при котором обеспечивается максимальный межремонтный ресурс и наименьшая величина удельной себестоимости ремонта на единицу времени работы детали.

Таким образом, при выборе оптимальной технологии восстановления деталей конкретной номенклатуры 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.

3.2. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ СПОСОБАМИ ОБРАБОТКИ ПОД РЕМОНТНЫЙ РАЗМЕР

Одним из способов восстановления деталей механической обработкой является обработка под ремонтный размер. Так восстанавливают различные детали пар трения типа «вал–втулка» или «поршень–цилиндр». Суть способа состоит в следующем: наиболее дорогостоящую деталь (например, коленчатый вал) восстанавливают, обрабатывая под ремонтный размер, а вторая деталь (например, вкладыш) заменяется на новую или тоже восстанавливается под ремонтный размер. С помощью данного способа 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. В качестве примера можно привести обработку фаски седла клапана в головке цилиндров лишь до выведения следов износа, в которой затем по месту притирается клапан двигателя.

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

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

На рисунке 3.1 представлены расчетные схемы для определения величины и количества ремонтных размеров при восстановлении вала и отверстия. На данном рисунке размеры вала и отверстия по рабочему чертежу обозначены соответственно d_n и D_n . Первые ремонтные размеры – d_{p1} и D_{p1} , максимальный и минимальный износ поверхности на сторону – U_{max} и U_{min} , припуск на механическую обработку на сторону – z .

Исходя из представленных расчетных схем, первый ремонтный размер для наружных цилиндрических поверхностей можно определить по формуле

$$d_{p1} = d_n - 2 \cdot (U_{max} + z); \quad (3.1)$$

– для внутренних цилиндрических поверхностей

$$D_{p1} = D_n + 2 \cdot (U_{max} + z). \quad (3.2)$$

Для упрощения определения величины износа вводится коэффициент неравномерности износа:

$$\beta = U_{max} / U. \quad (3.3)$$

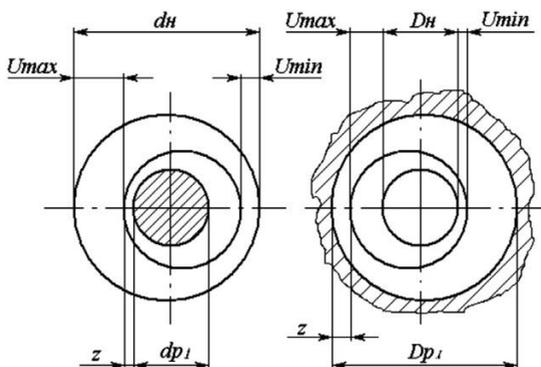


Рис. 3.1. Расчетные схемы для определения величины и количества ремонтных размеров

При симметричном износе $\beta = 0,5$, поскольку $U_{\max} = U_{\min} = U/2$; при одностороннем износе $U_{\max} = U$, $U_{\min} = 0$, $\beta = 1$. Для конкретных случаев износа β устанавливают опытным путем.

Подставив β в приведенные формулы, получаем выражения для практического использования:

$$d_{p1} = d_n - 2 \cdot (\beta U + z); \quad (3.4)$$

$$D_{p1} = D_n + 2 \cdot (\beta U + z). \quad (3.5)$$

Обозначим $2 \cdot (\beta U + z) = \gamma$ – межремонтный интервал.

Тогда ремонтные размеры для вала будут определяться как:

$$d_{p1} = d_n - \gamma; \quad (3.6)$$

$$d_{p2} = d_n - 2\gamma; \quad (3.7)$$

$$d_{pn} = d_n - n\gamma. \quad (3.8)$$

Ремонтные размеры для отверстия:

$$D_{p1} = D_n + \gamma; \quad (3.9)$$

$$D_{p2} = D_n + 2\gamma; \quad (3.10)$$

$$D_{pn} = D_n + n\gamma. \quad (3.11)$$

Количество ремонтных размеров для вала и отверстия можно определить по формулам:

$$n_b = (d_n - d_{\min})/\gamma; \quad (3.12)$$

$$n_o = (D_{\max} - D_n)/\gamma, \quad (3.13)$$

где d_{\min} и D_{\max} определяют по условиям прочности деталей из конструктивных соображений или исходя из минимального слоя химико-термической обработки.

В качестве примера применения способа восстановления обработкой под ремонтный размер рассмотрим технологический процесс восстановления гильзы цилиндров, который включает в себя операции растачивания и хонингования.

Растачивание производится на вертикальных алмазно-расточных станках марок 278 и 2А78Н (рис. 3.2). Перед растачиванием проверяют соосность оси шпинделя и оси симметрии цилиндра, причем эксцентриситет не должен превышать 0,03 мм. При растачивании гильз цилиндров следят за толщиной стенок, причем разница в толщине стенок, измеренная в разных поясах, не должна превышать 0,06 мм.

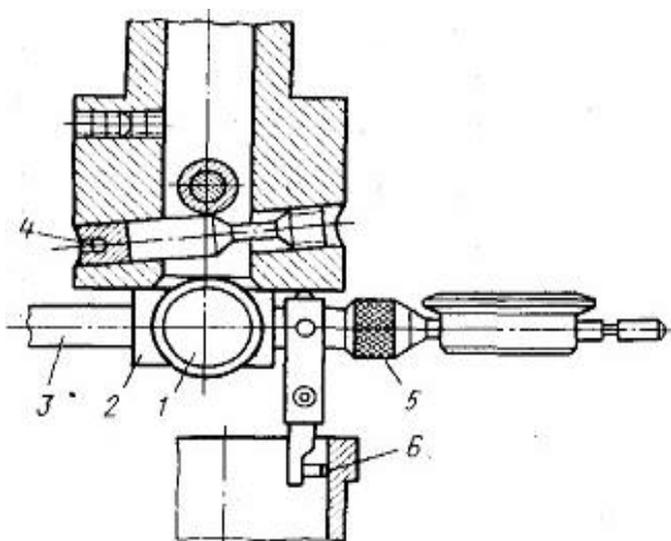


Рис. 3.2. Резцовая головка станка 2А78Н с приспособлением для центрирования гильз:

1 – винт; 2 – колодка; 3 – рычаг; 4 – шариковая оправка;
5 – гайка; 6 – упор рычага

При проектировании операции растачивания определяют припуск по формуле

$$z = D_{p,p} - D_n - z_x, \quad (3.14)$$

где $D_{p,p}$ – ближайший ремонтный размер, мм; D_n – диаметр изношенного цилиндра, мм; $z_x = 0,03 \dots 0,05$ мм – припуск на хонингование.

Затем определяют глубину резания, которая составляет 0,10...0,15 мм; назначают нормативную подачу, составляющую 0,05...0,10 мм/об, и скорость резания 80...120 м/мм.

После растачивания производят доводочную операцию на вертикально-хонинговальных или вертикально-сверлильных станках с использованием хонинговальной головки с подачей охлаждающей жидкости в зону обработки (рис. 3.3).

В качестве охлаждающей жидкости при хонинговании используют керосин или смесь керосина (80...90%) с машинным маслом, обильно подаваемую в цилиндр в ходе всего процесса. На хонинговальной головке по окружности расположены 5–6 сменных абразивных брусков. Бруски разжимаются вручную, а также гидравлическим или пневматическим приводом.

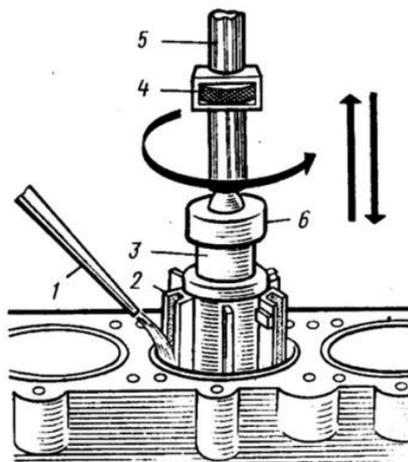


Рис. 3.3. Схема процесса хонингования блока цилиндров:

1 – подача охлаждающей жидкости; 2 – сменные абразивные бруски;
3 – хонинговальная головка; 4 – кольцо подачи; 5 – хвостовик; 6 – шарнир

При хонинговании определяют следующие режимы обработки:

1) скорость вращения головки

$$V = \pi Dn/1000, \text{ м/мин}, \quad (3.15)$$

где D – диаметр обрабатываемого отверстия, мм; n – частота вращения хонинговальной головки, об/мин;

2) скорость возвратно-поступательного движения

$$V_{\text{в.п}} = 2Ln_2/1000, \text{ м/мин}, \quad (3.16)$$

где n_2 – число двойных ходов головки за 1 минуту; L – длина рабочего хода хонинговальной головки, мм;

$$L = l_0 + 2l_{\text{пер}} - l_{\text{бр}}, \quad (3.17)$$

где l_0 – длина отверстия цилиндра, мм; $l_{\text{пер}}$ – величина перебега брусков за край цилиндра ($l_{\text{пер}} = (0,2 \dots 0,3) l_{\text{бр}}$); $l_{\text{бр}}$ – длина абразивного бруска, мм.

Одним из преимуществ хонингования является формирование в процессе обработки микрорельефа с плоскими выступами и углублениями для смазки (рис. 3.4). Таким образом увеличивается маслоемкость и опорная площадь обработанной поверхности, в результате чего значительно сокращается время приработки, повышается износостойкость поверхности и повышается ресурс работы двигателя.



Рис. 3.4. Профиль участка гильзы при плосковершинном хонинговании

Для увеличения износостойкости цилиндров и ресурса двигателя используют хонингование алмазными брусками на эластичной каучуко-содержащей связке. Бруски при этом обладают локальной эластичностью.

Алмазные зерна погружаются в связку и выступают из нее, когда зерно расположено над впадиной микропрофиля, это делает края рисок микропрофиля овальными, без заусенцев.

Преимущества:

- исключаются прихваты поршневых колец и задиры;
- снижаются механические потери, частота вращения коленчатого вала повышается от 200 до 500 об/мин;
- увеличивается мощность;
- стабилизируется и снижается расход масла;
- снижается удельный расход топлива от 1,5 до 2,0 г/(л.с.·ч);
- увеличивается долговечность двигателя на 30...40%.

При хонинговании антифрикционными брусками риски на поверхности детали заполняются менее твердыми металлами и антифрикционными веществами, входящими в состав брусков.

3.3. 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. 3.5).

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. 3.6).

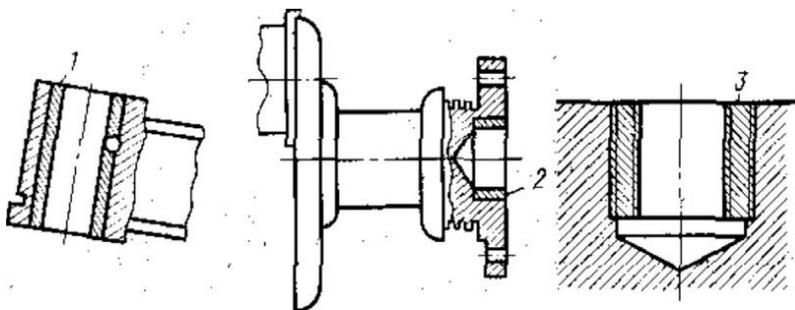


Рис. 3.5. Виды дополнительных ремонтных деталей:
1, 2 – втулки; 3 – свертыш

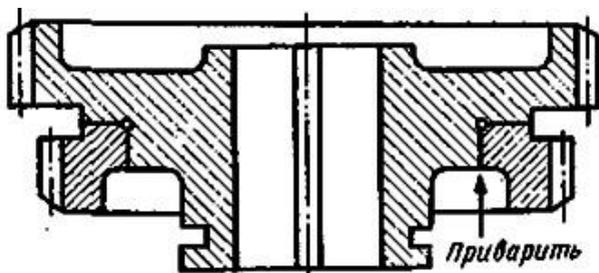


Рис. 3.6. Применение дополнительной ремонтной детали
при восстановлении блока шестерен

Дополнительная ремонтная деталь должна быть изготовлена из того же материала, что и восстанавливаемая деталь, и свойства рабочей поверхности должны соответствовать свойствам восстанавливаемой детали.

Крепление дополнительных ремонтных деталей осуществляют посадкой с натягом, приваркой или установкой стопорных винтов и штифтов. Чтобы обеспечить прочную посадку ДРД в виде втулок, сопрягаемые поверхности детали и втулки обрабатывают по допуску посадки $h7/H6$ второго класса точности. Шероховатость поверхности должна быть не менее $Ra = 1,25 \dots 0,32$ мкм. Сопрягаемые поверхности при запрессовке покрывают графитом в смеси с маслом. После установки дополнительной ремонтной детали проводят ее механическую обработку до восстановления требуемых размеров и свойств рабочих поверхностей.

Преимуществом данного метода восстановления является простота технологических процессов и применяемого оборудования. В каче-

стве недостатков можно выделить то, что данный метод не всегда экономически оправдан из-за расхода материалов на изготовление дополнительных ремонтных деталей. Также возможно снижение механической прочности восстанавливаемых деталей.

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

В таблице 3.2 приведена классификация видов пластинирования.

На рисунке 3.7 приведены формы пластин для различных видов пластинирования.

По способам установки пластин на рабочую поверхность пластинирование бывает напряженным, свободным и связанным. Напряженным пластинированием называется способ, при котором пластину перед установкой на поверхность детали обжимают и устанавливают на деталь в напряженном состоянии. Фиксация пластины производится в результате действия сил трения. Напряженное пластинирование делится на поясное (рис. 3.7, а), продольное (осевое) (рис. 3.7, б) и спиральное (рис. 3.7, в).

Свободным пластинированием называется способ, при котором пластина устанавливается свободно и удерживается на поверхности детали благодаря конструкции детали. Формы пластин для свободного пластинирования показаны на рис. 3.7, г.

Данным способом можно восстанавливать постели под вкладыши коренных подшипников двигателей внутреннего сгорания, регулирующих прокладок в зацеплениях главных передач ведущих мостов автомобилей.

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

В качестве примеров применения данного способа восстановления можно привести восстановление гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания. Основными операциями при восстановлении будут: подготовка гильз цилиндров под облицовку пластинами; изготовление пластин; облицовка внутренней поверхности пластинами; обработка гильз цилиндров после облицовки.

3.2. Виды пластинирования

Назначение	Виды пластинирования	Цели
Восстановление эксплуатационных характеристик	Износостойкое	Увеличение ресурса деталей
		Повышение ремонтно-пригодности деталей
		Увеличение долговечности деталей в результате обработки пластин
	Восстановительное	Восстановление ранее пластинированных деталей
		Восстановление не пластинированных ранее деталей
	Регулировочное	Регулирование взаимного расположения деталей в сопряжении
Компенсация износа деталей в сопряжении		
Восстановление технологических характеристик	Напряженное	Поясное (для восстановления внутренних цилиндрических и конических поверхностей)
		Продольное (для восстановления внутренних цилиндрических и конических поверхностей)
		Спиральное (для восстановления внутренних и наружных цилиндрических и конических поверхностей)

Назначение	Виды пластинирования	Цели
Восстановление технологических характеристик	Свободное	Восстановление разомкнутых цилиндрических поверхностей
		Восстановление плоских поверхностей
		Восстановление деталей, передающих крутящий момент
	Связанное	Клеевой композицией (для восстановления внутренних цилиндрических поверхностей)
		Шовной приваркой (для восстановления валов)
		Механическим креплением (для восстановления направляющих станин металлорежущих станков)

Подготовку гильз под облицовку пластинами проводят растачиванием гильз эльборовыми резцами, обеспечивающими шероховатость от 0,16 до 0,32 мкм. Пластины изготавливают из холоднокатаной ленты углеродистой стали У8А и У10А. Максимальная толщина гильзы определяется исходя из обеспечения максимальной упругости (например, для двигателей КАМАЗа максимальная толщина составляет 0,6 мм). Облицовка внутренней поверхности гильз цилиндров пластинами осуществляется свертыванием пластин в цилиндр в пресс-форме и перемещением их из прессформы в гильзу цилиндров штоком гидравлического пресса. Запрессовка производится прессом с усилием от 15 до 18 кН. Место стыка пластины не должно ощущаться пальцами. При простукивании звук должен быть звонким. После облицовки производят хонингование гильз, причем должно соблюдаться условие отклонения от овальности и конусности не более 0,025 мм.

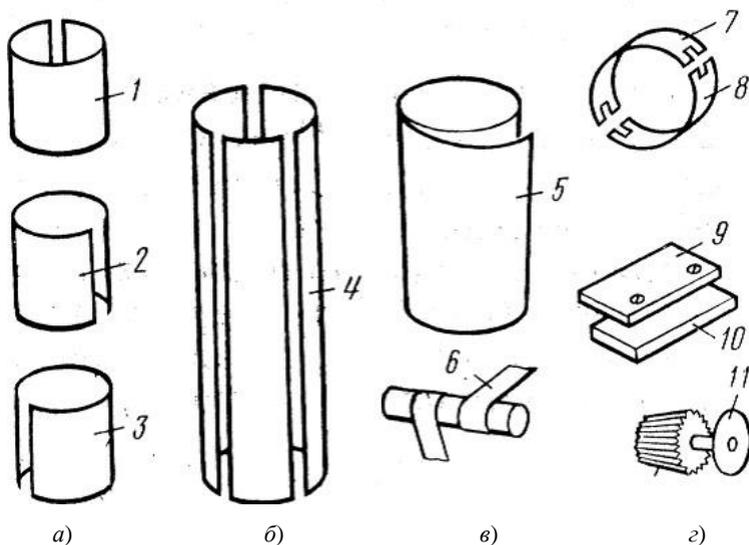


Рис. 3.7. Формы пластин при различных видах пластинирования деталей машин:

1, 2 и 3 – разновидности поясов, изготовленных из пластин;
 4 – пластины, подготовленные для продольного пластинирования внутренних цилиндрических поверхностей; 5 и 6 – спирали, предназначенные для облицовки соответственно внутренних и наружных цилиндрических поверхностей; 7 и 8 – пластины для пластинирования разомкнутых цилиндрических поверхностей; 9 и 10 – соответственно плоская пластина и деталь, подлежащая облицовке; 11 и 12 – облицовочная пластина и деталь, предназначенная для передачи крутящего момента

Дополнительные ремонтные детали можно также применять для восстановления резьбовых отверстий. Основные способы восстановления резьбовых отверстий представлены на рис. 3.8. В качестве дополнительных ремонтных деталей применяют свертыши и спиральные вставки.

На рисунке 3.9 приведены основные типы свертышей.

Наружный диаметр свертыша определяется по следующей формуле:

$$D = d \sqrt{\sigma_{1в} / \sigma_{2в}}, \quad (3.18)$$

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

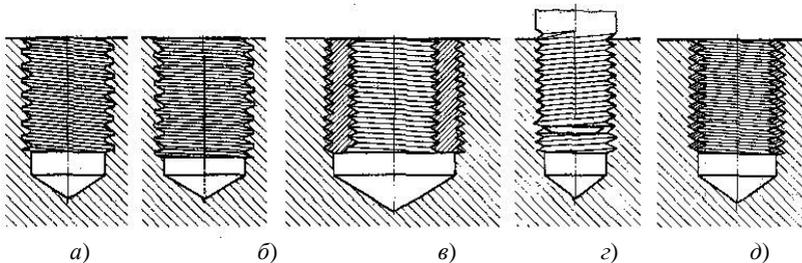


Рис. 3.8. Способы ремонта резьбовых соединений:

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

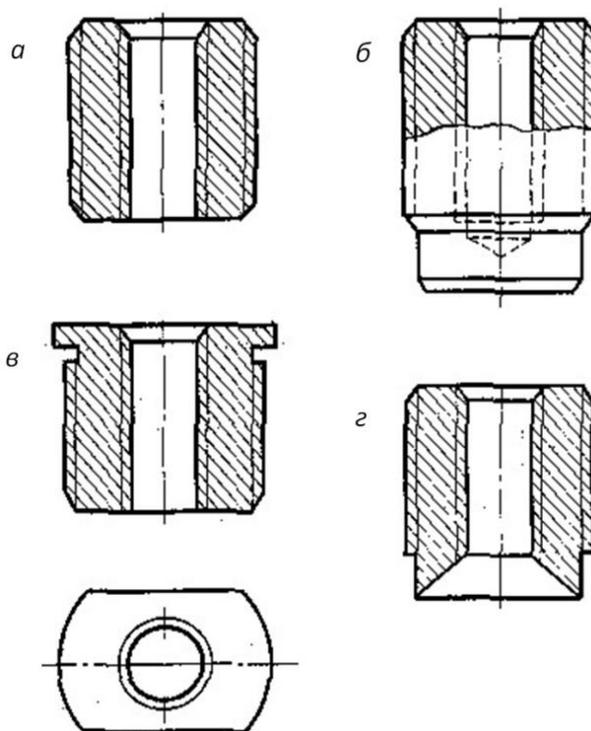


Рис. 3.9. Основные типы свертышей:

a – прямой открытый; *б* – прямой закрытый; *в* – прямой открытый с буртиком под ключ; *г* – ступенчатый (под развальцовку одного конца)

Преимуществами восстановления резьбовых отверстий применением свертыша являются: возможность восстановления сильно изношенного отверстия, хорошее качество восстановленного отверстия, сохранение термообработки детали. Среди недостатков такого способа можно отметить высокую трудоемкость и сложность ремонта, а также невозможность применения способа, если конструкция детали не позволяет увеличить отверстие.

Для восстановления резьбовых отверстий применяется способ постановки резьбовой спиральной вставки, т.е. 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.

Технологический процесс восстановления резьбовых отверстий с помощью резьбовой спиральной вставки включает в себя следующие операции:

- очистку резьбовых отверстий от грязи сверлом и ершом;
- продувку отверстий сжатым воздухом;
- рассверливание отверстия;
- продувку отверстия воздухом;
- нарезание резьбы в отверстии;
- установку спиральной вставки.

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

3.4. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ 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.

Существуют два способа пластического деформирования – холодное и горячее. Пластическая (остаточная) деформация при холодной обработке происходит в результате внутрикристаллических сдвигов металла, требующих приложения больших внешних усилий. При этом в деформированных слоях металла происходит изменение физико-механических свойств: пластичность металла снижается, предел текучести, предел прочности и твердость повышаются. Горячая обработка давлением проводится при температурах выше температуры рекристаллизации. Для сталей она обычно соответствует температурам 1300...1500 К.

Способы восстановления пластическим деформированием применяются в случаях необходимости получения требуемых размеров изношенных поверхностей детали, исправления геометрической формы, восстановления механических характеристик поверхностного слоя. В таблице 3.3 приведена классификация способов восстановления пластической деформацией.

3.3. Способы восстановления пластической деформацией

Цель применения способа	Способ	Разновидности
Восстановление размеров изношенных поверхностей	Осадка	Со свободным формированием поверхности
		С принудительным формированием поверхности
	Раздача	Электрогидравлическая
		Гидротермическая
		С нагревом в процессе деформации
		С предварительным нагревом
		В холодном состоянии
	Обжатие	Механическое
		Термопластическое
	Накатка	Механическая
		Электромеханическая

Цель применения способа	Способ	Разновидности
Восстановление геометрической формы	Правка	Статическим изгибом
		Ударом
		Термическая
Восстановление механических свойств	Поверхностное пластическое деформирование	Дробеструйная обработка
		Обработка шариками
		Виброобработка
		Выглаживание

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

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

$$P = \sigma_T (1 + 0,166 d/h) F, \quad (3.19)$$

где σ_T – 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.

Осадку используют для восстановления втулок из цветных сплавов (рис. 3.11).

В осаживаемую втулку вставляют калибровочный палец, диаметр которого на 0,2 мм меньше диаметра внутренней поверхности втулки. Втулку вместе с пальцем устанавливают в приспособление для осадки. При давлении P втулка осаживается, заполняя пространство между пальцем и изношенной поверхностью. После осадки проводят механическую обработку внутренней поверхности до требуемого качества и точности размера.

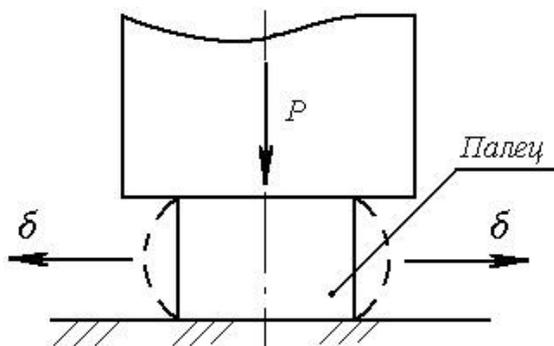


Рис. 3.10. Схема осадки пальца

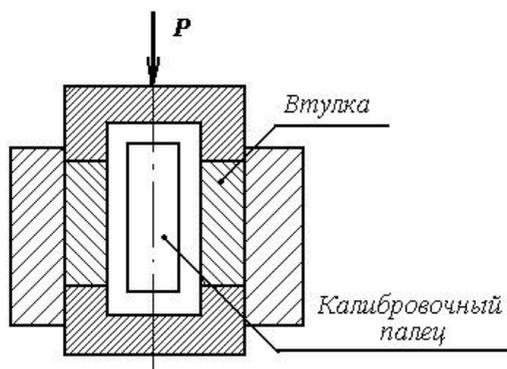


Рис. 3.11. Схема осадки втулки

Раздача заключается в увеличении наружных размеров деталей путем увеличения внутренних размеров. Причем направление действия силы P совпадает с направлением деформации δ (рис. 3.12).

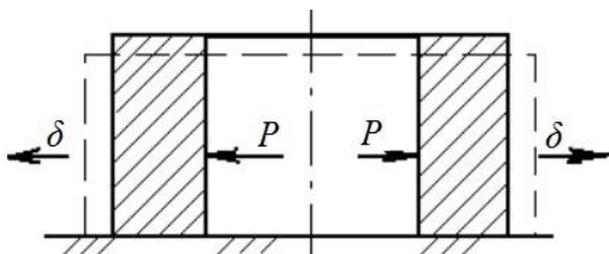


Рис. 3.12. Схема раздачи втулки

Давление, необходимое при раздаче, определяют по формуле

$$P = 1,15\sigma_T \ln(D/d),$$

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

Восстановление раздачей осуществляется при холодном и нагретом состоянии деталей. При холодной раздаче восстанавливаемые детали сначала подвергают химико-термической обработке, затем – отжигу либо высокотемпературному отпуску. Раздачу выполняют специальными стальными или твердосплавными прошивками, дорнами, шариками. После раздачи повторяют химико-термическую обработку и проводят механическую обработку деталей. Таким способом восстанавливают шипы крестовин карданного вала (рис. 3.13), поршневые пальцы. В качестве инструментов для раздачи используются дорны, шарика, прошивки.

Гидротермическая раздача (ГТР) относится к числу высокоэффективных и недорогих способов восстановления трубчатых деталей, типа поршневых пальцев. Способ заключается в том, что изношенный поршневой палец нагревают в индукторе токами высокой частоты до температуры 1063...1103 К. После достижения требуемой температуры нагрев прекращают и быстро охлаждают палец, пропуская поток воды через внутреннюю полость детали. В результате происходит увеличение наружного диаметра с одновременной закалкой. Приращение наружного диаметра пальца лежит в пределах 0,1...0,3 мм.

Для восстановления поршневых пальцев применяют способ электрогидравлической раздачи (рис. 3.13).

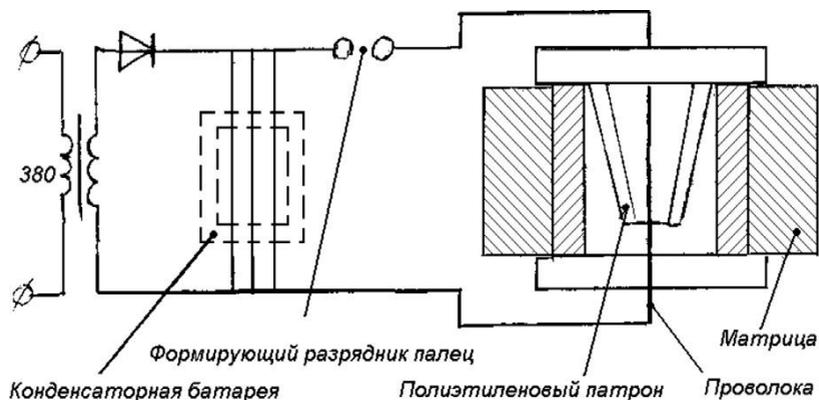


Рис. 3.13. Схема электрогидравлической раздачи поршневого пальца

Процесс электрогидравлической раздачи осуществляется следующим образом: поршневой палец устанавливают в разовый полиэтиленовый патрон с целью направления электрического разряда по оси пальца и исключения пробоя на стенке пальца. Для эффективности устанавливают специальный проводник – алюминиевую проволоку диаметром 0,7 мм, в полость пальца подают рабочую жидкость – техническую воду. Высоковольтный импульс от конденсаторной батареи проходит через проводник, при этом в результате электрогидравлического взрыва возникает ударная волна, которая раздает поршневой палец. Используемое напряжение – 37 кВ, емкость конденсатора – 6 мкФ. В результате электрогидравлической раздачи деформация пальца, изготовленного из стали 15Х, составляет 0,15 мм, а из стали 45 – 0,2 мм.

Обжатие применяют для восстановления внутренних размеров полых деталей за счет уменьшения их наружных размеров. При обжатии направление деформирующей силы P (рис. 3.14) совпадает с направлением деформации δ .

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

При механическом обжатии деталей типа втулок предварительно изготавливают штампы (рис. 3.15).

Матрица штампа состоит из трех частей (рис. 3.15): приемной, обжимающей и калибрующей. Внутреннюю поверхность матрицы для уменьшения сил трения обрабатывают до высокой степени чистоты. Чем меньше будет шероховатость на рабочей поверхности матрицы, тем меньше требуется усилие при обжатии.

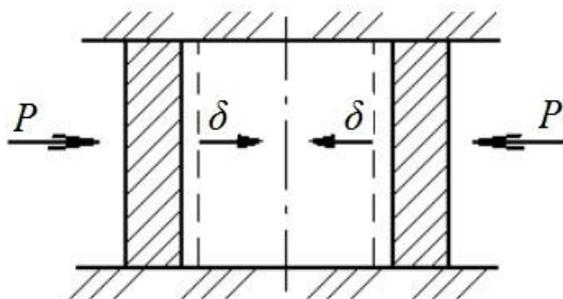


Рис. 3.14. Схема свободного обжатия втулки

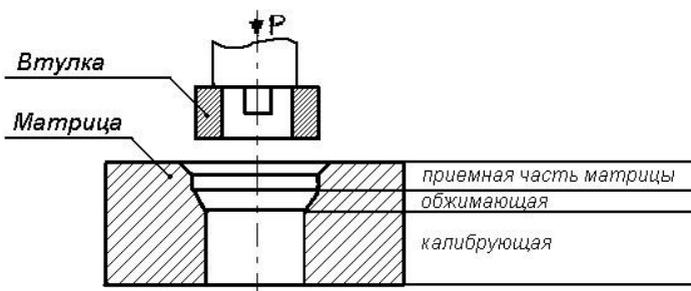


Рис. 3.15. Схема механического обжатия втулки в матрице

При восстановлении втулки по внутреннему диаметру обжимающий и калибрующий участки матрицы могут быть соединены. Внутренний диаметр втулки после ее обжатия пуансоном обрабатывают, а наружный диаметр наращивают на требуемый размер одним из способов, например гальваническим путем.

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 $60 \dots 70^\circ$. В сравнении с гладкими поверхностями износостойкость восстановленных накатыванием поверхностей снижается на $20 \dots 25\%$, а усталостная прочность повышается на $10 \dots 12\%$. 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 возникают наклеп и остаточные напряжения сжатия. Поэтому после холодной правки для выравнивания внутренних напряжений необходимо произвести отпуск детали.

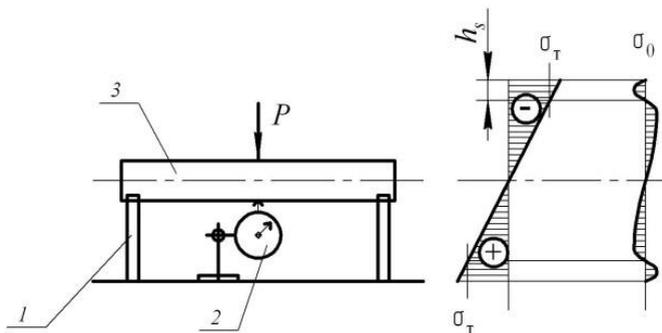


Рис. 3.16. Схема правки изогнутого вала и эпюры напряжений в исправляемой детали:

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

Способ холодной правки применяется для восстановления геометрической формы валов, в частности устранения изгиба вала (рис. 3.16).

Правку установленной в призмах детали производят с помощью 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, т.е. если исходный прогиб равен 0,1 мм, то при правке величина перегиба будет составлять 1,0 мм. При этом со стороны приложенного усилия деформирования возникают напряжения сжатия, а с противоположной стороны – напряжения растяжения, превосходящие в поверхностных слоях h_s предел текучести материала σ_T (рис. 3.16), что вызывает пластическую деформацию металла в этих слоях.

Для устранения относительно небольших прогибов валов применяют способ *правки ударом*. При данном способе производятся удары кожаными или текстолитовыми молотками массой 300...500 г по восстанавливаемой поверхности детали, установленной на подставках, имеющих форму детали. При правке ударом в поверхностном слое создается наклеп и возникают остаточные напряжения сжатия, которые повышают усталостную прочность. Преимуществами такого вида правки являются точность выправленной поверхности и устойчивое сохранение формы.

Для восстановления деталей со значительными деформациями применяют *горячую правку* с нагревом детали до температуры

600...800 °С. После восстановления деталь подвергают термической обработке до получения необходимой структуры и механических свойств металла. Правка местным нагревом основана на использовании внутренних напряжений, возникающих при этом способе. После остывания детали в материале возникают остаточные напряжения растяжения, способствующие выпрямлению детали. Наиболее эффективен этот метод при правке сварных трубчатых элементов.

Для восстановления механических свойств деталей в ремонтном производстве применяются различные методы поверхностного пластического деформирования (ППД). Наиболее часто применяемыми способами ППД являются способы механического упрочнения – обкатка шариками или роликами, выглаживание и дробеструйная обработка. Обработка способами ППД имеет такие преимущества, как малая трудоемкость, простота технологии, возможность обработки поверхностей практически любой формы. Возникающий при ППД наклеп повышает усталостную прочность вследствие возникновения остаточных напряжений сжатия и способствует улучшению износостойкости в парах трения.

Дробеструйная обработка обеспечивает неглубокую пластическую деформацию (0,5...0,8 мм) при соударении стальной или чугунной дроби диаметром 0,8...2,0 мм с упрочняемой поверхностью детали. После дробеструйной обработки поверхности детали приобретает некоторую шероховатость и последующей обработке не подвергается. Режимами обработки при дробеструйном упрочнении являются: скоростью подачи дроби (30...90 м/с), расход дроби и время обработки поверхности. Режимы обработки устанавливают экспериментально для каждой детали.

Установки для дробеструйного упрочнения подразделяются на две группы – механические и пневматические. В механических установках подача дроби в зону обработки осуществляется за счет действия центробежной силы от вращающегося ротора, лопатки которого выбрасывают дробь. В пневматических установках подача осуществляется с помощью сжатого воздуха под давлением 0,4...0,6 МПа. В настоящее время более распространенными являются механические установки из-за высокой производительности, более точного регулирования параметров обработки, возможности поддержания стабильности процесса.

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 изношенный слой поверх-

ности детали металла наплавкой с последующей расточкой и раскатыванием.

Усилие прижатия роликов при обработке чугунных и стальных деталей 50...200 Н, скорость движения детали 150...450 м/мин, продольная подача 0,06...0,08 мм/об. Обработка ведется в два-три прохода. Увеличение числа проходов ведет к чрезмерному наклепу и шелушению поверхности детали. Глубина наклепанного слоя в зависимости от режимов ведения процесса составляет 0,05...0,15 мм. Перед раскатыванием отверстие растачивают с припуском на раскатку 0,03...0,06 мм. 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...0,10 мм/об. Для изготовления выглаживающего инструмента помимо натуральных используют синтетические алмазы (баллас, карбонадо), а также синтетический корунд (рубин и лейкосапфир), минералокерамику и твердые сплавы.

3.5. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ 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 зависимости от состояния металла в зоне соединения способы сварки подразделяются на *сварку давлением (в твердой фазе)* – когда температура металла в зоне соединения не превышает температуры свариваемых металлов; *сварку плавлением (в жидкой фазе)* – когда температура металла в зоне соединения выше температуры его плавления.

Преимуществами методов сварки плавлением являются:

- возможность сварки в монтажных и цеховых условиях;

- разнообразие применяемых типов соединений;
- широкие возможности сварки конструкций различных габаритов;
- большой диапазон свариваемых толщин металла (от нескольких микрометров до одного метра);
- возможность сварки швов в любых пространственных положениях;
- возможность изменения химического состава и свойств наплавленного металла.

Недостатками методов сварки плавлением являются:

- кристаллизация металла шва при растягивающих напряжениях, что приводит к возникновению трещин;
- возможность образования в наплавленном металле неметаллических включений, закалочных структур, развитие ликвационной неоднородности в шве;
- образование напряжений и деформаций при сварке.

Преимуществами сварки давлением являются: более широкий диапазон свариваемых материалов, исключение возникновения трещин, уменьшение деформации сварных узлов, менее значительные изменения свойств основного металла, высокая производительность, возможности механизации и автоматизации.

В таблице 3.4 приведена классификация способов сварки в зависимости от вида применяемой энергии.

3.4. Способы сварки

Классы сварки	Виды сварки
Термическая сварка	Электродуговая сварка
	Газовая сварка
	Электрошлаковая сварка
	Электронно-лучевая сварка
	Лазерная сварка
Термомеханическая сварка	Контактная сварка
	Диффузионная сварка
Механическая сварка	Холодная сварка
	Сварка взрывом
	Магнитоимпульсная сварка
	Ультразвуковая сварка
	Сварка 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 используются 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, что объясняется универсальностью процесса, простотой и мобильностью применяемого оборудования, возможностью выполнения сварки в различных пространственных положениях и местах, труднодоступных для механизированных способов 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. 3.17).

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.

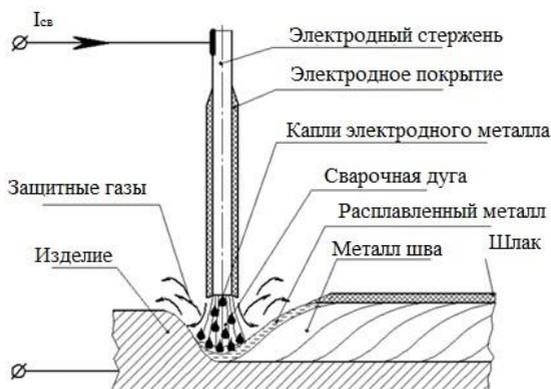


Рис. 3.17. Схема ручной дуговой сварки покрытым электродом

Расплавленный шлак, покрывая капли электродного металла и поверхность расплавленной сварочной ванны, способствует предохранению их от контакта с воздухом и взаимодействует с расплавленным металлом. Образующиеся при расплавлении покрытия газы оттесняют воздух из зоны дуги и способствуют созданию лучших условий для защиты нагретого металла.

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. 3.18.

Под действием тепла расплавляются проволока, основной металл и флюс. В зоне сварки образуется полость, заполненная парами металла, флюса и газами. Газовая полость ограничена в верхней части оболочкой расплавленного флюса. Расплавленный флюс, окружая газовую полость, защищает дугу и расплавленный металл в зоне сварки от вредного воздействия окружающей среды, осуществляет металлургическую обработку металла в сварочной ванне. По мере удаления сварочной дуги расплавленный флюс, прореагировавший с расплавленным металлом, затвердевает, образуя на шве шлаковую корку. После прекращения процесса сварки и охлаждения металла шлаковая корка легко отделяется от металла шва. Неизрасходованная часть флюса специальным пневматическим устройством собирается во флюсоаппарат и используется в дальнейшем при сварке.

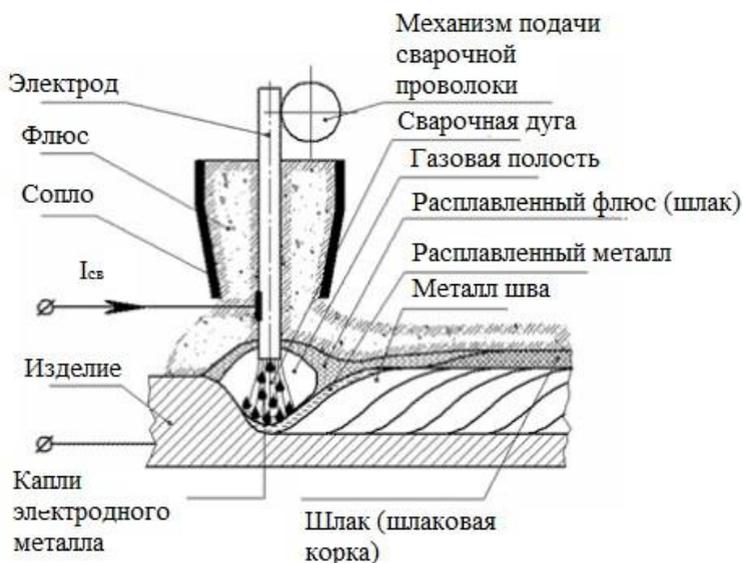


Рис. 3.18. Схема автоматической сварки под флюсом

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 (возможна сварка разнородных металлов).

Сварка в среде инертных газов производится неплавящимся вольфрамовым электродом или плавящимся электродом, химический состав которого близок к составу свариваемого металла. Она осуществляется вручную, полуавтоматически или автоматически. Такой вид сварки удобен для выполнения сварных соединений в любых пространственных положениях, легко поддается механизации, позволяет наблюдать за сварочной ванной в процессе работы, имеет высокую производительность – 40...50 м/ч при ручной сварке и 200 м/ч – при автоматической сварке.

Неплавящийся электрод изготавливают из графита, вольфрама, меди, меди со вставкой из тугоплавкого металла – вольфрама, циркония, гафния. Защитный газ должен быть инертен к металлу электрода и к свариваемому металлу. В качестве защитного газа при сварке вольфрамовым электродом применяют аргон, гелий, смесь аргона и гелия; для сварки меди медным электродом или медным электродом со вставкой из гафния (циркония) можно применить азот.

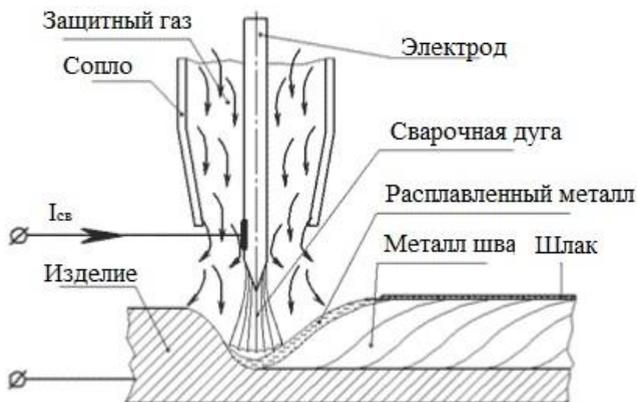


Рис. 3.19. Схема сварки неплавящимся электродом

При ручной дуговой сварке в среде инертного газа (рис. 3.19) кромки свариваемого изделия и присадочного материала расплавляются дугой, горящей между неплавящимся электродом и изделием. Дуга, сварочная ванна, торец присадочной проволоки и кристаллизующийся шов защищены от воздуха инертным газом, подаваемым в зону сварки горелкой.

Преимуществами способа сварки неплавящимся электродом являются: высокая устойчивость дуги независимо от полярности тока, возможность получения шва с долей участия основного металла от 0 до 100%, возможность регулирования химического состава металла шва и геометрических параметров сварного шва.

К недостаткам данного способа сварки можно отнести: низкую эффективность использования электрической энергии (КПД от 0,40 до 0,55), необходимость в устройствах, обеспечивающих начальное возбуждение дуги, высокую скорость охлаждения сварного шва.

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

Наплавка представляет собой разновидность сварки, заключающуюся в локальном нанесении методом сварки материала на основное изделие для защиты его от коррозии и износа или для наращивания и увеличения его объема. Различаются следующие виды наплавки: восстановление материала, защита материала и плакирование.

Восстановление – наплавка слоя из того же или аналогичного основному металлу материала.

Защита материала (наплавка твердыми сплавами) – наплавка износостойкого (и жаростойкого) металла для повышения механической и термической стойкости основного металла.

Плакирование – наплавка коррозионно-стойкого или жаростойкого металла для защиты основного металла от химического или термического воздействия.

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.

На рисунке 3.20 представлена схема наплавки в защитном газе плавящимся электродом. Наплавка в защитных газах характеризуется универсальностью процесса: возможность наплавки во всех пространственных положениях, на объекты сложной геометрической формы без применения каких-либо специальных приспособлений в зависимости от условий наплавки. Наплавка в защитных газах целесообразна в тех случаях, когда невозможна или затруднена наплавка под флюсом.

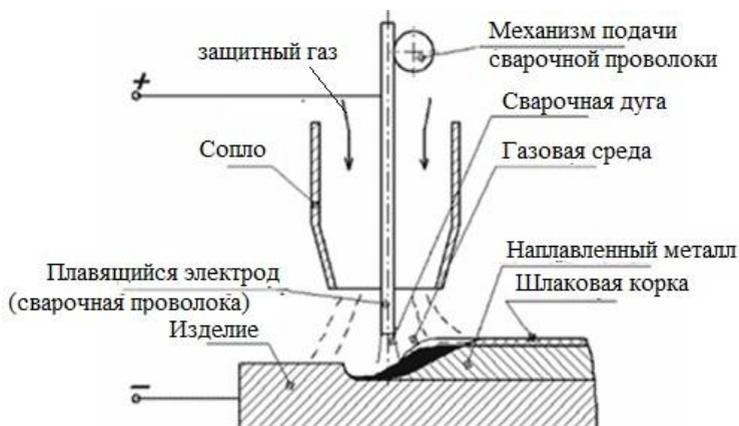


Рис. 3.20. Схема наплавки в защитном газе плавящимся электродом

При наплавке плавящимся электродом в защитных газах сварочная ванна защищена от воздуха. Количество газа, которое необходимо подавать для отгеснения 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 газоэлектрической горелки.

Наплавка может проводиться как с охлаждением обработанной поверхности на воздухе, так и с применением охлаждающей жидкости. Расход охлаждающей жидкости составляет 0,5...1,0 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 в целях 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).

При обработке наплавленных поверхностей, как и при обработке закаленных сталей, режимы резания должны быть следующими: глубина резания в зависимости от толщины наплавленного слоя для чистовой обработки – 0,2...0,3 мм; подача – 0,1...0,2 мм/об; скорость резания – 12...15 м/мин.

3.6. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИМ НАПЫЛЕНИЕМ

Формирование наносимого поверхностного слоя напылением представляет собой процесс нанесения покрытия на основу высокотемпературной скоростной струей частиц нагретого или расплавленного материала, который при ударном взаимодействии с поверхностью основы осаждается на ней. Процесс нанесения покрытия напылением осуществляется газотермическим методом, когда газообразная рабочая среда используется в качестве наносимого материала.

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

Нанесение покрытий газотермическим напылением имеет ряд преимуществ:

- обеспечивается возможность нанесения поверхностного слоя из материалов широкого диапазона составов;

- обеспечивается возможность нанесения покрытия на неметаллические материалы – стекло или полимеры;
- упрощаются требования к технологическому оборудованию и расширяются геометрические размеры обрабатываемых изделий;
- обеспечивается возможность получения слоя относительно большой толщины – до 2 мм;
- обеспечивается возможность нанесения широкого набора напыляемых материалов, выпускаемых промышленностью.

Недостатками процесса газотермического напыления являются:

- низкий КПД использования напыляемого материала при нанесении покрытий на мелкие детали;
- необходимость тщательной подготовки поверхности под нанесение слоя для высоконагруженных деталей.

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

Газопламенное напыление (рис. 3.21) в зависимости от вида напыляемого материала подразделяется на напыление проволокой, прутом, 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.

Транспортирование потока частиц напыляемого материала (рис. 3.21) выполняется горючей смесью, а иногда и с помощью сжатого воздуха. Для повышения качества покрытия и улучшения характеристик его сцепления с основой после наплавления нанесенный слой подвергают оплавлению, для чего повторно или одновременно с напылением нагревают нанесенный слой пламенем горелки без подачи напыляемого материала.

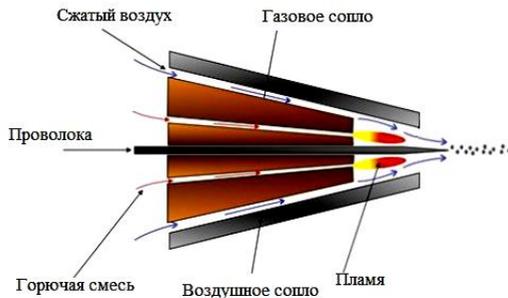


Рис. 3.21. Схема газопламенного напыления

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 просты 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.

При *детонационном напылении* нагрев и транспортирование напыляемых материалов осуществляются за счет энергии взрыва. Формирование необходимой рабочей среды происходит в стволе автоматизированной установки для детонационного напыления (рис. 3.22).

В ствол подают газовую смесь кислорода и ацетилена (рис. 3.22) и одновременно порошок напыляемого материала. Воспламенение и взрыв рабочей среды вызывают нагрев частиц напыляемого материала до 3000...4000 °С в момент столкновения с обрабатываемой поверхностью, при этом скорость частиц составляет 500...1000 м/мин.

Сочетание высокой скорости частиц и достаточно высоких температур обеспечивает высокую плотность напыляемого материала и прочность его сцепления с основой. В производственных условиях обеспечение оптимальных параметров процесса предусмотрено в автоматическом режиме.

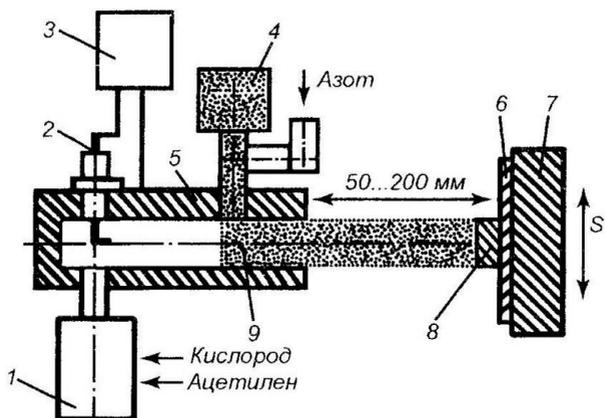


Рис. 3.22. Схема установки для детонационного напыления:

- 1 – устройство для подачи смеси газов; 2 – электрическая свеча;
 3 – источник питания; 4 – порошковый дозатор; 5 – ствол; 6 – подложка;
 7 – деталь; 8 – покрытие; 9 – порошок

К недостаткам такого способа можно отнести вероятность остаточной деформации тонкостенных элементов изделий при их динамическом нагружении в процессе нанесения покрытия. Для процесса характерен высокий уровень шума (90...150 дБ), поэтому следует соблюдать необходимые требования к производственным площадям и условиям работы персонала.

Дуговая металлизация (рис. 3.23) основана на расплавлении напыляемого материала электрической дугой и подаче расплавленных частиц на обрабатываемую поверхность энергией сжатого воздуха и иногда других газовых сред под давлением 0,4...0,6 МПа.

Обеспечение подачи непрерывной дуги производят за счет необходимого сближения с заданной скоростью двух изолированных проволок, состав материалов которых выбирают в соответствии с требованиями к нанесенному покрытию. Температура дуги может достигать 6000 °С.

Для дуговой металлизации характерна значительно более высокая производительность процесса по сравнению с газопламенным напылением. Недостатком такого способа является возможность перегрева напыляемого материала и его окисления, а также выгорание легирующих элементов.

Плазменное напыление (рис. 3.24) основано на использовании газообразной среды, называемой плазмой, в которой число заряженных частиц электронов и ионов составляет не ниже 10^9 в 1 см^3 и температура смеси 10 000...50 000 °С.

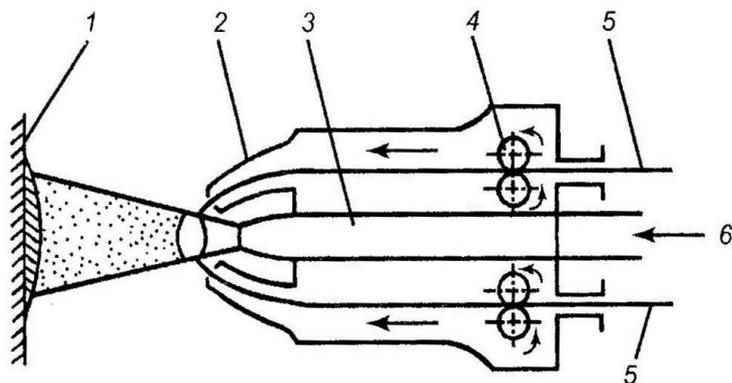


Рис. 3.23. Схема дуговой металлизации:

1 – напыляемая поверхность; 2 – направляющие наконечники;
3 – воздушное сопло; 4 – подающие ролики; 5 – проволока; 6 – газ

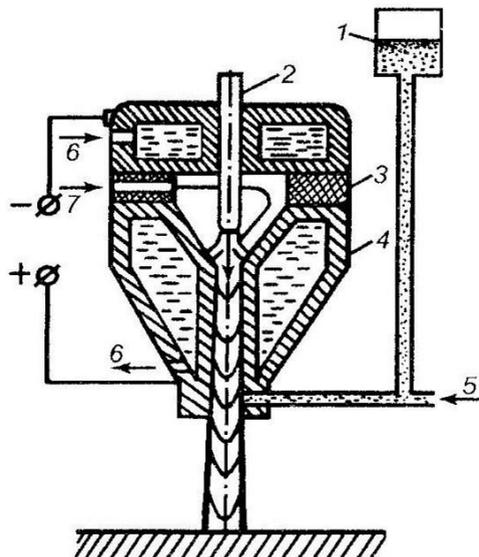


Рис. 3.24. Схема процесса плазменного напыления:

- 1 – порошковый дозатор; 2 – катод; 3 – изоляционная проволока;
 4 – анод; 5 – транспортирующий газ; 6 – охлаждающая жидкость;
 7 – плазмообразующий газ

Создание плазмы в чистом виде связано с рядом трудностей, поэтому для технических целей используют дуговой разряд, в котором вместе с заряженными частицами содержатся нейтральные частицы. Такое состояние среды называют низкотемпературной плазмой.

В отличие от рассмотренных выше процессов, процесс плазменного напыления имеет такие преимущества, как высокие значения сцепления (15...20 МПа), низкая пористость наносимого покрытия (3...10%). Значительным преимуществом является также возможность нанесения легкоокисляющихся материалов, а также высокое качество покрытий и стабильность процесса напыления.

3.7. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

В процессе эксплуатации агрегатов и узлов машин возможно возникновение коррозии как отдельных деталей, так и всего узла в целом. Основными видами коррозии являются: общая коррозия (равномерная и неравномерная) и местная коррозия (пятнами, язвами, точками, избирательная, межкристаллитная, транскристаллитная).

Поэтому 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.

Электролитическое осаждение металлов в гальванике осуществляется из электролитов – водных растворов солей, кислот и оснований. При растворении в воде молекулы этих веществ диссоциируют на противоположно заряженные частицы: положительные ионы металла Me^+ и водорода H^+ , которые называются катионами, и отрицательные ионы кислотных остатков, SO_4^- , гидроксильных групп OH^- и кислорода O^- , называемые анионами. Такие растворы являются проводниками II рода. Когда в электролит помещают металлические пластины, подсоединенные к клеммам источника постоянного или переменного тока, на границе поверхности металлической пластины и электролита протекают электрохимические реакции, т.е. происходит электролиз (рис. 3.25).

Процесс нанесения гальванических покрытий обеспечивает:

- сохранение структуры материала детали за счет отсутствия вложения тепла в него;
- высокую износостойкость и твердость покрытий;
- равномерную толщину покрытий;
- возможность получения покрытий с заданными, изменяющимися определенным образом по их толщине физико-механическими свойствами;
- большое количество одновременно восстанавливаемых деталей и возможность автоматизации.

Недостатками применения гальванических покрытий являются: низкая скорость нанесения покрытий, многооперационность процесса, низкая экологичность, большие затраты на материалы.

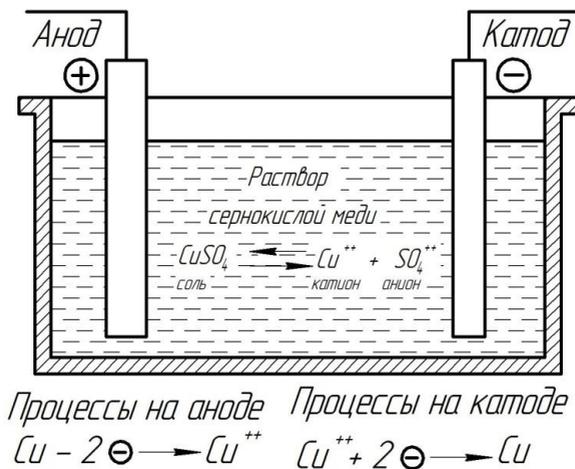


Рис. 3.25. Схема гальванического процесса

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 агрессивных 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.

Качество поверхности основного металла, на который наносятся гальванические покрытия, должно соответствовать ГОСТ 9.301–78. Параметры шероховатости поверхности основного металла должны быть не более $Rz = 40$ мкм под защитные покрытия, $Ra = 2,5$ мкм под защитно-декоративные, $Rz < 40$ мкм под специальные покрытия в зависимости от функционального назначения, $Ra = 1,25$ мкм под твердые и электроизоляционные анодно-окисные покрытия.

Типовой технологический процесс нанесения гальванических покрытий состоит из следующих операций:

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.

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.

Нанесение покрытия:

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

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, повышают износостойкость покрытий. При восстановлении изношенных деталей гальваническими покрытиями наиболее сильное влияние будут оказывать мелкие концентраторы напряжений – трещины в покрытии и риски после механической обработки.

Контрольные вопросы

1. Классификация способов восстановления деталей.
2. Суть, достоинства, недостатки и область применения восстановления деталей способом обработки под ремонтный размер.
3. Суть, достоинства, недостатки и область применения восстановления деталей постановкой дополнительной ремонтной детали.
4. Суть, достоинства, недостатки и область применения восстановления деталей пластической деформацией.
5. Суть, достоинства, недостатки и область применения восстановления деталей сваркой и наплавкой.
6. Какова область применения, а также преимущества и недостатки восстановления вибродуговой наплавкой?
7. Какова область применения, а также преимущества и недостатки восстановления деталей газотермическим напылением?
8. Перечислите основные виды гальванических покрытий, применяемых в авторемонтном производстве.
9. Какова область применения, а также преимущества и недостатки восстановления деталей с помощью гальванических покрытий?
10. Особенности технологии сварки алюминиевых деталей.

4. НОРМИРОВАНИЕ РАБОТ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ

4.1. ВЫБОР СПОСОБА ВОССТАНОВЛЕНИЯ

При выборе оптимального способа восстановления деталей руководствуются тремя категориями: применимости, долговечности и технико-экономическим.

Для учета всех этих факторов при выборе рационального способа рекомендуется последовательно пользоваться тремя критериями:

- технологическим (применимости);
- техническим (долговечности);
- технико-экономическим.

Технологический критерий (критерий применимости) учитывает, с одной стороны, особенности подлежащих восстановлению поверхностей деталей, а с другой технологические возможности соответствующих способов восстановления. При выборе способов восстановления следует использовать рекомендации, которые приведены в специализированной технической и учебной литературе. Принципиальная возможность применения некоторых наиболее распространенных методов восстановления приведена в табл. 4.1.

На основании технологических характеристик устанавливают возможные способы восстановления различных поверхностей детали по технологическому критерию, количество которых принимают равным 3 – 5.

При выборе рационального способа восстановления по критерию долговечности обычно пользуются коэффициентом долговечности, который является функцией четырех переменных,

$$K_d = f(K_n, K_v, K_c), \quad (4.1)$$

где K_n – коэффициент износостойкости; K_v – коэффициент выносливости; K_c – коэффициент сцепляемости.

Рассчитывают коэффициент долговечности по формуле

$$K_d = K_n K_v K_c. \quad (4.2)$$

Численные значения коэффициентов-аргументов определяют на основании стендовых и эксплуатационных испытаний новых и восстановленных деталей.

Примерные значения коэффициентов износостойкости, выносливости и сцепляемости, определенные по результатам исследований для наиболее распространенных методов восстановления, приведены в табл. 4.1.

4.1. Технологические характеристики способов восстановления изношенных поверхностей

Характеристика	Способы восстановления												
	Наплавка в среде CO ₂	Наплавка под слоем флюса	Наплавка в вихревой дуге	Дуговая металлization	Напыление газопламенное	Плазменная наплавка или напыление	Хромирование	Железнение	Электроконтактная приварка металлического слоя	Ручная наплавка	Электрохимическая обработка	Обработка под ремонтный размер	Установка дополнительной детали	Пластическое деформирование
Виды металлов и сплавов, по отношению к которым применим способ	Сталь	Все материалы				Сталь, ковкий и серый чугун	Все материалы			Сталь	Все материалы		Сталь
Виды поверхностей, по отношению к которым применим данный способ	Наружные цилиндрические, плоские				Наружные и внутренние цилиндрические			Наружные и внутренние цилиндрические, плоские	Наружные цилиндрические	Наружные и внутренние цилиндрические, плоские			
Минимальный наружный диаметр поверхности, мм	15				50			15	30	Определяют по условиям прочности деталей из конструктивных соображений			

Продолжение табл. 4.1

Характеристика	Способы восстановления													
	Наплавка в среде CO ₂	Наплавка под слоем флюса	Наплавка в вихреугольной	Дуговая металлization	Напыление газопламенное	Плазменная наплавка или напыление	Хромирование	Железнение	Электроконтактная приварка металлического слоя	Ручная наплавка	Электрохимическая обработка	Обработка под ремонтный размер	Установка дополнительной детали	Пластическое деформирование
Минимальный внутренний диаметр поверхности, мм	–	–	–	–	–	–	40	40	60	40	–	Определяют по условиям прочности деталей из конструктивных соображений		
Минимальная толщина наносимого покрытия, мм	0,5	1,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,05	0,1	0,1	1	0,05	–	–	–
Максимальная толщина наносимого покрытия, мм	3,5	5	3	3	1,5	3	0,3	1,5	1,5	6	0,12	–	–	–
Применяемость к деталям, испытывающим знакопеременные нагрузки	Применим		Неприменим			Применим								

4.2. Значения коэффициентов, определяющих долговечность работы восстановленных деталей

Способ восстановления	K_n	K_v	K_c
Наплавка в среде CO ₂	0,95	0,95	1,00
Вибродуговая наплавка	0,95	0,62	1,00
Наплавка под слоем флюса	1,10	0,82	1,00
Дуговая металлизация	1,15	0,80	0,70
Газопламенное напыление	1,15	0,80	0,70
Плазменное напыление	1,25	0,85	0,75
Хромирование (электролитическое)	1,15	0,85	0,70
Железнение (электролитическое)	1,10	0,80	0,70
Электроконтактная наплавка (приварка) металлического слоя	1,00	0,80	0,85
Ручная наплавка	1,00	0,80	1,00
Эпоксидные композиции	0,90	0,80	1,00
Электромеханическая обработка (высадка и сглаживание)	1,00	1,20	1,00
Обработка под ремонтный размер	1,00	1,00	1,00
Установка дополнительной детали	1,00	0,80	1,00
Пластическое деформирование	0,90	1,00	1,00

По нормативным документам, регламентирующим ремонт и восстановление машин, коэффициент долговечности должен быть не менее 0,8. При выполнении курсовой работы из нескольких вариантов способа восстановления изношенной поверхности рациональным по коэффициенту долговечности будет тот, у которого он имеет максимальное значение.

Выбор способа по технико-экономическому критерию. Для окончательного выбора способа или, если установлено, что требуется

му значению коэффициента долговечности для данной поверхности детали удовлетворяют несколько способов восстановления, оптимальный из них выбирают по технико-экономическому критерию, численно равному отношению себестоимости восстановления к коэффициенту долговечности для этих способов.

В качестве рационального в этом случае принимают тот способ, который обеспечивает минимальное значение технико-экономического критерия:

$$K_{тэi} = \frac{C_{vi}}{K_{di}}, \quad (4.3)$$

где $K_{тэi}$ – технико-экономический критерий i -го способа восстановления; C_{vi} – затраты на восстановление поверхности детали i -м способом, р.; K_{di} – коэффициент долговечности восстановленной поверхности i -м способом.

Если затраты на восстановление поверхности заранее неизвестны, то их можно определить аналитическим путем, используя формулу

$$C_{vi} = C_{удi} S, \quad (4.4)$$

где $C_{удi}$ – удельная себестоимость восстановления единицы площади изношенной поверхности i -м способом, р./см²; S – площадь восстанавливаемой поверхности, см².

Примерные значения удельной себестоимости восстановления поверхностей различными способами приведены в табл. 4.3.

Пример выбора рационального способа восстановления. Исходные данные: выбрать способ восстановления гильзы цилиндра двигателя Зил-508.10 обозначение 02.512.039.05.9.0.03: фактический размер гильзы $\varnothing 100,39$ мм. Гильза выполнена из специальной высоколегированного чугуна с содержанием фосфора с твердостью поверхности зеркала цилиндра от НВ 179 до НВ 229. Износ гильзы равен 0,39 мм. Длина гильзы – 188,5 мм.

Используя данные табл. 4.1, выбираем следующие способы восстановления:

- 1) обработка под ремонтный размер;
- 2) установка дополнительной ремонтной детали;
- 3) хромирование.

Применяя данные табл. 4.3, находим поправочные коэффициенты для вычисления коэффициента долговечности, результаты выбора представлены в табл. 4.4.

4.3. Удельная себестоимость восстановления изношенных поверхностей деталей наиболее распространенными способами

Способ восстановления	Удельная себестоимость восстановления $C_{уд}$, р./см ²
Наплавка в среде CO ₂	0,6...0,8
Вибродуговая наплавка	0,8...1,0
Наплавка под слоем флюса	1,2...1,4
Дуговая металлизация	0,8...1,2
Газопламенное напыление	0,8...1,2
Плазменное напыление	1,0...1,4
Хромирование электролитическое	0,4...0,9
Железнение электролитическое	0,05...0,50
Контактная наплавка (приварка) металлического слоя	0,85...1,20
Ручная наплавка	0,4...0,6
Эпоксидные композиции	0,3...0,6
Электрохимическая обработка (высадка и сглаживание)	0,8...0,9
Обработка под ремонтный размер	0,08...0,14
Установка дополнительной детали	0,4...1,0
Пластическое деформирование	0,08...0,14

4.4. Поправочные коэффициенты для выбранных способов восстановления

Способ восстановления	K_n	K_b	K_c
Хромирование (электролитическое)	1,15	0,85	0,70
Обработка под ремонтный размер	1,00	1,00	1,00
Установка дополнительной детали	1,00	0,80	1,00

По формуле (4.2) находим численные значения коэффициента долговечности для выбранных способов:

- хромирование

$$K_d = K_n K_b K_c = 1,15 \cdot 0,85 \cdot 0,7 = 0,68;$$

- обработка под ремонтный размер

$$K_d = K_n K_b K_c = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1;$$

- установка дополнительной детали

$$K_d = K_n K_b K_c = 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,8.$$

По результатам проведенных расчетов в последующем выборе исключаем хромирование, так как данный способ восстановления имеет наименьшее значение коэффициента долговечности.

Для определения технико-экономического критерия найдем площадь восстанавливаемой поверхности, как площадь развертки внутренней поверхности гильзы:

$$S = \pi D_\phi L, \quad (4.5)$$

где D_ϕ – фактический размер внутренней поверхности гильзы; L – длина гильзы;

$$S = 3,14 \cdot 100,39 \cdot 188,5 \cdot 0,01 = 594,20 \text{ см}^2.$$

Используя значения удельной себестоимости восстановления, находим себестоимость восстановления для двух выбранных способов:

- обработка под ремонтный размер

$$C_{в1} = 0,14 \cdot 594,20 = 83,19 \text{ р.};$$

- установка дополнительной детали

$$C_{в2} = 0,4 \cdot 594,20 = 237,68 \text{ р.}$$

Находим технико-экономический критерий для выбранных способов:

- обработка под ремонтный размер

$$K_{тэ1} = \frac{83,19}{1} = 83,19;$$

- установка дополнительной детали

$$K_{тэ2} = \frac{237,68}{0,8} = 297,1.$$

По результатам проведенных расчетов наиболее рациональным будет являться восстановление способом обработки под ремонтный размер.

Маршрут восстановления детали будет выглядеть следующим образом:

- растачивание;
- черновое хонингование;
- чистовое хонингование.

4.2. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РАСТАЧИВАНИЯ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ

Величина $2\beta И$, зависящая от фактического состояния изношенной рабочей поверхности, определяется путем замеров диаметра отверстия и равна для внутренних цилиндрических поверхностей (отверстий):

$$2\beta И = D_{изм} - D_n, \quad (4.6)$$

где $D_{изм}$ – соответственно максимально замеренные размеры изношенных диаметров отверстия.

Припуск на механическую обработку на сторону Z зависит от вида обработки и принимается по табл. 4.5.

Технология растачивания цилиндров гильз и блоков двигателей под ремонтный размер. Растачивание цилиндров гильз и блоков под ремонтный размер выполняют на стационарных расточных станках моделей 278Н, 269, 277Б, АС 170 или на переносном станке модели 2407, характеристики указаны в табл. 4.6.

Установка резца на требуемый размер. По диаметру растачиваемого цилиндра на шпиндельную бабку устанавливают соответствующего размера шпиндель.

Центрирование осей шпинделя и цилиндра. Крепление блока цилиндров или гильзы осуществляется прихватами непосредственно на столе станка.

4.5. Припуски на обработку на сторону для различных видов механической обработки

Вид обработки	Величина припуска Z на сторону, мм
Чистовое растачивание	0,05...0,10
Хонингование предварительное	0,01...0,04
Хонингование окончательное	0,005...0,01

4.6. Технические характеристики расточного станка

Наименование параметра	Параметры			
	АС 170	2Е78П	278Л	2А78Н
Наибольшие размеры обрабатываемого изделия, мм		750×500×450		750×500×450
Наибольшая масса обрабатываемого изделия, кг		200		200
Диаметр обрабатываемых цилиндров, мм	30...120	50...200	65...165	15...200
Число ступеней частот вращения шпинделя, шт.	16	12		12
Частота вращения, мин ⁻¹	31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250	26...1200	80...450	26...1200
Число ступеней рабочих подач шпиндельной бабки, шт.	1	4		4
Подача, мм/об	0,06	0,025..0,20	0,05...0,20	0,05...0,20
Потребляемая мощность, кВт	1,5	3,7	1,7	

Чтобы обеспечить равномерность съема металла по всему периметру растачиваемого отверстия, оси шпинделя и отверстия должны совпадать. Соосность может быть достигнута с помощью индикаторного приспособления, устанавливаемого в торец шпинделя (рис. 4.1, а), шариковой оправки (рис. 4.1, б) или конуса (рис. 4.1, в).

Если центрирование проводится с помощью оправок и конусов, то блок цилиндров при этом не крепится к столу. Крепление осуществляется лишь после центрирования. Центрирование осей шпинделя и цилиндра ведется по верхнему, практически не изнашиваемому поясу зеркала цилиндров.

Настройка станка. Настройка станка заключается в выборе подачи, установлении частоты вращения шпинделя и определении величины хода шпиндельной бабки.

Расточка цилиндров и гильз проводится борштангами с резцами, имеющими твердосплавные пластины ВКЗ или ВК6 за один проход ориентировочно при следующих режимах: подача 0,05...0,15 мм/об, скорость резания 75...175 м/мин и вращение шпинделя с частотой 300 мин⁻¹ для всех типов двигателей. Растачиванием обеспечивается шероховатость $Ra = 1,25...2,50$ мкм. После растачивания оставляют припуск на хонингование.

Глубина резания t выбирается в зависимости от общего припуска на обработку, шероховатости и точности обрабатываемой поверхности, при полустистой и черновой обработке стараются снять весь припуск за один проход;

– рассчитывают число рабочих ходов i с учетом общего припуска на обработку и глубины резания каждого рабочего хода по формуле

$$i = \frac{h}{t}, \quad (4.7)$$

где t – глубина резания; h – припуск на обработку на сторону, мм;

– выбирают подачу s по нормативам в зависимости от обрабатываемого материала, вида обработки, глубины резания, диаметра и шероховатости обрабатываемой поверхности по табл. 4.7 и корректируют по паспортным данным станка выбранного для обработки детали (см. табл. 4.6 или справочные данные по станкам для растачивания деталей);

– определяют по нормативам или рассчитывают скорость резания по формуле

$$v = \frac{C_v}{t^{x_v} s^{y_v}} K_T K_M K_I K_\phi K_p, \text{ м/мин}, \quad (4.8)$$

где C_v , x_v и y_v – коэффициент и показатели степени, зависящие от механических свойств обрабатываемого материала, металла инструмента и условий работы, определяемые по табл. 4.8; K_T – коэффициент, зависящий от стойкости резца; K_M – коэффициент, зависящий от механических свойств обрабатываемого материала; K_H – коэффициент, зависящий от материала режущей части инструмента; K_ϕ – коэффициент, зависящий от главного угла в плане резца; K_p – коэффициент, зависящий от диаметра растачиваемого отверстия: при диаметре отверстия менее 75 мм – $K_p = 0,80$; при диаметре 76...150 мм – $K_p = 0,90$; при диаметре 151...250 мм – $K_p = 0,95$; а при диаметре отверстия более 250 мм – $K_p = 1,0$.

Значения коэффициентов K_T , K_M , K_H и K_ϕ принимаются по табл. 4.9.

– рассчитывают частоту вращения расточной головки n по формуле

$$n = \frac{1000v}{\pi D_\phi}. \quad (4.9)$$

Полученное значение корректируем по паспортным данным станка (см. табл. 4.6) и определяем n_ϕ .

Затем определяем фактическую скорость резания:

$$v_\phi = \frac{\pi D_\phi n_\phi}{1000}. \quad (4.10)$$

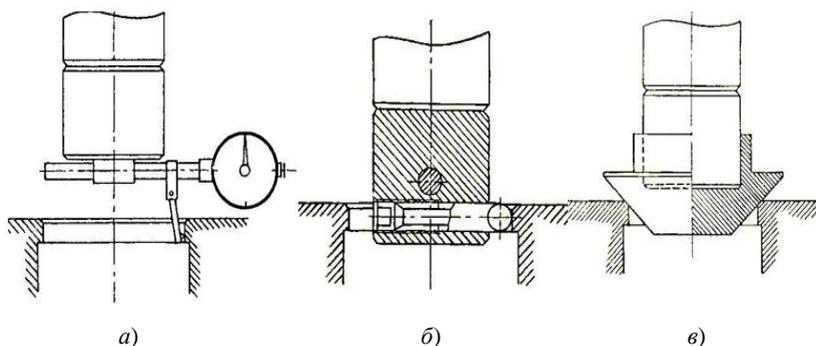


Рис. 4.1. Устройства для обеспечения соосности осей шпинделя станка и отверстия цилиндра:

а – индикаторное приспособление; *б* – шариковая оправка; *в* – конус

4.7. Поддачи s при полустачивом растачивании отверстий при глубине резания t до 2 мм для достижения шероховатости 40...20 мкм, мм/об

Диаметр растачиваемого отверстия, мм				
До 30	31...50	51...80	81...120	121...180
0,04...0,08	0,06...0,1	0,08...0,13	0,10...0,15	0,12...0,18

Необходимую мощность станка $N_{нз}$ определяют по следующей зависимости:

$$N_{нз} = \frac{P_z v_{\phi}}{6000 \eta_m}, \text{ кВт}, \quad (4.11)$$

где P_z – сила резания, Н; v_{ϕ} – фактическая скорость резания, м/мин; η_m – механический коэффициент полезного действия, равный 0,97.

Силу резания P_z определяют расчетом или по нормативным данным.

Расчетная зависимость для определения P_z выглядит следующим образом:

$$P_z = 10 C_p t^{x_p} s^{y_p}, \quad (4.12)$$

где C_p , x_p , y_p – поправочные коэффициенты для определения усилия резания (см. табл. 4.10).

Условие возможности обработки

$$N_{нз} \leq N_{ст}, \quad (4.13)$$

где $N_{ст}$ – мощность привода станка по паспорту.

В случае, если по результатам проведенных расчетов не соблюдается условие возможности обработки, рекомендуется проводить обработку не за один проход, а несколько уменьшив глубину резания и пересчитав полученные значения режимов обработки.

4.8. Значения коэффициента C_v и показателей степени x_v и y_v

Материал резца и его марка	Обрабатываемый материал и его механические свойства	Характеристика обработки	C_v	x_v	y_v
Твердый сплав ВК8	Серый чугун НВ 190	Полустачивая $s \leq 0,4$ мм	77	0,13	0,20
		Грубая $s \geq 0,4$ мм	68	0,20	0,40

4.9. Поправочные коэффициенты на скорость резания

<i>В зависимости от стойкости резца</i>											
Обрабатываемый материал	Стойкость резца T , мин										
	20	30	45	60	75	90	120	150	180	240	360
	Поправочные коэффициенты K_T на скорость резания										
Незакаленная сталь	1,33	1,24	1,15	1,08	1,04	1,00	0,94	0,91	0,87	0,82	0,76

<i>В зависимости от обрабатываемого материала</i>			
Обрабатываемый материал	Механические свойства		Поправочный коэффициент K_M
	Твердость НВ	Прочность материала B , МПа	
Серый чугун	140...160	–	1,50
	160...180	–	1,20
	180...200	–	1,00
	200...220	–	0,85
	220...240	–	0,72
	240...260	–	0,63
Алюминий и силумин	–	7...16	6,00
	–	17...28	5,00
Дюралюминий	–	35	5,00
	–	35	4,00

<i>В зависимости от марки твердого сплава инструмента</i>						
Марка твердого сплава	T5K 10	T15 K6	T30 K4	BK8	BK6	BK3
Поправочный коэффициент K_H	0,65	1,0	1,5	1,0	1,2	1,5

<i>В зависимости от главного угла в плане резца φ, 0</i>					
Обрабатываемый материал	Главный угол резца в плане				
	300	450	600	700	800
	Поправочный коэффициент K_φ				
Серый чугун	1,20	1,00	0,88	0,83	0,73

4.10. Значения коэффициентов и показателей степени в зависимости от вида обработки, материала детали режущего инструмента

Вид обработки	Материал детали	Режущий инструмент	Подача, мм/об, мм/зуб	Коэффициенты		
				C_p	x_p	y_p
Точение, обтачивание, растачивание	Сталь	T15K6	$S \leq 0,3$	190	1,0	0,75
	углеродистая,		$S > 0,3$			
	чугун серый	BK8	$S \leq 0,4$	90	1,0	0,75
			$S > 0,4$			

4.3. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ХОНИНГОВАНИЯ

Технология хонингования цилиндров гильз и блоков двигателей.

После растачивания отверстия цилиндров предварительно и окончательно хонингуют. Хонингование снижает отклонения формы и шероховатость поверхности, повышает размерную точность, сохраняет микротвердость и структуру поверхностного слоя, увеличивает несущую поверхность и остаточные сжимающие напряжения. При хонинговании абразивным бруском совершаются возвратно-поступательные вдоль оси и вращательные движения, в результате которых на обработанной поверхности абразивными зёрнами образуются царапины.

Характеристики станков для хонингования деталей представлены в табл. 4.11.

Хонинговальная головка (рис. 4.2, а) с набором абразивных брусков может быть различных номеров в зависимости от диаметра обрабатываемого цилиндра и предназначена для доводки цилиндров диаметров 65...150 мм после их расточки. Технические характеристики хонинговальных головок представлены в табл. 4.12.

Принцип работы хонинговальной головки состоит в следующем: разжимный валик, перемещаясь под действием пневматического привода вниз, разжимает хонинговальные бруски. Для смены брусков производится извлечение хонинговальной головки и ручная замена брусков с предварительных на окончательные.

После каждого двойного хода (или нескольких ходов) механизмом хона производится разжатие (радиальная подача) брусков.

Зернистость абразивного бруска выбирается в зависимости от требуемой шероховатости поверхности цилиндра, а твердость связки в зависимости от твердости обрабатываемого материала. Наибольшее распространение получили карборундовые бруски на керамической связке зернистостью 120 и твердостью СТ-С2 или бруски из синтетических алмазов АС6 для предварительной обработки зернистостью 400 и твердостью СМ1-СМ или АСМ20 на металлической связке М1 при 100 %-ной концентрации для окончательной доводки.

Для окончательного хонингования рекомендуются алмазные бруски на эластичной основе. Алмазные бруски на эластичной основе имеют стойкость примерно в 100 раз больше по сравнению со стойкостью абразивных брусков.

Учитывая, что алмазные бруски на эластичной связке снимают ограниченный припуск до 4...6 мкм на диаметр, необходимо обеспечить после предварительного хонингования шероховатость поверхности по внутреннему диаметру гильзы в пределах $Ra = 0,25...0,6$ мкм и точность геометрической формы 0,01...0,02 мм.

4.11. Техническая характеристика хонинговальных станков

Наименование параметра	Н 260 А	ЗГ 833	СС700М
Тип			Вертикально-хонинговальный станок
Диаметр хонингования, мм	25...260	30...125 (доп. 165)	20...160
Длина хонингования, мм	50...508	150...450	15...400
Частота вращения, мин ⁻¹	32...315	155; 280; 400	125; 180; 250
Ход шпинделя, мм		500	600
Количество скоростей шпинделя	Бесступ.	3	3
Мощность главного привода, кВт	7,5		1,5
Диапазон скоростей перемещения шпинделя	5...20 м/мин	8; 11,8; 18	
Число двойных ходов шпинделя, дв. х/мин		16; 24; 36	40; 63; 100

4.12. Технические характеристики хонинговальной головки

Наименование	Диапазон хонингования	Маркировка	Количество брусков
Хонголовка Ø 38 мм	38...41	МФ72.100.38.00	2
Хонголовка Ø 67 мм	67...72	ЗК833.100.67.00	4
Хонголовка Ø 72 мм	72...76	ЗК833.100.72.00	4
Хонголовка Ø 76 мм	76...82	ЗК833.100.76.00	4
Хонголовка Ø 82 мм	82...92	ЗК833.100.82.00	4
Хонголовка Ø 92 мм	92...100	ЗК833.100.92.00	4
Хонголовка Ø 101 мм	101...120	ЗК833.100.101.00	6
Хонголовка Ø 125 мм	125...145	ЗК833.100.125.00	6
Хонголовка Ø 145 мм	145...165	ЗК833.100.145.00	6

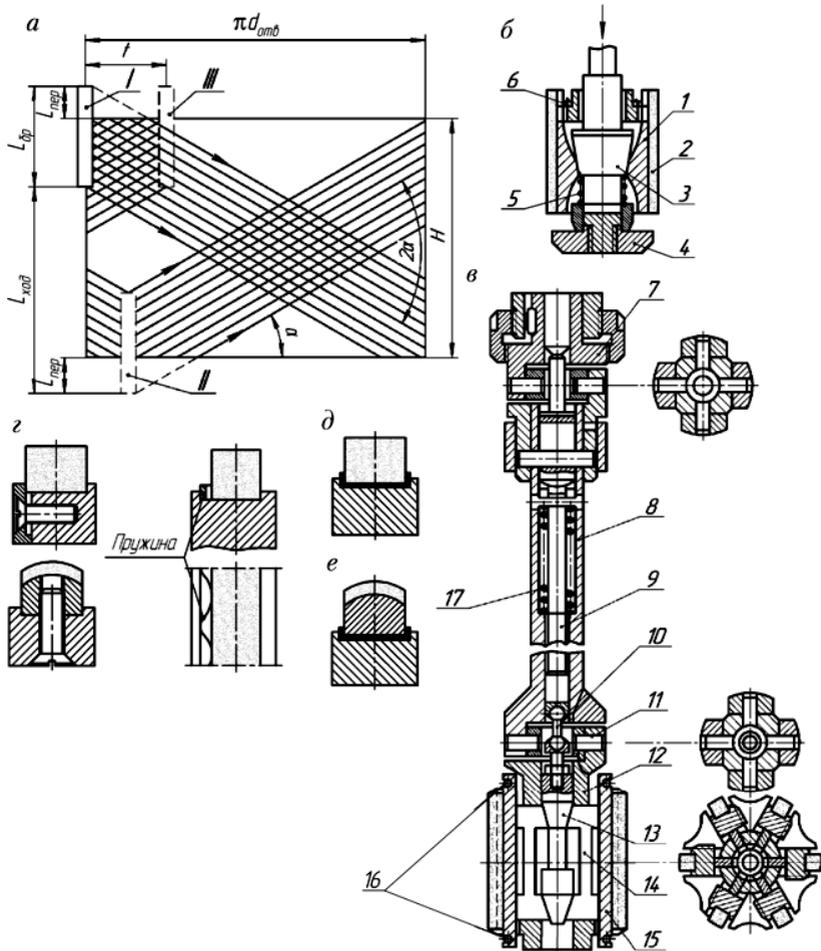


Рис. 4.2. Хонингование:

a – сетка следов обработки; *б* – механизм раздвижения брусков одним конусом; *в* – механизм раздвижения брусков двумя конусами; *z* – способы механического крепления брусков; *д, е* – соответственно приклеивание и припайвание брусков; *1* – державка; *2* – брусок; *3* – конус; *4* – регулировочная гайка; *5, 17* – винтовые пружины; *б, 16* – кольцевые пружины; *7* – механизм раздвижения; *8* – стержень; *9* – толкатель; *10, 11* – шарнирные поводки; *12* – корпус; *13* – разжимной конус; *14* – конусные планки; *15* – колодки с брусками; $l_{бр}$ – длина хонинговального бруска; H – высота отверстия; $l_{пер}$ – расстояние перебега инструмента

Хонингование алмазными брусками осуществляется в два-три приема. Общий припуск на хонингование составляет 0,05...0,08 мм на сторону. При предварительном хонинговании удаляется припуск 0,03...0,04 мм на сторону.

Двукратным или трехкратным хонингованием можно обеспечить точность до 6 квалитета и шероховатость поверхности $Ra = 0,20...0,32$ мкм.

Настройка станка. Настройка станка заключается в установлении частоты вращения шпинделя, определении величины хода хонинговальной головки и числа двойных ходов хона.

Необходимую частоту вращения шпинделя устанавливают с помощью коробки передач станка, а число двойных ходов хонинговальной головки сменными шестернями, расположенными с левой стороны станка под крышкой.

Обработка отверстий хонингованием алмазными брусками проводится на следующих режимах, приведенных в табл. 4.13.

Хонингование гильз производят на тех же одношпиндельных вертикально-хонинговальных станках, используя специальное приспособление.

Для хонингования гильз используют хоны с брусками из синтетических алмазов АСР 50/40 (предварительное) и АСР 20/14 (окончательное). В качестве смазочно-охлаждающей жидкости используют смесь керосина и индустриального масла.

Режим предварительного хонингования: окружная скорость хона – 60...80 м/мин; скорость возвратно-поступательного движения – 15...25 м/мин; давление брусков – 0,5...1,0 МПа. Режим чистового (окончательного) хонингования такой же, как и предварительного, но давление брусков снижают до 0,3...0,5 МПа.

4.13. Режимы резания при хонинговальной обработке

Параметры	Операция хонингования		
	первая	вторая	третья
Частота вращения хонинговальной головки, мин ⁻¹	120	160	240
Длина хода, мм	165	165	165
Давление на разжим брусков, МПа	1,5	1,2	1,0
Количество брусков в комплекте, шт.	6	6	6
Время хонингования, с	40...45	20...25	15
Цилиндричность отверстия, мм	0,02	0,10...0,02	0,01...0,02
Шероховатость поверхности Ra	0,8	0,63	0,25

После хонингования отклонение геометрической формы рабочей поверхности гильзы должно быть не более $0,01...0,02$ мм, а шероховатость $Ra = 0,08$ мкм.

При нормировании работ по хонингованию блоков и гильз цилиндров придерживаются следующей последовательности:

- назначают припуск Z . Значение диаметров для отверстий принимается после обработки. Припуск – величина, которую снимают в процессе обработки;

- определяют припуски $2Z$ на обработку на диаметр, которые для предварительного хонингования составляют $0,02...0,08$ мм и для окончательного – $0,01...0,02$ мм;

- определяют длину хонингования l_x (рис. 4.3), которая равна длине зеркала блока или гильзы цилиндров, мм;

- определяют длину брусков хонинговальной головки по формуле

$$l_{и} = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{4} \right) l_x; \quad (4.14)$$

- определяют выход U брусков за торцы обрабатываемой поверхности по формуле

$$U = (0,2...0,4)l_{и};$$

- определяют длину рабочего хода бруска L_p по формуле

$$L_p = l_x + 2U - l_{и}; \quad (4.15)$$

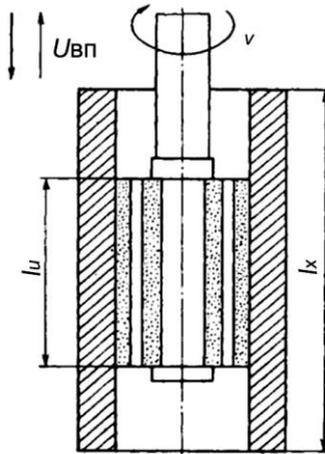


Рис. 4.3. Схема процесса хонингования

– выбирают по нормативам скорость вращения v хонинговальной головки, руководствуясь следующими данными: $v = 45...60$ м/мин для стали и $v = 60...70$ м/мин для чугуна;

– определяют число оборотов хонинговальной головки по формуле

$$n = 318 \frac{V}{D}, \quad (4.16)$$

где n – количество оборотов хонинговальной головки, мин⁻¹; V – скорость хонингования (окружная), м/мин; D – диаметр гильзы (для чернового хонингования), мм;

– принимают по паспортным данным станка скорость возвратно-поступательного движения $v_{в-п}$ хонинговальной головки в интервале $v_{в-п} = 10...20$ м/мин;

– удельное давление брусков g назначают по нормативам справочников, МПа;

– усилие пружины P механизма разжима брусков определяют по формуле

$$P = g l_{и} B z_{б} \operatorname{tg}(\varphi + \theta), \text{ Н}, \quad (4.17)$$

где P – усилие пружины механизма разжима брусков, Н; g – удельное давление брусков, МПа; $l_{и}$ – длина брусков хонинговальной головки, см; B – ширина брусков хонинговальной головки, см; $z_{б}$ – число брусков хонинговальной головки; φ – угол конуса разжима, принимается $10...15^\circ$; θ – угол трения, принимается 6° ;

– рассчитывают частоту двойных ходов $n_{д.х}$ в минуту хонинговальной головки по формуле

$$n_{д.х} = \frac{1000 v_{в-п}}{2 L_p}; \quad (4.18)$$

– рассчитанную величину частоты двойных ходов сопоставляют со значениями параметров оборудования и принимают ближайшее большее значение $n_{д.х.ф}$;

– рассчитывают полное число двойных ходов хонинговальной головки, необходимое для снятия всего припуска, по формуле

$$n_{п} = \frac{2Z}{A}, \quad (4.19)$$

где $2Z$ – припуск на диаметр, мм; A – толщина слоя металла, снимаемого за двойной проход хонинговальной головки, мм (для чугуна $A = 0,0004...0,0020$ мм).

Рассчитанную величину частоты вращения и частоты двойных ходов сопоставляют со значениями этих параметров оборудования и принимают ближайшее большее значение n_{ϕ} или $n_{д.х.ф}$;

– рассчитывают фактическую скорость резания (возвратно-поступательного движения) по формуле

$$v_{\phi} = \frac{\pi d n_{\phi}}{1000}, \text{ м/мин.} \quad (4.20)$$

4.4. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ НАРУЖНОМ КРУГЛОМ ШЛИФОВАНИИ С ПРОДОЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ ШЕЕК КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

Коленчатый вал перед ремонтом необходимо разобрать, извлечь из масляных каналов заглушки и пробки. Очистить его от смолистых, масляных и других загрязнений. Износ элементов коленчатого вала определяют с помощью специального или универсального мерительного инструмента. Трещины обнаруживаются с помощью магнитных дефектоскопов. Коленчатый вал с трещинами (у галтелей, отверстий и др.) и сколами выбраковывают.

Коленчатые валы нельзя править в холодную на прессах. При такой правке усталостная прочность коленчатых валов снижается на 30 и более процентов. Валы, имеющие значительные прогибы, выправляют местным поверхностным наклепом или разнотемпературным нагревом шатунных шеек, расположенных около средней коренной, с последующей термофиксацией формы вала. Правят вал разнотемпературным нагревом следующим образом. Исправляемый вал подвешивают в вертикальном положении в станке для закалки коленчатых валов токами высокой частоты (ТВЧ). Нагревают шейки вала (шатунные около средней коренной) со стороны его выпуклости до 860...930 °С, а с противоположной стороны до температуры 550...650 °С, затем охлаждают водой до комнатной температуры. Цикл «нагрев и охлаждение» названных участков шеек повторяют до тех пор, пока прогиб у коленчатых валов не станет равным нулю. Нагрев шеек осуществляется ТВЧ. После этого шейки, которые нагревались с целью правки вала, повторно нагревают до температуры 860...930 °С равномерно по периметру и охлаждают водой до комнатной температуры. Этой операцией восстанавливают износостойкость отпущенных ранее шеек и фиксируют форму вала. За счет отсутствия механического воздействия прочность вала после такой правки не снижается. Для изношенных шеек коленчатых валов всех автотракторных и комбайновых дви-

гателей установлены ремонтные размеры. Обработка шеек на ремонтные размеры осуществляется шлифованием с последующим полированием. Шлифование шеек производится на специальных шлифовальных станках типа 3А423, ХШ2-02, 3Д423 (табл. 4.14).

4.14. Технические характеристики станка 3Д423

Наименование параметра	Характеристика
Класс точности	В/А
Наибольший диаметр вращения устанавливаемого изделия, мм	580
Наибольшая длина устанавливаемого изделия в центрах, мм	1600
Наибольшая длина устанавливаемого изделия в патронах, мм	1450
Наибольший диаметр шлифования без люнета, мм	200
Наибольший диаметр шлифования в люнете, мм	130, 200
Наименьший диаметр шлифования в люнете, мм	25
Высота центров, мм	300
Наибольшая длина шлифования, мм	1600
Наибольший радиус кривошипа, мм	110
Наибольшая масса обрабатываемого изделия, кг	160
Наибольшее перемещение шлифовальной бабки, мм	175
Диаметр шлифовального круга – наименьший/наибольший, мм	750/900
Диаметр шлифовального круга – посадочный, мм	305
Наибольшая высота устанавливаемого круга, мм	63
Частота вращения шпинделя шлифовальной бабки, об/мин	740
Скорость перемещения стола от гидропривода, м/мин	0,2...5,0
Окружная скорость шлифовального круга, м/с	35
Точность обработки – конусность, мкм	2,5
Точность обработки – овальность, мкм	2,5
Частота вращения изделия (при частоте тока 50 Гц), об/мин	30; 60; 85; 174
Количество скоростей вращения изделия	4
Количество электродвигателей на станке	7
Мощность электродвигателя шпинделя шлифовальной бабки М1, кВт	11,0
Суммарная мощность электродвигателей, кВт	14,63

Эти станки оснащаются комплектами приспособлений для установки и контроля правильности положения коленчатых валов при шлифовании. Рекомендуется в целях снижения коробления и несоосности шеек сначала шлифовать шатунные, а затем коренные шейки. В качестве технологических баз при шлифовании коренных шеек используются центровые отверстия, при шлифовании шатунных – цилиндрическая поверхность фланца для крепления маховика и шейки переднего конца вала (под шестерню или шкив).

Дефекты центровых отверстий (забоины, заусенцы – следствие случайных воздействий при выполнении разборочно-сборочных операций) устраняются на токарном станке предварительной обработкой резцом и впоследствии центровочным сверлом, что обеспечивает требуемую точность конусности фаски. Состояние центровых отверстий определяется по радиальному биению фланца для крепления маховика и шейки переднего конца вала. Для этого вал устанавливается на центры контрольного приспособления. При шлифовании шатунных шеек коленчатый вал устанавливается в патронах-центросместителях или в жестких центросместителях, позволяющих смещать вал на величину радиуса кривошипа и обеспечивать при этом совмещение осей шатунных шеек с осью шпинделя станка. Для уравнивания коленчатого вала на планшайбы передней и задней бабок устанавливаются грузы. Для шлифования шеек коленчатых валов применяются шлифовальные круги с абразивом из белого или хромотитанистого электрокорунда зернистостью 40...60 мкм и твердостью С1, С2, СМ2...СТ3. Марка круга с размерами 900×40×305 – 91А40НС17КМ 2 кл А ГОСТ 2424–83; марка круга с размерами 900×40×305 – 25А40НС27КМ 2 кл А ГОСТ 2424–83. Перед установкой круга на станок производится его статическая балансировка. После установки на станок осуществляются правка круга по периферии и закругление кромок рабочей части по радиусу, соответствующему радиусу галтелей коленчатого вала. В качестве смазочно-охлаждающей жидкости используются водные растворы эмульсола, кальцинированной соды либо «Укринол-1». Шлифование шеек коленчатого вала при черновом шлифовании осуществляется преимущественно методом врезания. При обработке длинных шеек шлифование с продольной подачей вообще не допускается, так как основная рабочая часть круга ускоренно изнашивается по краям, приобретая выпуклую форму. Продольная подача используется при чистовом шлифовании и при обработке галтелей. Рекомендуемые параметры режимов шлифования приведены в табл. 4.15.

4.15. Рекомендуемые параметры режимов шлифования

Параметр режима шлифования	Черновое шлифование	Чистовое шлифование
Скорость шлифовального круга, м/с	50	50
Скорость вращения коленчатого вала, мм/мин	12...15	12...25
Глубина шлифования (попер. подача), мм/об	0,020...0,070	0,005...0,010
Продольная подача в долях ширины круга на один оборот коленчатого вала	0,3...0,7	0,2...0,3

Чтобы получить заданные ремонтные размеры шеек, в процессе шлифования производятся пробные измерения микрометром после остановки станка либо используются приборы активного контроля. Для предупреждения прогиба вала при шлифовании от действия абразивного круга на станине устанавливают люнет, опорный элемент которого доводят до упора в шлифуемую шейку.

После шлифования шейки необходимо полировать в целях обеспечения требуемых параметров шероховатости в пределах $Rz = 0,20...0,32$. Полирование жимками – наиболее простой способ. Более производительна эта операция осуществляется с использованием специальных установок для одновременного полирования двух с эластичным прижимом абразивного полотна одновременно к каждой шейке.

Применение ленточно-полировальной машины при полировке шеек коленчатого вала позволяет обеспечить чистоту поверхности в соответствии с требованиями заводов-изготовителей $Ra = 0,25...0,30$ мкм.

Ленточно-полировальная машина (рис. 4.4) представляет собой конструкцию, состоящую из Г-образной рамы из легкой профильной трубы с закрепленными на ней ведущим, двумя направляющими роликами и полировальной лентой (рис. 4.5), прикрепленной к углошлифовальной машине. Простая конструкция ленточно-полировальной машины позволяет с высоким качеством выполнять полирование деталей как простой, так и сложной формы.

Полировальная установка ВЛПУ-5 монтируется непосредственно на станке для шлифования коленчатых валов. Полирование шеек и галтелей коленчатых валов осуществляется индивидуально бесконечной абразивной или алмазной лентой. Лента приводится в движение от электродвигателя установки через контрпривод. Установка

имеет приспособление для придания ленте колебательного движения вдоль оси шейки. После окончания полирования лента переводится поворотным рычагом в верхнее положение. Время полирования одной шейки не более 20 с.

После износа шеек коленчатого вала последнего ремонтного размера их восстанавливают одним из следующих способов: широко-слойной наплавкой под слоем флюса, газопламенным напылением порошковых материалов, наплавкой порошковыми материалами и др.

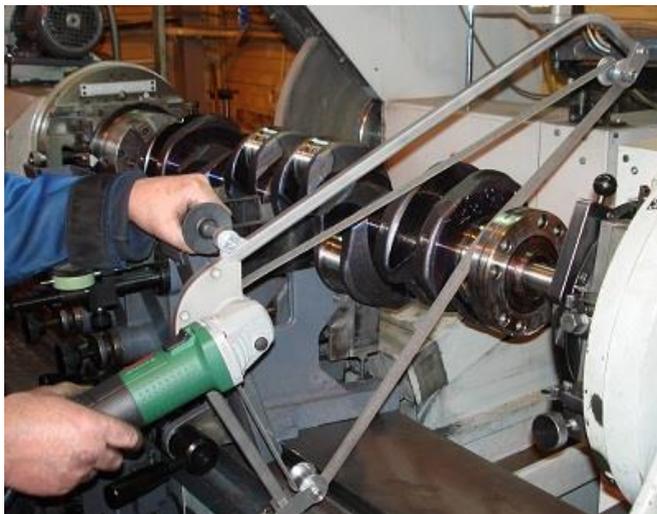


Рис. 4.4. Общий вид. Полировка коленчатого вала



Рис. 4.5. Лента полировальная

Черновая обработка наплавленных шеек более эффективно осуществляется электроэрозионным способом. При абразивном шлифовании шеек, восстановленных напеканием металлических порошков, обработка затрудняется вследствие засаливания шлифовального круга.

Все коленчатые валы после ремонта перед полированием подвергают динамической балансировке на специальных установках типа КИ-4274 или БМ-У4. Дисбаланс устраняется наплавкой металла или сверлением отверстий в противовесах.

Расчет режимов шлифования ведут в следующей последовательности.

1. Выбирают размеры режущего инструмента. Размеры инструмента ограничен максимальным размером круга, который может быть установлен на станке. Наружные диаметры прямых кругов для наружного и плоского шлифования выбирают из ряда: 3, 4, 5, 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 750, 900, 1000 мм. Ширину круга выбирают из ряда: 6, 8, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 мм.

2. Назначают подачи. Для черновой обработки поперечную подачу S_x , мм/ход (в справочнике обозначается как глубина шлифования) определяют по табл. 4.16, продольную подачу – по табл. 4.17.

Поперечная подача круга определяется по табл. 4.16, 4.17 и корректируется с паспортными данными станка.

4.16. Продольная подача при черновом круглом шлифовании, мм/об

Обрабатываемый материал	Поперечная подача (глубина резания) мм, не более					
	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,09
Незакаленная сталь	0,60	0,60	0,40	0,30	0,25	0,20
Закаленная сталь	0,50	0,45	0,35	0,25	0,20	0,15

4.17. Поперечная и продольная подачи при чистовом круглом наружном шлифовании

Диаметр шлифуемой поверхности, мм, не более	Поперечная подача (глубина шлифования), мм	Продольная подача в долях ширины круга	Окружная скорость детали, м/мин
60	0,005...0,010	0,2...0,3	15...25
120	0,005...0,010	0,2...0,3	20...35
200	0,005...0,010	0,2...0,3	25...45

Продольная подача s_0 (мм/об заготовки) устанавливается в зависимости от характера шлифования: предварительное или окончательное и ширины шлифовального круга:

$$s_0 = s_d B_k, \quad (4.21)$$

где s_d – коэффициент, учитывающий продольную подачу (в долях ширины круга), для окончательного шлифования рекомендуется $s_d = 0,2 \dots 0,4$; B_k – ширина круга, мм.

По принятой поперечной подаче (глубине шлифования) определяется число проходов по формуле

$$i = \frac{z}{s_x}. \quad (4.22)$$

Продольную и поперечную подачи проверяют и корректируют по паспорту станка (табл. 4.14).

3. Определяют скорости резания. Значения скорости шлифовального круга и скорости вращения для стальных деталей приведены в табл. 4.18.

Вращение заготовки – движение окружной подачи (в справочнике – окружная скорость детали) характеризуется скоростью движения окружной подачи $v_{s_{окр}}$ (м/мин).

$$v_{s_{окр}} = \frac{\pi d_3 n_3}{1000}, \quad (4.23)$$

где d_3 – диаметр заготовки; n_3 – частота вращения заготовки, мин^{-1} , табл. 4.14.

Определяем частоту вращения заготовки, соответствующую принятой скорости движения окружной подачи:

$$n_3 = \frac{1000 v_{s_{окр}}}{\pi d_3}, \quad (4.24)$$

где $v_{s_{окр}}$ – частота вращения детали, м/мин; d_3 – диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

Найденную частоту вращения проверяют на соответствие паспортным данным станка (табл. 4.14) и при необходимости корректируют.

4.18. Режимы резания для круглого наружного шлифования с продольной подачей

Характеристика процесса шлифования	Скорость круга v_k , м/с	Скорость движения окружной подачи $v_{s_{окр}}$
С продольной подачей:	30...35	12...25
предварительное		
окончательное		15...55

Вращение шлифовального круга – главное движение резания D_r . Оно характеризуется скоростью главного движения резания v (м/с):

$$v = \frac{\pi D_k n_k}{1000 \cdot 60}, \quad (4.25)$$

где D_k – диаметр круга, мм; n_k – частота вращения круга, мин^{-1} .

Скорость шлифовального круга сравнивают с данными табл. 4.18 и проверяют по паспорту станка. В случае несоответствия скоростей изменяют в формуле (4.25) диаметр круга D_k из ряда размеров.

4. *Определяют мощность* затрачиваемую на резание.

$$N_{\text{рез}} = C_N v_{s_{окр}}^r s_x^x s_y^y d_3^q. \quad (4.26)$$

Выписываем из табл. 4.19 коэффициент и показатели формулы.

5. *Проверяют*, достаточна ли мощность двигателя шлифовальной бабки по паспортным данным станка.

4.19. Значение коэффициентов и показателей степени в формулах мощности при круглом наружном шлифовании

Вид и характер шлифования	Шлифовальный круг		Коэффициенты и показатели степени				
	Зернистость	Твердость	C_N	r	x	y	q
Круглое наружное: с поперечной подачей на двойной ход стола	50 – 40	CM1 – CM2	1,3	0,75	0,85	0,7	–
с поперечной подачей на каждый ход стола	50	CM1	2,2	0,5	0,5	0,55	
	40	CM2 – C1	2,15				
врезное	50	C1	0,14	0,8	0,8	–	0,2

4.5. РАСЧЕТ НОРМЫ ВРЕМЕНИ

4.5.1. РАСТАЧИВАНИЕ

Определение затрат времени на обработку проводится в следующем порядке:

- определяют норму времени:

$$T_{\text{н}} = T_{\text{о}} + T_{\text{всп}} + T_{\text{доп}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_{\text{шт}}}, \text{ мин}, \quad (4.27)$$

где $T_{\text{о}}$ – время основное, мин; $T_{\text{всп}}$ – время вспомогательное, мин; $T_{\text{доп}}$ – время дополнительное, мин; $T_{\text{пз}}$ – время подготовительно-заключительное, мин; $n_{\text{шт}}$ – число изделий в партии, шт.;

- определяют для каждого перехода основное время по формуле

$$T_{\text{о}} = \frac{L_{\text{р}}}{s_{\text{ф}} n_{\text{ф}}} i, \text{ мин}, \quad (4.28)$$

где $L_{\text{р}}$ – расчетная длина обработки, мм; $s_{\text{ф}}$ – фактическая, принятая по паспорту станка, величина подачи изделия или инструмента, мм/об; $n_{\text{ф}}$ – фактическая, принятая по паспорту станка, частота вращения детали или инструмента, мин^{-1} ; i – число ходов инструмента;

$$L_{\text{р}} = l + l_{\text{х}}, \quad (4.29)$$

где l – длина рабочей поверхности гильзы, мм;

- величина врезания и выхода резца $l_{\text{х}}$ равна

$$l_{\text{х}} = l_1 + l_2 + l_3, \text{ мм}, \quad (4.30)$$

где l_1 – величина врезания резца; l_2 – перебег резца при расточке на проход ($l_2 = 2 \dots 3$ мм); l_3 – взятие пробной стружки ($l_3 = 1 \dots 2$ мм);

- величина врезания резца определяется

$$l_1 = \frac{t}{\text{tg}\varphi}, \quad (4.31)$$

где t – глубина резания, мм; φ – главный угол резца в плане, градус;

- находят время вспомогательное, мин:

$$T_{\text{всп}} = T_{\text{вы/с}} + T_{\text{вп1}} + T_{\text{вп2}} + T_{\text{вп3}}, \quad (4.32)$$

где $T_{\text{вы/с}}$ – вспомогательное время на установку и снятие детали на станок определяют по нормативам табл. 4.20; $T_{\text{вп1}}$ – вспомогательное время, связанное с переходом по табл. 4.21; $T_{\text{вп2}}$ – время на дополнительные приемы работ – по табл. 4.22; $T_{\text{вп3}}$ – время на очистку приспособления от стружки – по табл. 4.23;

- определяют оперативное время $T_{\text{оп}}$;

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{всп}}, \text{ мин}; \quad (4.33)$$

– находят дополнительное время, оно состоит из времени, затрачиваемого на организационно-техническое обслуживание рабочего места, времени на отдых и перерывы, естественные надобности и производственную гимнастику:

$$T_{\text{доп}} = \frac{T_{\text{оп}}k}{100}, \quad (4.34)$$

где k – отношение дополнительного времени к операционному, табл. 4.25;

– определяют по табл. 4.24 подготовительно-заключительное время $T_{\text{пз}}$ при обработке партии деталей;

4.20. Вспомогательное время $T_{\text{в/с}}$ на установку и снятие детали электроталью при работе на расточных и хонинговальных станках, мин

Способ установки детали на столе станка	Масса детали, кг (до)						
	30	50	80	120	200	300	500
На столе с креплением болтами с планками по обработанной поверхности	2,8	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	5,3
На угольнике с креплением болтами с планками простой выверкой	5,5	6,0	7,0	–	–	–	–
На столе в тисках с эксцентриковым зажимом без выверки	2,3	2,5	2,8	3,1	3,5	3,9	4,8
То же, с выверкой	2,8	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	5,3

4.21. Вспомогательное время, связанное с переходом $T_{\text{вп1}}$ при расточке цилиндров (на один ход), мин

Характеристика выполняемой работы	Длина стола станка, мм							
	750		1250			1800		
	Длина обрабатываемой поверхности, мм (до)							
	100	200	100	200	300	100	200	300
Резец, установленный на размер	0,12	0,17	0,15	0,21	0,26	0,18	0,26	0,34
Со взятием одной пробной стружки с измерением линейкой или шаблоном:								
при размере 100 мм	0,53	0,58	0,64	0,70	0,75	0,76	0,84	0,92
при размере 300 мм	0,55	0,60	0,66	0,72	0,77	0,78	0,86	0,94

Продолжение табл. 4.21

Характеристика выполняемой работы	Длина стола станка, мм								
	750			1250			1800		
	Длина обрабатываемой поверхности, мм (до)								
	100	200	100	200	300	100	200	300	
Со взятием одной пробной стружки с измерением штангенциркулем:									
при размере 100 мм	0,58	0,63	0,69	0,75	0,80	0,81	0,89	0,97	
при размере 300 мм	0,67	0,72	0,78	0,84	0,89	0,90	0,98	1,06	
Со взятием двух пробных стружек с измерением линейкой или шаблоном:									
при размере 100 мм	0,85	0,90	1,00	1,06	1,11	1,17	1,25	1,33	
при размере 300 мм	0,91	0,96	1,06	1,12	1,17	1,23	1,31	1,39	
Со взятием двух пробных стружек с измерением штангенциркулем:									
при размере 100 мм	1,07	1,12	1,22	1,28	1,33	1,39	1,47	1,55	
при размере 300 мм	1,37	1,42	1,52	1,58	1,63	1,69	1,77	1,85	

Примечание. При перемещении стола вручную к времени, указанному в таблице, добавляется время, равное 0,05 мин на каждые 100 мм хода стола.

4.22. Вспомогательное время, связанное с переходом $T_{вп2}$ на дополнительные приемы работы, мин

Характеристика приемов работ	Длина стола станка, мм		
	750	1250	1800
Изменить частоту вращения шпинделя: одним рычагом	0,04	0,04	0,05
	0,06	0,06	0,08
Изменить величину подачи: одним рычагом	0,03	0,03	0,04
	0,05	0,05	0,06
Повернуть приспособление с рабочей позиции на загрузочную	–	0,09	0,09
Поставить щиток ограждения от стружки и снять	0,16	0,18	0,20

4.23. Вспомогательное время $T_{впз}$ на очистку приспособления от стружки при работе на расточных и хонинговальных станках, мин

Характеристика способа очистки	Характеристика применяемого приспособления								
	без выступов и впадин			с выступами и впадинами			коробчатое		
	Размеры очищаемой поверхности, см								
	10×10	20×30	30×50	10×10	20×30	30×50	10×10	20×30	30×50
Сжатым воздухом	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,11	0,10	0,12	0,14
Щеткой	0,06	0,08	0,10	0,08	0,11	0,13	0,10	0,15	0,17

4.24. Подготовительно-заключительное время $T_{пз}$ при работе на расточных и хонинговальных станках, мин

Характеристика способа установки детали	Количество устанавливаемых режущих инструментов	Длина стола станка, мм		
		750	1250	1800
На столе с креплением болтами с планками в тисках или в приспособлении, устанавливаемом вручную	1...2	14	16	18
	3...4	16	18	20
В приспособлении, устанавливаемом подъемником или делительным приспособлением	1...2	17	19	21
	3...4	19	21	23
Добавлять в случаях, мин:				
поворота стола на угол	–	1	1	1
установки одного упора	–	2	2,5	3
получения исполнителем работы, инструмента и приспособлений	–	7	7	10

4.25. Процентное отношение дополнительного времени к оперативному

Вид обработки	Отношение к оперативному времени k , %	Вид обработки	Отношение к оперативному времени k , %
Токарная (точение/расточивание)	8/10	Фрезерование	7
Шлифование	9	Сверление	6
Строгание, долбление	9	Зуборезные работы	8

4.5.2. ХОНИНГОВАНИЕ

Алгоритм расчета затрат времени на хонингование следующий:

- рассчитывают основное (машинное) время для каждого перехода по формуле

$$T_o = \frac{n_{\text{п}}}{n_{\text{д.х.ф}}}, \text{ мин}; \quad (4.35)$$

- определяют по нормативам табл. 4.20 вспомогательное время $T_{\text{в/с}}$ на установку и снятие детали на станок;

- определяют вспомогательное время $T_{\text{вп}}$ на дополнительные приемы работ – по табл. 4.22, на очистку приспособления от стружки – по табл. 4.23;

- определяют оперативное время $T_{\text{оп}}$ (сумма основного и вспомогательного времени):

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_{\text{всп}}; \quad (4.36)$$

- определяют дополнительное время:

$$T_{\text{доп}} = \frac{T_{\text{оп}} k}{100}, \quad (4.37)$$

где $k = 9\%$ – отношение дополнительного времени к операционному, табл. 4.25;

- определяют по табл. 4.24 подготовительно-заключительное время $T_{\text{пз}}$ при обработке партии деталей;

- определяем норму времени:

$$T_{\text{н}} = T_o + T_{\text{всп}} + T_{\text{доп}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_{\text{шт}}}. \quad (4.38)$$

4.5.3. ШЛИФОВАНИЕ

Алгоритм расчета затрат времени на шлифование следующий:

Находят основное время:

$$T_o = \frac{Lhi}{n_3 s_o s_x} K, \quad (4.39)$$

где K – коэффициент точности, при предварительном шлифовании $K = 1,2$, при окончательном $K = 1,4$; L – длина обрабатываемой поверхности с учетом врезания и перебега шлифовального круга перебега шлифовального круга, мм.

Длину обрабатываемой поверхности рассчитывают по формуле

$$L = l + y, \quad (4.40)$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм; y – величина врезания и перебега, мм. Для круглого шлифования принимают перебега круга на каждую сторону равным $0,5B_{\text{к}}$.

Находят нормируемое время – это время полезной работы, связанной с выполнением производственного задания. Оно классифицируется на основное, вспомогательное, дополнительное и подготовительно-заключительное время. Все названные категории включают в состав технической нормы времени, которая выражается формулой

$$T_{\text{н}} = T_{\text{о}} + T_{\text{всп}} + T_{\text{доп}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_{\text{шт}}}, \quad (4.41)$$

где $T_{\text{н}}$ – норма времени, мин; $T_{\text{о}}$ – основное время, мин; $T_{\text{в}}$ – вспомогательное время, мин; $T_{\text{доп}}$ – дополнительное время, мин; $T_{\text{пз}}$ – подготовительно-заключительное время, мин; $n_{\text{шт}}$ – количество деталей в партии.

Вспомогательное время на установку и снятие детали выбирается из табл. 4.26, вспомогательное время, связанное с проходом, – из табл. 4.27, подготовительно-заключительное из табл. 4.28.

Дополнительное время определяется по формуле, мм:

$$T_{\text{доп}} = \frac{T_{\text{оп}}K}{100}, \quad (4.42)$$

где $T_{\text{оп}}$ – оперативное время, мин, $T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{в}}$; K – процентное отношение дополнительного времени к оперативному (табл. 4.25).

4.26. Вспомогательное время на установку и снятие детали, мин

Способ установки и крепления детали	Масса детали не более, кг							
	1	3	5	10	18	30	50	80
В центрах	0,2	0,4	0,5	0,6	1,0	2,2	2,8	3,2
В трехкулачковом патроне	0,4	0,6	0,8	1,0	1,5	2,5	3,2	4,0
В четырехкулачковом патроне	0,6	1,0	1,4	2,0	2,6	4,0	5,0	6,0
В центрах с люнетом	0,5	0,7	0,8	0,9	1,2	2,4	3,0	3,6
В центрах на оправке	1,4	1,5	2,0	3,0				

4.27. Вспомогательное время, связанное с проходом

Шлифование	Высота центров не более, мм	
	200	300
	Время на один проход, мин	
Первой поверхности на одной детали	1,00	1,20
Последующих поверхностей на одной детали	0,55	0,70
На каждый последующий проход	0,04	0,05

4.28. Подготовительно-заключительное время при работе на круглошлифовальных станках для наружного шлифования, мин

Способ установки детали	Высота центров станка, мм	
	150	300
В центрах, в центрах на оправке	7,0	8,0
В самоцентрирующем патроне	10,0	11,0
В самоцентрирующем патроне и люнете	12	14
В четырехкулачковом патроне	13	15
В четырехкулачковом патроне и люнете	14	16
<i>Добавлять на дополнительные приемы работы, мин</i>		
Установка одного люнета	3,0	4,0
Поворот стола на угол	1,0	1,0
Поворот передней бабки на угол	1,0	1,0
Поворот суппорта шлифовального круга на угол	1,0	1,0
Смена шлифовального круга	8,0	9,0

4.6. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ГИЛЬЗЫ ПОД РЕМОНТНЫЙ РАЗМЕР

При восстановлении работоспособности гильз цилиндров широко применяется растачивание под ремонтный размер. В результате этой механической обработки добиваются требуемой точности геометрической формы, допусков размеров и величины шероховатости рабочей поверхности гильз цилиндров ДВС.

Для обеспечения достаточного уровня износостойкости рабочей поверхности гильз автомобильных двигателей, которые в основной массе изготавливаются из чугуна, прибегают к проведению поверхностной или сквозной термической обработке (закалке). В этом случае твердость обработанной поверхности гильзы будет располагаться в интервале 55...65 HRC. Исходя из этого, для проведения расточки целесообразно воспользоваться резцами с материалом режущей части из Эльбора-Р. Такие резцы имеют стабильные режущие свойства при высоких температурах вплоть до 1500 °С и характеризуются высокой стойкостью к изнашиванию.

Исходная задача. Необходимо произвести расчет режимов обработки и норм времени на восстановление гильзы двигателя Зил-508.10 под ремонтный размер. Максимальный измеренный размер – 100,39 мм. Восстановление ведется под второй ремонтный размер – 101,0. Длина гильзы – 188,5 мм.

Расчет режимов растачивания. Растачивание цилиндров гильз и блоков под ремонтный размер выполняют на стационарных расточных станках, характеристики указаны в табл. 4.6. Принимаем станок 2Е78П.

Расточка гильз проводится резцами, закрепленными в расточной головке марки SS-75, которая является приспособлением к расточному станку, в котором можно закрепить один или несколько резцов (чаще всего 2). Резцы с пластинами из твердого титановольфрамового сплава марки ВК8.

Общий припуск на обработку равен $2Z_{\text{общ}} = 101 \dots 100,39 = 0,61$ мм состоит из припуска на растачивание, черновое и чистовое хонингование. Припуск на предварительное хонингование принимаем 0,04 мм, припуск на чистовое хонингование – 0,01 мм (табл. 4.5). Отсюда следует, что припуск на растачивание равен:

$$2Z_p = 2Z_{\text{общ}} - 2Z_{\text{черн}} - 2Z_{\text{чист}} = 0,61 - 0,04 - 0,01 = 0,56.$$

Тогда глубина резания составит $t = 0,56/2 = 0,28$ мм.

Число рабочих ходов i с учетом общего припуска на обработку и глубины резания каждого рабочего

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,28}{0,28} = 1,$$

где t – глубина резания; h – припуск на обработку на сторону, мм.

Выбираем подачу $s = 0,10$ мм/об по нормативам в зависимости от обрабатываемого материала, вида обработки, глубины резания, диаметра и шероховатости обрабатываемой поверхности по табл. 4.7 и корректируем по паспортным данным станка 2Е78П выбранного для обработки детали (см. табл. 4.6);

– рассчитываем скорость резания по формуле

$$v = \frac{C_v}{t^{x_v} s^{y_v}} K_T K_M K_H K_\Phi K_p = \frac{77}{0,28^{0,13} \cdot 0,1^{0,2}} 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 = 129,6, \text{ м/мин},$$

где $C_v = 77$, $x_v = 0,13$ и $y_v = 0,2$ коэффициент и показатели степени, определяемые по табл. 4.8; Значения коэффициентов $K_T = 1$, $K_M = 1$, $K_H = 1$ и $K_\Phi = 1$ принимаются по табл. 4.9, $K_p = 0,90$.

Рассчитываем частоту вращения расточной головки

$$n = \frac{1000v}{\pi D_{\phi}} = \frac{1000 \cdot 129,6}{3,14 \cdot 100,39} = 411 \text{ об/мин.}$$

Полученное значение корректируем по паспортным данным станка (см. табл. 4.6) и определяем $n_{\phi} = 400$ об/мин.

Определяем фактическую скорость резания, м/мин:

$$v_{\phi} = \frac{\pi D_{\phi} n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100,39 \cdot 400}{1000} = 126,09.$$

Определяем необходимую мощность станка $N_{\text{нз}}$:

$$N_{\text{нз}} = \frac{P_z v_{\phi}}{6000 \eta_{\text{м}}} = \frac{44,81 \cdot 126,09}{6000 \cdot 0,97} = 0,97, \text{ кВт,}$$

где P_z – сила резания, Н; v_{ϕ} – фактическая скорость резания, м/мин; $\eta_{\text{м}}$ – механический коэффициент полезного действия, равный 0,97.

Силу резания P_z определяют расчетом

$$P_z = 10 C_p t^{x_p} s^{y_p} = 10 \cdot 90 \cdot 0,28^1 \cdot 0,1^{0,75} = 44,81,$$

где $C_p = 90$, $x_p = 1$, $y_p = 0,75$ – поправочные коэффициенты для определения усилия резания (см. табл. 4.10).

Условие возможности обработки выполняется:

$$N_{\text{нз}} = 0,97 < N_{\text{ст}} = 3,7, \quad (4.43)$$

где $N_{\text{ст}} = 3,7$ кВт – мощность привода станка по паспорту.

Расчет режимов хонингования. После растачивания отверстия цилиндров предварительно и окончательно хонингуют. Хонингование снижает отклонения формы и шероховатость поверхности, повышает размерную точность, сохраняет микротвердость и структуру поверхностного слоя, увеличивает несущую поверхность и остаточные сжимающие напряжения.

Выбираем станок 3Г 833, его характеристики представлены в табл. 4.11.

Технические характеристики хонинговальных головок представлены в табл. 4.12, выбираем 3К833.100.101.00 с 6 брусками. Для хонингования гильз используют хоны с брусками из синтетических алмазов АСР 50/40 (предварительное) и АСР 20/14 (окончательное). В качестве смазочно-охлаждающей жидкости используют смесь керосина и индустриального масла.

При нормировании работ по хонингованию блоков и гильз цилиндров придерживаемся следующей последовательности:

Предварительное хонингование.

- назначаем припуск $Z = 0,04$;
- определяют глубину резания $t = 0,02$, которую принимают, как правило, равной припуску на сторону;
- определяем длину хонингования $l_x = 188,5$, которая равна длине зеркала блока или гильзы цилиндров, мм;
- определяем длину брусков хонинговальной головки по формуле

$$l_{и} = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{4}\right) l_x = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{4}\right) \cdot 188,5 = 62,83 \dots 47,13, \text{ принимаем } 50;$$

- определяют выход U брусков за торцы обрабатываемой поверхности по формуле

$$U = (0,2 \dots 0,4) l_{и} = (0,2 \dots 0,4) \cdot 50 = 10 \dots 20, \text{ принимаем } 20;$$

- определяют длину рабочего хода бруска L_p по формуле

$$L_p = l_x + 2U - l_{и} = 188,5 + 2 \cdot 20 - 50 = 178,5 ;$$

- принимаем по паспортным данным станка скорость возвратно-поступательного движения $v_{в-п} = 10$ м/мин хонинговальной головки в интервале $v_{в-п} = 10 \dots 20$ м/мин;

– удельное давление брусков $g = 1,5$ назначаем по табл. 4.14, МПа;

- усилие пружины P механизма разжима брусков

$$P = g l_{и} B z_{\sigma} t g(\varphi + \theta) = 1,5 \cdot 50 \cdot 1 \cdot 6 t g(10 + 6) = 129,04 \text{ Н},$$

где P – усилие пружины механизма разжима брусков, Н; g – удельное давление брусков, МПа; $l_{и}$ – длина брусков хонинговальной головки, см; B – ширина брусков хонинговальной головки, см; z_{σ} – число брусков хонинговальной головки; φ – угол конуса разжима, принимается $10 \dots 15^\circ$; θ – угол трения, принимается 6° ;

- рассчитывают частоту двойных ходов $n_{д.х}$ в минуту хонинговальной головки по формуле

$$n_{д.х} = \frac{1000 v_{в-п}}{2 L_p} = \frac{1000 \cdot 10}{2 \cdot 178,5} = 28,01;$$

- рассчитанную величину частоты двойных ходов сопоставляют со значениями параметров оборудования и принимают ближайшее большее значение $n_{д.х.ф} = 36$ (табл. 4.11);

– рассчитываем полное число двойных ходов хонинговальной головки, необходимое для снятия всего припуска, по формуле

$$n_{\text{п}} = \frac{2Z}{A} = \frac{2 \cdot 0,04}{0,002} = 40,$$

где $2Z = 0,04$ – припуск на диаметр, мм; A – толщина слоя металла, снимаемого за двойной проход хонинговальной головки, мм (для чугуна $A = 0,0004 \dots 0,002$ мм).

– выбирают по нормативам скорость вращения $v = 60$ хонинговальной головки, руководствуясь следующими данными $v = 60 \dots 70$ м/мин для чугуна;

– определяем число оборотов хонинговальной головки:

$$n = 318 \frac{V}{D} = 318 \frac{60}{100,95} = 189,00.$$

Рассчитанную величину частоты вращения сопоставляем с значениями этих параметров оборудования и принимаем ближайшее большее значение $n_{\text{ф}} = 288$ (табл. 4.11);

– рассчитываем фактическую скорость резания (возвратно-поступательного движения) по формуле

$$v_{\text{ф}} = \frac{\pi d n_{\text{ф}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100,95 \cdot 288}{1000} = 91,29, \text{ м/мин.}$$

Чистовое хонингование.

– назначаем припуск $Z = 0,01$.

– определяют глубину резания $t = 0,005$, которую принимают, как правило, равной припуску на сторону;

– определяем длину хонингования $l_{\text{х}} = 188,5$, которая равна длине зеркала блока или гильзы цилиндров, мм;

– определяем длину брусков хонинговальной головки по формуле

$$l_{\text{и}} = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{4} \right) l_{\text{х}} = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{4} \right) \cdot 188,5 = 62,83 \dots 47,13, \text{ принимаем } 50;$$

– определяют выход U брусков за торцы обрабатываемой поверхности по формуле

$$U = (0,2 \dots 0,4) l_{\text{и}} = (0,2 \dots 0,4) \cdot 50 = 10 \dots 20, \text{ принимаем } 20;$$

– определяют длину рабочего хода бруска $L_{\text{р}}$ по формуле

$$L_{\text{р}} = l_{\text{х}} + 2U - l_{\text{и}} = 188,5 + 2 \cdot 20 - 50 = 178,5;$$

– принимаем по паспортным данным станка скорость возвратно-поступательного движения $v_{в-п} = 10$ м/мин хонинговальной головки в интервале $v_{в-п} = 10...20$ м/мин;

– удельное давление брусков $g = 1,2$, назначаем по табл. 4.13, МПа;

– усилие пружины P механизма разжима брусков

$$P = g l_{п} B z_6 t g(\varphi + \theta) = 1,2 \cdot 50 \cdot 1 \cdot 6 t g(10 + 6) = 103,23 \text{ Н};$$

– рассчитываем частоту двойных ходов $n_{д.х}$ в минуту хонинговальной головки по формуле

$$n_{д.ч} = \frac{1000 v_{в-п}}{2 L_p} = \frac{1000 \cdot 10}{2 \cdot 178,5} = 28,01;$$

– рассчитанную величину частоты двойных ходов сопоставляют со значениями параметров оборудования и принимают ближайшее большее значение $n_{д.х.ф} = 36$ (табл. 4.11);

– рассчитываем полное число двойных ходов хонинговальной головки, необходимое для снятия всего припуска, по формуле

$$n_{п} = \frac{2Z}{A} = \frac{2 \cdot 0,01}{0,002} = 10;$$

– выбираем по нормативам скорость вращения $v = 60$ хонинговальной головки, руководствуясь следующими данными $v = 60...70$ м/мин для чугуна;

– определяем число оборотов хонинговальной головки:

$$n = 318 \frac{V}{D} = 318 \frac{60}{100,99} = 189,92.$$

Рассчитанную величину частоты вращения сопоставляем с значениями этих параметров оборудования и принимают ближайшее большее значение $n_{ф} = 288$ (табл. 4.11);

– рассчитываем фактическую скорость резания (возвратно-поступательного движения) по формуле

$$v_{ф} = \frac{\pi d n_{ф}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100,99 \cdot 288}{1000} = 91,33 \text{ м/мин.}$$

Определение затрат времени на обработку.

Растачивание

– определяем для каждого перехода основное время

$$T_o = \frac{L_p}{s_\phi n_\phi} i = \frac{191,78}{0,1 \cdot 400} \cdot 1 = 4,79, \text{ мин,}$$

где L_p – расчетная длина обработки, мм; s_ϕ – фактическая, принятая по паспорту станка, величина подачи изделия или инструмента, мм/об; n_ϕ – фактическая, принятая по паспорту станка, частота вращения детали или инструмента, мин^{-1} ; i – число ходов инструмента;

$$L_p = l + l_x = 188,5 + 3,28 = 191,78,$$

где $l = 188,5$ – длина рабочей поверхности гильзы, мм;

– величина врезания и выхода резца l_x равна

$$l_x = l_1 + l_2 + l_3 = 0,28 + 2 + 1 = 3,28, \text{ мм,}$$

где l_1 – величина врезания резца; l_2 – перебег резца при расточке на проход ($l_2 = 2 \dots 3$ мм); l_3 – взятие пробной стружки ($l_3 = 1 \dots 2$ мм);

– величина врезания резца

$$l_1 = \frac{t}{\text{tg}\phi} = \frac{0,28}{\text{tg}45} = 0,28,$$

где $t = 0,28$ мм – глубина резания, мм; $\phi = 45^\circ$ – главный угол резца в плане;

– находим вспомогательное время $T_{\text{в/с}} = 5,5$ мин на установку и снятие детали на станок определяют по нормативам табл. 4.20; определяем вспомогательное время $T_{\text{вп1}} = 0,63$, связанное с переходом по табл. 4.21, время $T_{\text{вп2}} = 0,16$ на дополнительные приемы работ – по табл. 4.22, время $T_{\text{вп3}} = 0,15$ на очистку приспособления от стружки – по табл. 4.23;

– находим время вспомогательное, мин

$$T_{\text{всп}} = T_{\text{в/с}} + T_{\text{вп1}} + T_{\text{вп2}} + T_{\text{вп3}} = 5,5 + 0,63 + 0,16 + 0,15 = 6,44;$$

– определяем оперативное время;

$$T_{\text{оп}} = 4,79 + 6,44 = 11,23 \text{ мин;}$$

– находим дополнительное время

$$T_{\text{доп}} = \frac{T_{\text{оп}} k}{100} = \frac{11,23 \cdot 10}{100} = 1,12,$$

где $k = 10$ – отношение дополнительного времени к операционному, табл. 4.25;

- определяем по табл. 4.24 подготовительно-заключительное время $T_{пз} = 14$ мин при обработке партии деталей;
- определяем норму времени:

$$T_{н} = T_{о} + T_{всп} + T_{доп} + \frac{T_{пз}}{n_{шт}} = 4,79 + 6,44 + 1,12 + \frac{14}{1} = 26,35.$$

Хонингование

Расчет ведем в следующей последовательности:

- рассчитываем для *предварительного хонингования* основное (машинное) время

$$T_{о} = \frac{n_{п}}{n_{д.х.ф}} = \frac{40}{36} = 1,11, \text{ мин};$$

- рассчитываем основное (машинное) время для окончательного *хонингования*:

$$T_{о} = \frac{n_{п}}{n_{д.х.ф}} = \frac{10}{36} = 0,28, \text{ мин};$$

- находим вспомогательное время $T_{вы/с} = 5,5$ мин на установку и снятие детали на станок, табл. 4.20; время $T_{вп2} = 0,06$ на дополнительные приемы работ – по табл. 4.22, время $T_{вп3} = 0,2$ на очистку приспособления от стружки – по табл. 4.23;

- находим время вспомогательное, мин:

$$T_{всп} = T_{вы/с} + T_{вп2} + T_{вп3} = 5,5 + 0,06 + 0,2 = 5,76;$$

- определяем оперативное время:

$$T_{оп} = T_{о} + T_{всп} = 1,11 + 0,28 + 5,76 = 7,15 \text{ мин};$$

- находим дополнительное время:

$$T_{доп} = \frac{T_{оп} \cdot k}{100} = \frac{7,15 \cdot 9}{100} = 0,64,$$

где $k = 9\%$ – отношение дополнительного времени к операционному, табл. 4.25;

- определяем по табл. 4.24 подготовительно-заключительное время $T_{пз} = 14$ мин при обработке партии деталей;
- определяем норму времени:

$$T_{н} = T_{о} + T_{всп} + T_{доп} + \frac{T_{пз}}{n_{шт}} = 1,11 + 0,28 + 5,76 + 0,64 + \frac{14}{1} = 21,79.$$

Общее время на восстановление работоспособности одной гильзы цилиндров будет складываться из нормируемого времени на все операции, входящие в технологический процесс. А именно – расточку под ремонтный размер, черновое хонингование и чистовое хонингование.

Суммируя нормируемое время на эти операции, получаем

$$T_{\text{общ}} = 26,35 + 21,79 = 48,14 \text{ мин.}$$

Полный цикл операций по восстановлению гильзы цилиндров под ремонтный размер потребует 48,14 мин.

4.7. ПРИМЕР РАСЧЕТА ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ ШЕЙКИ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ПОД РЕМОНТНЫЙ РАЗМЕР

При восстановлении работоспособности коленчатых валов широко применяется шлифование под ремонтный размер. Шлифуют как расчет режимов точения шатунных и коренных шеек аналогичен. В результате этой механической обработки добиваются требуемой точности геометрической формы, допусков размеров и величины шероховатости рабочей поверхности гильз цилиндров ДВС.

При этом способе восстановления одну из изношенных деталей сопряжения подвергают механической обработке, придавая ей заданный ремонтный размер и устраняя при этом искажения геометрической формы и дефекты поверхности (риски, задиры), обеспечивают необходимую шероховатость. Другую деталь сопряжения заменяют новой, необходимого ремонтного размера. В коленчатом вале в ремонтные размеры восстанавливают коренные и шатунные шейки, а для восстановления посадки используют вкладыши ремонтных размеров.

Исходная задача. Необходимо определить режимы резания и норму времени на круглое наружное шлифование поверхности шатунной шейки коленчатого вала двигателя Камаз-740. Длина шейки $L = 67$ мм. Величина максимального износа на сторону $U = 0,015$ мм. Шероховатость не более $Ra = 0,2$ мкм. Материал: 42ХМФАТУ 14-1-5520-2005, масса детали: 100 кг.

Расчет будем вести в следующей последовательности.

1. Определение ремонтных размеров. Определяем *ремонтный размер шатунной шейки* вала

$$D_p = D_n - 2U - Z_{\text{мин}} = 79,97 - 2 \cdot 0,015 - 0,08 = 79,86,$$

где D_n – номинальный диаметр новой шейки вала; U – величина максимального износа на сторону; $Z_{\text{мин}}$ – минимальный припуск на обработку (на диаметр).

Припуск на механическую обработку на сторону Z зависит от вида обработки и принимается по табл. 4.29.

4.29. Припуск на обработку (на диаметр) при шлифовании, мм

Шлифование			
Обдирочное	Предварительное	Окончательное (чистовое)	Тонкое
Св. 1,0	До 1,0	0,3...0,5	0,05...0,10

По таблице прил. П.5 назначаем первый ремонтный размер $P1 = 79,75^{+0,011}_{-0,011}$.

Окончательный припуск на механическую обработку

$$z = 79,86 - 79,75 = 0,11 \text{ мм на диаметр.}$$

Припуск на сторону $z = 0,055$ мм.

2. Выбираем круглошлифовальный станок 3Д423 для перешлифовки коленвалов (табл. 4.14). Размеры инструмента ограничены максимальным размером круга, который может быть установлен на станке. Выбираем круг диаметром $D_k = 750$ мм и шириной $B_k = 63$ мм.

3. По таблице 4.16 выбираем продольную подачу в долях ширины круга $s_d = 0,3$, принимаем глубину шлифования $s_x = 0,01$ мм (табл. 4.17), при этом окружная скорость детали должна быть $v_d = 20...35$ м/мин.

4. Находим продольную подачу:

$$s_o = s_d \cdot B_k = 0,3 \cdot 63 = 18,9 \text{ мм/об.}$$

5. Находим число проходов:

$$i = \frac{z}{s_x} = \frac{0,055}{0,01} = 5,5 \sim 6 \text{ проходов.}$$

Продольная и поперечная подача обеспечиваются станком (табл. 4.14). Принятые значения соответствуют его техническим характеристикам.

6. Рассчитываем частоту вращения детали:

$$n_3 = \frac{1000v_{\text{окр}}}{\pi d_3} = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 79,94} = 174 \text{ мин}^{-1},$$

где $d_3 = 79,94$ – диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

Полученное значение корректируем с паспортными данными станка. По паспортным данным станка принимаем ближайшую скорость 174 мин^{-1} .

7. По таблице 4.14 выбираем по данным станка частоту вращения шлифовального круга $n_k = 740 \text{ мин}^{-1}$.

8. Находим скорость шлифовального круга:

$$v = \frac{\pi D_k n_k}{1000 \cdot 60} = \frac{2,14 \cdot 750 \cdot 740}{1000 \cdot 60} = 29 \text{ м/с.}$$

Скорость шлифовального круга не превышает данные табл. 4.18 ($v_k = 30 \dots 35 \text{ м/с}$).

9. *Определяем мощность*, затрачиваемую на резание, для этого выписываем из табл. 4.19 значения коэффициентов: $C_N = 2,65$; $r = 0,5$; $x = 0,5$; $y = 0,55$; $q = 0$.

$$N_{\text{рез}} = C_N v_{\text{окр}}^r s_x^x s_o^y d_3^q = 2,65 \cdot 35^{0,5} \cdot 0,01^{0,5} \cdot 18,9^{0,055} = 1,85 \text{ кВт.}$$

Мощность двигателя станка (табл. 4.14) достаточна для проведения работ.

Нормы времени. Рассчитываем основное время:

$$T_o = \frac{Lhi}{n_3 s_o s_x} K = \frac{67 \cdot 0,055}{117 \cdot 18,9 \cdot 0,01} \cdot 1,4 = 0,23 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время на установку и снятие детали принимаем $T_{\text{всп1}} = 6$ из табл. 4.26, вспомогательное время, связанное с проходом, $T_{\text{всп2}} = 1,2$ из табл. 4.27.

$$T_{\text{всп}} = T_{\text{всп1}} + T_{\text{всп2}} = 6 + 1,2 = 7,2 \text{ мин.}$$

Определяем оперативное время:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_{\text{всп}} = 0,23 + 7,2 = 7,43 \text{ мин.}$$

Находим дополнительное время по формуле:

$$T_{\text{доп}} = \frac{T_{\text{оп}} K}{100} = \frac{7,43 \cdot 9}{100} = 0,67 \text{ мин,}$$

где K – отношение дополнительного времени к оперативному (в процентах), принимаем $K = 9\%$ (табл. 4.25).

Подготовительно-заключительное время $T_{\text{пз}} = 8$ мин принимаем по табл. 4.28.

Штучно-калькуляционное время на обработку одной шейки составит

$$T_{\text{н}} = T_o + T_{\text{в}} + T_{\text{доп}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n_{\text{шт}}} = 0,23 + 7,2 + 0,67 + \frac{8}{1} = 16,1 \text{ мин.}$$

Таким образом, на шлифование одной шейки коленчатого вала необходимо 16,1 мин.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается техническое нормирование труда?
2. Перечислите виды затрат рабочего времени.
3. В чем заключается последовательность технического нормирования станочных работ независимо от вида оборудования?
4. Как определяется штучно-калькуляционное время для гальванических процессов?
5. Какие параметры при механической обработке деталей влияют на шероховатость поверхности?
6. Какими параметрами характеризуется точность изготовления деталей?
7. Изложить сущность производственного и технологического процессов.
8. Что такое технологический процесс, технологическая операция, технологический переход, проход?
9. Расчет режимов растачивания гильз цилиндров.
10. Последовательность расчета норм времени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное учебное пособие отражает накопленный авторами опыт преподавания дисциплин, связанных с дефектацией некоторых деталей автомобильной техники и анализом ее результатов. Целью пособия было описание принципов и особенностей выполнения анализа результатов дефектации максимально доступно, чему способствует подробный пример расчета. Пособие ориентировано, прежде всего, на студентов, обучающихся по направлениям 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» и 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства». Наличие большого объема графического иллюстрационного материала помогает лучше понять нюансы дефектации и основные аспекты ее организации и требования к дефектации различных деталей.

Формат книги не позволил отразить подробно сам процесс снятия размеров с дефектуемых деталей, этому необходимо обучаться на практических занятиях, но подробно расписаны методики дефектации и расчеты по обработке результатов. Рассмотрены также основные способы восстановления изношенных поверхностей, приведены методики и справочные данные для расчета режимов растачивания, хонингования и шлифования, имеются примеры расчетов восстановления под ремонтные размеры.

Также пособие направлено на развитие интереса обучающихся к способам дефектации и важности данного процесса, а также изучению следующего за дефектацией процесса – восстановления, и стремлению их к поиску дополнительной информации по данному направлению – самообучению.

Освоение представленного в пособии материала поможет студентам и в дальнейшем в их профессиональной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гвоздев, А. А.** Дефектация типовых деталей и соединений сельскохозяйственной техники : метод. указания / А. А. Гвоздев, А. М. Баусов. – Иваново : ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2018. – 29 с.
2. **Глущенко, А. А.** Техническая эксплуатация автомобилей : учеб. пособие / А. А. Глущенко. – Ульяновск : УлГУ, 2019. – 232 с.
3. **Ельцов, В. В.** Восстановление и упрочнение деталей машин : учеб. пособие / В. В. Ельцов. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015.
4. **Методические указания** к лабораторным работам по дисциплине «Техническая эксплуатация автомобилей» / сост. : А. П. Фалалеев, С. В. Огрызков, А. А. Ветрогон, А. Г. Остренко. – Севастополь : Изд-во СевНТУ, 2014. – 44 с.
5. **Надежность** и ремонт машин : учеб. пособие для курсового проектирования и выпускной квалификационной работы бакалавров / А. А. Серегин, С. П. Псюкало, А. Г. Сергиенко и др. – Зерноград : Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2019. – 197 с
6. **Нормирование** работ по восстановлению гильз блоков цилиндров. Курсовое проектирование по восстановлению деталей [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С. М. Ведищев, Ю. Е. Глазков, А. В. Прохоров, и др. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2024.
7. **Основы** технологии производства и ремонта машин : практикум / Ю. Е. Глазков, С. М. Ведищев, А. В. Прохоров и др. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – URL : <https://www.tstu.ru/book/elib1/exe/2016/Glazkov.exe> (дата обращения: 01.09.2024).
8. **Основы** технологии ремонта автомобилей [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Н. Чебоксаров. – Омск : СибАДИ, 2018. – URL : <http://bek.sibadi.org/fulltext/esd492.pdf>
9. **Ремонт** автомобилей и двигателей : учебник / В. И. Карагодин, Н. Н. Митрохин. – 10-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2014. – 496 с.
10. **Руководство** по эксплуатации 3Д4230.00000РЭ. Станки специализированные круглошлифовальные для перешлифовки шеек коленчатых валов модель 3Д4230.
11. **Скобелев, С. Б.** Технология восстановления и ремонта машин : учеб. пособие / С. Б. Скобелев, В. В. Деркач, В. Г. Чуранкин ; Минобрнауки России, Ом. гос. техн. ун-т. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2022.

12. **Современные технологии** восстановления деталей машин : учеб. пособие / А. С. Апатенко, И. Г. Голубев, Ю. В. Башкирцев, Н. В. Кочнев, М. И. Голубев. – М. : РИИМА, 2019. – 42 с.

13. **Справочник** технолога-машиностроителя : в 2 т. / В. И. Аверченков, А. В. Аверченков, Б. М. Базров и др. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во «Инновационное машиностроение», 2018. – Т. 1. – 756 с.

14. **Справочник** технолога-машиностроителя / А. М. Дальский, А. Г. Суслов, А. Г. Косилова и др. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение-1, 2001. – Т. 2. – 944 с.

15. **Техническое нормирование** операций механической обработки деталей : учеб. пособие. Компьютерная версия / И. М. Морозов, И. И. Гузеев, С. А. Фадюшин. – 2-е изд., перераб. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 65 с.

16. **Техническое обслуживание** и ремонт автомобиля : учебник : в 2 ч. / А. С. Кузнецов. – 2-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2013. – Ч. 1. – 368 с.

17. **Технологии** производства и ремонта машин в АПК / А. И. Завражнов, М. К. Бралиев, С. М. Ведищев и др. – Уральск : Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, 2016. – 241 с.

18. **Технологические процессы** изготовления деталей двигателей внутреннего сгорания / Д. Н. Коновалов, Н. В. Хольшев, Ю. Е. Глазков и др. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – 96 с.

19. **Технология** автомобилестроения : учебник для вузов / А. Л. Карунин, Е. Н. Бузник, О. А. Дашенко и др. ; под ред. А. И. Дашенко. – М. : Академический Проект: Трикта, 2005. – 624 с.

20. **Технология** и организация восстановления деталей и сборочных единиц при сервисном сопровождении : учеб. пособие / А. С. Апатенко, В. В. Быков, И. Г. Голубев и др. – М. : ФГБНУ «Росинформ-агротех», 2017. – Ч. 1. – 144 с.

21. **Технология** и организация восстановления деталей и сборочных единиц при сервисном сопровождении : учеб. пособие / А. С. Апатенко, В. В. Быков, И. Г. Голубев и др. – М. : ФГБНУ «Росинформ-агротех», 2018. – Ч. 2. – 156 с.

22. **Технология** ремонта тракторов и автомобилей в АПК : учебно-методическое пособие / сост. С. А. Шишурин // ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2019. – 36 с.

23. **Технология** сельскохозяйственного машиностроения / С. М. Гайдар, С. М. Ветрова, А. С. Барчукова, Т. И. Балькова. –

RUS : Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2023. – 82 с

24. **Тойгамбаев, С. К.** Контроль деталей транспортных и технологических машин и оборудования : учеб. пособие / С. К. Тойгамбаев, П. В. Голиницкий, А. П. Шнырев. – М. : Редакционно-издательский отдел РГАУ МСХА им. Тимирязева К. А., 2017. – 327 с.

25. **Чеботарев, М. И.** Выбор оптимального способа восстановления изношенной поверхности детали : учеб. пособие / М. И. Чеботарев, М. Р. Кадыров. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 91 с.

26. **Шапошников, Ю. А.** Ремонт автомобилей : учеб. пособие / Ю. А. Шапошников, В. И. Панталеенко ; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул : АлтГТУ, 2022. – 154 с. – URL : http://elib.altstu.ru/uploads/open_mat/2022/Shaposhnikov_RemAvt_up.pdf

27. **Яковлев, В. С.** Технология производства, ремонта и утилизации транспортной техники : метод. указания / В. С. Яковлев. – Усть-Каменогорск : Изд-во ВКГТУ, 2017. – 95 с.

ГЛОССАРИЙ

Анализ результатов диагностики – обработка и интерпретация полученных диагностических данных для выбора оптимального метода устранения обнаруженных проблем.

Волочение – деформация металла в процессе протягивания его через отверстие волокни.

Восстановление – это процесс, содержащий целенаправленные действия по изменению определенного состояния детали в целях восстановления ее эксплуатационных свойств.

Газотермическое напыление – нанесение покрытия методом распыления расплавленного металла на поверхность детали с использованием газового пламени.

Гальваническое покрытие – способ защиты металлических поверхностей путем осаждения тонкого слоя другого металла электролитическим методом.

Гильза цилиндра – цилиндрический элемент двигателя внутреннего сгорания, формирующий камеру сгорания и направляющий движение поршня.

Дефект – отклонения от предусмотренного техническими условиями качества и характеристик.

Дефектация – процесс выявления дефектов и повреждений деталей машин и механизмов, осуществляемый с целью оценки технического состояния и принятия решения о возможности дальнейшего использования либо необходимости ремонта или замены.

Деформация – изменение формы или размера изделия в результате механических воздействий.

Действительный размер – фактический, измеренный размер детали с учетом погрешности.

Дефектоскопия – метод выявления поверхностных и внутренних дефектов деталей.

Диагностика технического состояния – комплекс мероприятий по определению фактического состояния автомобиля или трактора перед проведением ремонтных работ.

Дополнительная ремонтная деталь (ДРД) – вставляемая дополнительная деталь, восстанавливающая утраченную геометрию основной детали.

Допустимый размер детали – это диапазон размеров, в пределах которого деталь считается пригодной для эксплуатации и соответствует требованиям чертежа или технического задания.

Закалка – способ термической обработки стали, состоящий в нагреве стали до определенной температуры, выдержке и быстром охлаждении, в результате чего достигается высокая прочность стали.

Износ – отрыв частичек материала с поверхности в результате трения.

Износостойкость – свойство металла сохранять свои свойства и форму при частых механических воздействиях.

Комплектование поршней и гильз – подбор соответствующих друг другу по массе и размерам пар поршень-гильза.

Контроль качества – проверка соответствия деталей требованиям стандартов и технических условий, включающая визуальные осмотры, измерения, испытания и оценку пригодности к дальнейшей эксплуатации.

Коренная шейка – опора коленчатого вала, лежащая в коренном подшипнике, размещенном в картере двигателя

Кулачок распредвала – выступающий элемент на распредвале, который при вращении вала открывает и закрывает клапаны двигателя в нужный момент, регулируя фазы газораспределения.

Легированная сталь – сталь с содержанием легирующих элементов (марганца, кремния, никеля, хрома), имеющая улучшенные физические и химические свойства.

Маршрут восстановления – схема последовательности операций, необходимых для приведения изношенных или поврежденных деталей к работоспособному состоянию.

Межремонтная наработка – показатель, характеризующий срок службы оборудования или изделия между двумя последовательными ремонтами.

Методы контроля – способы проверки качества деталей, используемые для обнаружения дефектов и оценки их влияния на работоспособность изделия.

Наплавка – технологический процесс нанесения слоя металла на поверхность изделия путем наплавления расплавленного материала.

Нержавеющая сталь – сталь с содержанием хрома до 12%.

Нормирование работ – установление норм времени и затрат материалов на выполнение технологических операций восстановления деталей.

Номинальный размер – размер, относительно которого определяются отклонения.

Овальность – отклонение от идеальной круглости, при котором поперечное сечение объекта имеет эллиптическую форму, а не круглую.

Окончательная операция – последняя операция обработки поверхности, в результате которой обеспечиваются требования к ней рабочего чертежа детали.

Операционный припуск – слой материала, снимаемый с конкретной поверхности заготовки за одну операцию.

Операция (технологическая) – часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Определение износа деталей – измерение степени физического износа элементов конструкции для оценки ее остаточного ресурса.

Отделочная операция – окончательная операция обработки поверхности детали, в ходе которой снимают небольшой припуск в целях обеспечения предъявляемых к данной поверхности шероховатости и точности. Например, суперфиниш, хонингование, алмазное выглаживание и др.

Отжиг – вид термической обработки стали, при котором сталь нагревается до определенной температуры, выдерживается и медленно охлаждается.

Отпуск – вид термической обработки стали, при котором сталь нагревается ниже температуры фазовых превращений для получения определенных свойств.

Пластическая деформация – изменение формы детали под действием приложенной силы без нарушения целостности материала.

Погрешность измерений – отклонение результата измерений от истинного значения измеряемой величины.

Полный ресурс – наработка от начала эксплуатации или после ремонта до достижения предельного состояния, когда его дальнейшая эксплуатация становится невозможной или нежелательной.

Предельный размер – два предельно допустимых размера (наибольший и наименьший) элемента, между которыми должен находиться (или которым может быть равен) действительный размер.

Размерные группы – классификация деталей по размерам, допускающим установку в одну сборочную единицу без дополнительной механической обработки.

Растачивание – операция снятия материала режущим инструментом внутри отверстий в целях придания требуемого диаметра и точности геометрических форм.

Расчет нормы времени – определение необходимого времени на выполнение операции восстановления с учетом установленных стандартов производительности труда.

Режимы обработки – совокупность значений параметров технологического процесса (скорость подачи, глубина резания, частота вращения инструмента и т.п.).

Ремонтируемый объект – объект, ремонт которого возможен и предусмотрен нормативно-технической, ремонтной и(или) конструкторской (проектной) документацией.

Ремонтный размер – измененный, увеличенный или уменьшенный, стандартизированный размер детали, который используется при ремонте для восстановления ее работоспособности путем обработки и(или) использования ремонтных комплектующих.

Ремонтпригодность – свойство объекта техники, заключающееся в приспособленности к предупреждению и обнаружению причин возникновения его отказов, повреждений и устранению их последствий путем проведения ремонтов и технического обслуживания.

Сварка – процесс, при котором материалы, как правило, металлы или термопласты, соединяются путем наплавления.

Скрытый дефект – неисправность, которую нельзя выявить при обычном визуальном осмотре и которая требует дополнительных диагностических действий.

Сопряжение – связь между компонентами и другими объектами деталей.

Сортировка деталей – разделение всех деталей на основании дефектовки на три группы: годные, требующие ремонта и негодные.

Сплавы – материалы, состоящие из нескольких химических элементов, хотя бы один из которых является металлом.

Способы восстановления деталей – технологии возвращения деталям первоначальных размеров и эксплуатационных характеристик путем механической обработки, нанесения покрытий, сварочных работ и др.

Сталь – сплав железа с углеродом. Допустимое содержание углерода до 2%.

Такт выпуска деталей – время выпуска одной детали при поточном методе производства.

Технические условия (ТУ) – документ, устанавливающий требования к качеству продукции, методам ее изготовления, приемки и эксплуатации, включая стандарты дефектации.

Технологический процесс – совокупность всех процессов, непосредственно связанных с достижением заданных параметров готового изделия (детали, сборочной единицы или изделия в целом).

Физическое измерение – процесс сравнения физической величины с принятым эталоном.

Фрезеровка – способ механической обработки стали, придание стали нужной формы.

Хонингование – финишная механическая обработка внутренних поверхностей отверстий, придающая высокую точность и шероховатость поверхности.

Хромирование гальваническое – нанесение на поверхность детали хрома гальваническим способом.

Хромовое покрытие – покрытие хромом стали в целях придания ей защитных свойств (антикоррозионных).

Цементация – вид химико-термической обработки, состоящий в насыщении поверхности детали углеродом в целях повышения твердости поверхности.

Черновая операция – любая операция по обработке поверхности, если за ней следует аналогичная по методу обработки, но более точная операция, называемая чистовой.

Чистовая операция – операция, следующая за черновой. Ее целью является завершение обработки поверхности либо подготовка этой поверхности к более точной обработке.

Чугун – сплав железа с большим количеством углерода. Допустимое содержание углерода 2,14%.

Шатунная шейка коленчатого вала – поверхность колена коленчатого вала, воспринимающая нагрузку от шатуна и передающая крутящий момент на маховик.

Шейка распределительного вала – участок поверхности распределительного вала, взаимодействующий с подшипниками и обеспечивающий вращение вала.

Шлифование – механическая обработка деталей абразивными инструментами для улучшения чистоты поверхности и повышения точности размеров.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

П.1. Коэффициенты t_α , r_1 и r_3 для двухсторонних доверительных границ

Степень свободы $z = N - 1$	$\alpha = 0,60$			$\alpha = 0,80$			$\alpha = 0,90$			$\alpha = 0,95$		
	$t_\alpha$	$r_1$	$r_3$	$t_\alpha$	$r_1$	$r_3$	$t_\alpha$	$r_1$	$r_3$	t_α	r_1	r_3
3	1,06	1,95	0,70	1,89	2,73	0,57	2,92	3,66	0,48	4,30	4,85	0,42
4	0,98	1,74	0,73	1,64	2,29	0,60	2,35	2,93	0,52	3,18	3,67	0,46
5	0,94	1,62	0,75	1,53	2,05	0,62	2,13	2,54	0,55	2,78	3,07	0,49
6	0,92	1,54	0,76	1,48	1,90	0,65	2,02	2,29	0,57	2,57	2,72	0,51
7	0,91	1,48	0,77	1,44	1,80	0,67	1,94	2,13	0,59	2,45	2,48	0,54
8	0,90	1,43	0,78	1,42	1,72	0,68	1,90	2,01	0,61	2,37	2,32	0,56
9	0,89	1,40	0,79	1,40	1,66	0,69	1,86	1,91	0,63	2,31	2,18	0,57
10	0,88	1,37	0,80	1,38	1,61	0,70	1,83	1,83	0,64	2,26	2,09	0,59
11	0,88	1,35	0,80	1,37	1,57	0,70	1,81	1,78	0,64	2,23	2,00	0,60
12	0,88	1,33	0,81	1,36	1,53	0,71	1,80	1,73	0,65	2,20	1,94	0,61
13	0,87	1,31	0,81	1,36	1,50	0,73	1,78	1,69	0,66	2,18	1,88	0,62
14	0,87	1,29	0,83	1,35	1,48	0,74	1,77	1,65	0,67	2,16	1,83	0,63
15	0,87	1,28	0,83	1,35	1,46	0,74	1,76	1,62	0,68	2,15	1,79	0,64
20	0,86	1,24	0,85	1,33	1,37	0,77	1,73	1,51	0,72	2,09	1,64	0,67
25	0,86	1,21	0,86	1,32	1,33	0,79	1,71	1,44	0,74	2,06	1,55	0,70
30	0,85	1,18	0,87	1,31	1,29	0,80	1,70	1,39	0,76	2,04	1,48	0,72
40	0,85	1,16	0,88	1,30	1,24	0,83	1,68	1,32	0,78	2,02	1,40	0,75
50	0,85	1,14	0,89	1,30	1,21	0,84	1,68	1,28	0,80	2,01	1,35	0,77
60	0,85	1,12	0,90	1,30	1,19	0,86	1,67	1,25	0,82	2,00	1,31	0,79
80	0,85	1,10	0,91	1,29	1,16	0,87	1,66	1,21	0,84	1,99	1,27	0,81
100	0,85	1,09	0,92	1,29	1,14	0,88	1,66	1,19	0,86	1,98	1,23	0,83

П.2. Выписка из технических требований на дефектацию сопряжений

Наименование деталей сопряжения	Размеры деталей и сопряжения			Наработки машины от начала эксплуатации $T_{изм}$, мото.-ч	Измеренный зазор в сопряжении $S_{изм}$, мм	Коэффициент соотношения интенсивности изнашивания K	Межремонтный ресурс сопряжения $T_{мор}$, мото.-ч	Доверительная вероятность α	
	Размеры по чертежу, мм	Зазоры в сопряжении, мм							
		начальный $S_{нач}$	допустимый $S_{д.р}$						предельный $S_{пр}$
Втулка клапана–клапан	$12^{+0,019}$ $12^{-0,070}_{-0,095}$	0,070...+0,114	0,14	0,22	1500	0,135	1,5	5714	0,90
Втулка–поршневой палец	$42^{+0,038}_{+0,023}$ $42^{+0,001}_{-0,009}$	0,022...0,047	0,10	0,25	1800	0,08	1,4	8182	0,90
Ступица–вал редуктора	$128^{+0,045}$ $128^{-0,060}_{-0,295}$	0,26...0,34	0,5	0,7	1500	0,4	1,1	5000	0,90
Втулка специальная–плунжер	$13^{+0,24}_{+0,12}$ $13^{-0,24}_{-0,36}$	0,36...0,60	0,8	1,20	1800	0,75	1,13	4800	0,80

Продолжение табл. П.2

Наименование деталей сопряжения	Размеры деталей и сопряжения			Наработки машины от начала эксплуата- ции $T_{изм}$, мото.-ч	Измерен- ный зазор в сопряже- нии $S_{изм}$, мм	Кoeffи- циент соотноше- ние интен- сивности изнаши- вания K	Межремонт- ный ресурс сопряжения $T_{мор}$, мото.-ч	Довери- тельная вероят- ность α	
	Размеры по чертежу мм	Зазоры в сопряжении, мм							
		начальный $S_{нач}$	допусти- мый $S_{д.р}$						предель- ный $S_{пр}$
Втулка толкателя– толкатель	$14^{+0,24}$ $14^{-0,12}_{-0,24}$	0,12...0,48	0,80	1,00	1500	0,6	1,6	2500	0,80
Диаметр гнезда под шестерню в корпусе масляного насоса– шестерня	$42,25^{+0,160}_{+0,075}$ $42,25^{-0,050}_{-0,085}$	0,125...0,245	0,30	0,55	2500	0,32	1,85	5000	0,90
Коромысло клапана–валик коромысел	$19^{+0,053}_{+0,020}$ $19^{-0,021}$	0,020...0,074	0,20	0,35	2000	0,15	1,88	3947	0,90
Подшипник– ось роликов	$130^{+0,035}_{+0,025}$ $130^{-0,025}$	0,025...0,060	0,10	0,20	1600	0,08	1,83	8000	0,80

Продолжение табл. П.2

Наименование деталей сопряжения	Размеры деталей и сопряжения				Наработки машины от начала эксплуата- ции $T_{изм}$, мото.-ч	Измерен- ный зазор в сопряже- нии $S_{изм}$, мм	Кoeffи- циент соотноше- ние интен- сивности изнаши- вания K	Межремонт- ный ресурс сопряжения $T_{мор}$, мото.-ч	Довери- тельная вероят- ность α
	Размеры по чертежу, мм	Зазоры в сопряжении, мм							
		начальный $S_{нач}$	допусти- мый $S_{д.р}$	предель- ный $S_{пр}$					
Втулка–фланец установочный насоса	50 ^{+0,027} 50 ^{+0,050} +0,085	0,050...0,112	0,20	0,40	2000	0,18	1,83	5882	0,70
Втулка ведомой шестерни– палец ведомой шестерни	48 ^{+0,060} +0,030 48 _{-0,012}	0,030...0,072	0,14	0,25	1800	0,11	1,43	5211	0,80
Подшипник скольжения– вал	50 ^{+0,027} 50 _{-0,050} -0,085	0,050...0,112	0,17	0,40	1200	0,15	1,75	7263	0,70
Втулка про- межуточной шестерни– палец шестерни	40 ^{+0,050} +0,025 40 _{-0,025}	0,025...0,075	0,12	0,20	2300	0,11	1,92	5257	0,90

Продолжение табл. П.2

Наименование деталей сопряжения	Размеры деталей и сопряжения				Наработки машины от начала эксплуатации $T_{изм}$, мото.-ч	Измеренный зазор в сопряжении $S_{изм}$, мм	Коэффициент соотношения интенсивности изнашивания K	Межремонтный ресурс сопряжения $T_{мор}$, мото.-ч	Доверительная вероятность α
	Размеры по чертежу, мм	Зазоры в сопряжении, мм							
		начальный $S_{нач}$	допустимый $S_{д.р}$	предельный $S_{пр}$					
Втулка направляющая клапана–клапан впускной	$11^{+0,027}$ $11^{-0,035}$ $11^{-0,060}$	0,035...0,087	0,20	0,40	1500	0,15	2	4762	0,80
Втулка направляющая клапана–клапан выпускной	$11^{+0,027}$ $11^{-0,070}$ $11^{-0,090}$	0,070...0,117	0,20	0,40	1500	0,16	1,64	6977	0,80
Подшипник скольжения–вал	$50^{+0,025}$ $50^{-0,050}$ $50^{-0,089}$	0,050...0,114	0,17	0,40	1000	0,15	1,93	6389	0,70
Глубина гнезда под шестерню в корпусе масляного насоса–шестерня	$28^{+0,06}$ $28^{-0,04}$ $28^{-0,07}$	0,04...0,13	0,16	0,20	1600	0,14	1,18	6400	0,80

Продолжение табл. П.2

Наименование деталей сопряжения	Размеры деталей и сопряжения				Наработки машины от начала эксплуата- ции $T_{изм}$, мото.-ч	Измерен- ный зазор в сопряже- нии $S_{изм}$, мм	Кoeffи- циент соотноше- ние интен- сивности изнаши- вания K	Межремонт- ный ресурс сопряжения $T_{мор}$, мото.-ч	Довери- тельная вероят- ность α
	Размеры по чертежу, мм	Зазоры в сопряжении, мм							
		начальный $S_{нач}$	допусти- мый, $S_{д.р}$	предель- ный, $S_{пр}$					
Крышка корпуса ротора–ось ротора	190 ^{+0,023} 190 ^{-0,040} -0,070	0,040...0,093	0,12	0,20	1600	0,11	1,27	7529	0,80
Насадок–ось ротора	190 ^{-0,063} -0,084 190 ^{-0,110} -0,143	0,026...0,080	0,10	0,20	1000	0,09	1,3	10000	0,70
Корпус ротора–ось ротора	190 ^{+0,019} 190 ^{-0,030} -0,055	0,030...0,074	0,10	0,18	1200	0,085	1,1	8727	0,80
Втулка шестерни–вал редуктора	45 ^{+0,150} 45 ^{-0,050} -0,085	0,150...0,235	0,35	0,60	2000	0,3	1,14	7692	0,90
Подшипник скольжения– вал	68 ^{+0,025} -0,010 68 ^{-0,075} -0,090	0,065...0,115	0,135	0,30	1000	0,128	1,69	12692	0,80

Наименование деталей сопряжения	Размеры деталей и сопряжения				Наработки машины от начала эксплуата- ции $T_{изм}$, мото.-ч	Измерен- ный зазор в сопряже- нии $S_{изм}$, мм	Кoeffи- циент соотноше- ние интен- сивности изнаши- вания K	Межремонт- ный ресурс сопряжения $T_{мор}$, мото.-ч	Довери- тельная вероят- ность α
	Размеры по чертежу, мм	Зазоры в сопряжении, мм							
		начальный, $S_{нач}$	допусти- мый, $S_{д.р}$	предель- ный, $S_{пр}$					
Подшипник скольжения– вал	$75^{+0,031}_{-0,010}$ $75^{+0,080}_{-0,095}$	0,070...0,126	0,146	0,30	1100	0,14	1,62	12100	0,90
Втулка ведомой шестерни– палец ведомой шестерни	$18^{+0,060}_{+0,030}$ $18_{-0,012}$	0,030...0,072	0,14	0,25	1500	0,1	1,4	5893	0,70
Ступица– вал редуктора	$28^{+0,045}$ $28^{+0,060}_{-0,095}$	0,06...0,14	0,5	0,7	4000	0,35	1,1	3810	0,90
Втулка шестерни– вал редуктора	$45^{+0,050}$ $45^{+0,050}_{-0,085}$	0,050...0,135	0,30	0,50	2300	0,22	1,2	5412	0,80

П.3.1. Номинальные и ремонтные размеры гильз ЗиЛ-130, ЗМЗ-53

Наименование размера	Увеличение размера	ЗиЛ-130		ЗМЗ-53		ЗМЗ-409	
		Индекс группы	Размеры отверстий	Индекс группы	Размеры отверстий	Индекс группы	Размеры отверстий
Номинальный	–	А	100,06...100,05	А	92,012...92,000	А	95,536...95,548
		АА	100,05...100,04	Б	92,024...92,012	В	95,548...95,560
		Б	100,04...100,03	В	92,036...92,024	С	95,560...95,572
		ББ	100,03...100,02	Г	92,048...92,036	Д	95,572...95,584
		В	100,02...100,01	Д	92,060...92,048	Е	95,584...95,596
		ВВ	100,01...100,00	–	–	–	–
1-й ремонтный	0,5	Г	100,56...100,55	А	92,512...92,500	А	96,036...96,048
		ГГ	100,55...100,54	Б	92,524...92,512	В	96,048...96,060
		Д	100,54...100,53	В	92,536...92,524	С	96,060...96,072
		ДД	100,53...100,52	Г	92,548...92,536	Д	96,072...96,084
		Е	100,52...100,51	Д	92,560...92,548	Е	96,084...96,096
		ЕЕ	100,51...100,50	–	–	–	–

Продолжение табл. П.3.1

Наименование размера	Увеличение размера	Зил-130		ЗМЗ-53		ЗМЗ-409	
		Индекс группы	Размеры отверстий	Индекс группы	Размеры отверстий	Индекс группы	Размеры отверстий
2-й ремонтный	1,0	Ж	101,06...101,05	А	93,012...93,000	А	96,536...96,548
		ЖЖ	101,05...101,04	Б	93,024...93,012	В	96,548...96,560
		И	101,04...101,03	В	93,036...93,024	С	96,560...96,572
		ИИ	101,03...101,02	Г	93,048...93,036	Д	96,572...96,584
		К	101,02...101,01	Д	93,060...93,048	Е	96,584...96,596
		КК	101,01...101,00	–	–	–	–
3-й ремонтный	1,5	Л	101,56...101,55	А	93,512...93,500	А	–
		ЛЛ	101,55...101,54	Б	93,524...93,512	В	–
		М	101,54...101,53	В	93,536...93,524	С	–
		ММ	101,53...101,52	Г	93,548...93,536	Д	–
		Н	101,52...101,51	Д	93,560...93,548	Е	–
		НН	101,51...101,50	–	–	–	–

Таблица П.3.2

Автомобиль	Модель двигателя	Размеры отверстий			
		Номинальный	1-й ремонтный	2-й ремонтный	3-й ремонтный
ВАЗ	ВАЗ-2103, -07	76,0 ^{+0,05}	72,2	76,4	76,6
	ВАЗ-2106, -2121	79,0 ^{+0,05}	79,4	79,7	80,0
	ВАЗ-21083, -09, -10	82,0 ^{+0,05}	82,4	82,8	–
	ВАЗ-1111	76,0 ^{+0,05}	76,4	76,8	–
	ВАЗ-11113	82,0 ^{+0,05}	82,4	82,8	–
МАЗ-5434, 54329, 3366; Урал-4320-31, 5557-31; КрАЗ-6510, 6444, 6444-250; Камаз 65225, 54115, 55102, 53215, 55111, 5410, 53212, 5102	ЯМЗ-236, 238	130,0 ^{+0,04}	130,25 ^{+0,04}	130,50 ^{+0,04}	–
Audi	WH и WC	79,5 ^{+0,01}	79,7	80,0	80,5
	KP, KU и RT	81,0 ^{+0,01}	81,25	81,5	82,0
	NF	82,5 ^{+0,01}	82,75	83,0	–
Chrysler	AMC 242	98,4 ^{+0,076} _{+0,025}	98,7	–	–

П.4. Нормальные и допустимые значения распределительных валов двигателей внутреннего сгорания

Двигатель	Высота кулачков вала, мм		Шейка	Номинальный диаметр опорных шеек, мм	Предельное отклонение, мм
	нормальная	допустимая			
Д-21 Д-37	41,2 ± 0,1	40,70	Передняя	51 ^{-0,065} _{-0,105}	0,25
			средняя	50 ^{-0,065} _{-0,105}	
			задняя	47 ^{-0,050} _{-0,085}	
Д-65М Д-65Н	41,32 ^{+0,1} _{-0,2}	40,60		50 ^{-0,050} _{-0,089}	0,25
Д-50 Д-50Л	41,32 ± 0,05	40,10		50 ^{-0,050} _{-0,089}	0,25
СМД-14	42,65 ^{-0,22}	42,00	Передняя	55 ^{-0,012} _{-0,032}	0,25
			средняя	52 ^{-0,030} _{-0,060}	
			задняя	48 ^{-0,050} _{-0,089}	
Д-108 Д-160	53,00 ^{-0,20}	52,30	Передняя	68 ^{-0,060} _{-0,100}	0,25
			остальные	68 ^{-0,100} _{-0,146}	0,30

Продолжение табл. П.4

Двигатель	Высота кулачков вала, мм		Шейка	Номинальный диаметр опорных шеек, мм	Предельное отклонение, мм
	нормальная	допустимая			
Д-240 Д-240Л	41,12 ± 0,05	40,0		50 ^{-0,050} _{-0,089}	0,25
СМД-62	48,7 _{-0,17}	48,13	Первая	55 _{-0,060}	0,25
			вторая	52 _{-0,106}	
			третья	48 _{-0,06}	
			четвертая	48 _{-0,106}	
ЯМЗ-238НБ ЯМЗ-240Б	42,2 ± 0,05	41,90		54 ^{-0,065} _{-0,115}	0,30
А-41 А-01М	45,25 _{-0,17}	44,20	Первая	54 ^{-0,100} _{-0,146}	0,30
			остальные	54 ^{-0,060} _{-0,106}	0,25
ЗМЗ-53 выпускного впускного	35,57 ± 0,08	35,07		50 _{-0,020}	0,15
	36,13 ± 0,08	35,63			

П.5. Размеры коренных и шатунных шеек коленчатых валов, мм

Марка двигателя	Шейки коленчатого вала	Номинальные и ремонтные размеры							
		H1	H2	P1	P2	P3	P4	P5	P6
А-01	Коренные	105,00 _{-0,023}	104,75 _{-0,023}	104,50 _{-0,023}	104,25 _{-0,023}	104,00 _{0,023}	103,75 _{-0,023}	—	—
	Шатунные	88,00 _{-0,023}	87,75 _{-0,023}	87,50 _{-0,023}	87,25 _{-0,023}	87,00 _{-0,023}	86,75 _{-0,023}	—	—
А-41	Коренные	105,00 _{-0,020 -0,043}	104,75 _{-0,020 -0,043}	104,50 _{-0,020 -0,043}	104,25 _{-0,020 -0,043}	104,00 _{-0,020 -0,043}	103,75 _{-0,020 -0,043}	—	—
	Шатунные	88,00 _{-0,023}	87,75 _{-0,023}	87,50 _{-0,023}	87,25 _{-0,023}	87,00 _{-0,023}	86,75 _{-0,023}	—	—
Д-440, Д-461	Коренные	108,00 _{-0,022}	107,75 _{-0,022}	107,50 _{-0,022}	107,25 _{-0,022}	107,00 _{-0,022}	106,75 _{-0,022}	—	—
	Шатунные	88,01 _{-0,022}	87,76 _{-0,022}	87,51 _{-0,022}	87,26 _{-0,022}	87,01 _{-0,022}	86,76 _{-0,022}	—	—
Д-240, Д-245	Коренные	75,25 _{-0,082 -0,101}	75,00 _{-0,082 -0,101}	74,50 _{-0,082 -0,101}	74,00 _{-0,082 -0,101}	73,50 _{-0,082 -0,101}	73,00 _{-0,082 -0,101}	—	—
	Шатунные	68,25 _{-0,077 -0,096}	68,00 _{-0,077 -0,096}	67,50 _{-0,077 -0,096}	67,00 _{-0,077 -0,096}	66,50 _{-0,077 -0,096}	66,00 _{-0,077 -0,096}	—	—
Д-260	Коренные	85,25 _{-0,085 -0,104}	85,00 _{-0,085 -0,104}	84,50 _{-0,085 -0,104}	84,00 _{-0,085 -0,104}	83,50 _{-0,085 -0,104}	83,00 _{-0,085 -0,104}	—	—
	Шатунные	73,00 _{-0,100 -0,119}	72,75 _{-0,100 -0,119}	72,25 _{-0,100 -0,119}	71,75 _{-0,100 -0,119}	71,25 _{-0,100 -0,119}	70,75 _{-0,100 -0,119}	—	—
Д-21, Д-144	Коренные	70,25 _{-0,065 -0,085}	70,00 _{-0,065 -0,085}	69,50 _{-0,065 -0,085}	69,00 _{-0,065 -0,085}	68,50 _{-0,065 -0,085}	68,50 _{-0,065 -0,085}	—	—
	Шатунные	65,25 _{-0,060 -0,080}	65,00 _{-0,060 -0,080}	64,50 _{-0,060 -0,080}	64,00 _{-0,060 -0,080}	63,50 _{-0,060 -0,080}	63,00 _{-0,060 -0,080}	—	—
СМД-14	Коренные	88,25 _{-0,100 -0,115}	88,00 _{-0,100 -0,115}	87,50 _{-0,100 -0,115}	87,00 _{-0,100 -0,115}	86,50 _{-0,100 -0,115}	86,00 _{-0,100 -0,115}	—	—
	Шатунные	78,25 _{-0,095 -0,110}	78,00 _{-0,095 -0,110}	77,50 _{-0,095 -0,110}	77,00 _{-0,095 -0,110}	76,50 _{-0,095 -0,110}	76,00 _{-0,095 -0,110}	—	—
Д-160	Коренные	95,21 _{-0,022}	94,96 _{-0,022}	94,46 _{-0,022}	93,96 _{-0,022}	93,46 _{-0,022}	92,96 _{-0,022}	—	—
	Шатунные	92,00 _{-0,022}	91,96 _{-0,022}	91,21 _{-0,022}	90,46 _{-0,022}	89,71 _{-0,022}	88,96 _{-0,022}	—	—
СМД-18, СМД-20, СМД-22	Коренные	92,25 _{-0,020}	92,00 _{-0,020}	91,50 _{-0,020}	91,00 _{-0,020}	90,50 _{-0,020}	90,00 _{-0,020}	—	—
	Шатунные	78,25 _{-0,095 -0,110}	78,00 _{-0,095 -0,110}	77,50 _{-0,095 -0,110}	77,00 _{-0,095 -0,110}	76,50 _{-0,095 -0,110}	76,00 _{-0,095 -0,110}	—	—

Продолжение табл. П.5

Марка двигателя	Шейки коленчатого вала	Номинальные и ремонтные размеры							
		H1	H2	P1	P2	P3	P4	P5	P6
СМД-60	Коренные	92,25 _{-0,015}	92,00 _{-0,015}	91,50 _{-0,015}	91,00 _{-0,015}	90,50 _{-0,015}	90,00 _{-0,015}	–	–
	Шатунные	85,25 _{-0,015}	85,00 _{-0,015}	85,50 _{-0,015}	84,00 _{-0,015}	83,50 _{-0,015}	83,00 _{-0,015}	–	–
Д-40, Д-48, Д-65	Коренные	85,17 _{-0,022}	84,92 _{-0,022}	84,42 _{-0,022}	83,92 _{-0,022}	83,42 _{-0,022}	82,92 _{-0,022}	–	–
	Шатунные, B = 40	75,175 _{-0,019}	74,925 _{-0,019}	74,175 _{-0,019}	73,425 _{-0,019}	72,675 _{-0,019}	71,925 _{-0,019}	–	–
Д-65, Д-75, PM-50, PM-120	Коренные	89,13 _{-0,022}	88,88 _{-0,022}	88,38 _{-0,022}	87,88 _{-0,022}	87,38 _{-0,022}	86,88 _{-0,022}	–	–
	Шатунные, B = 35	75,175 _{-0,019}	74,925 _{-0,019}	74,425 _{-0,019}	73,925 _{-0,019}	73,425 _{-0,019}	72,925 _{-0,019}	–	–
ЗМЗ-409	Коренные	62,00 _{-0,035 -0,054}	–	61,75 _{-0,035 -0,054}	61,50 _{-0,035 -0,054}	61,25 _{-0,035 -0,054}	–	–	–
	Шатунные	56,00 _{-0,025 -0,044}	–	55,75 _{-0,025 -0,044}	55,50 _{-0,025 -0,044}	55,25 _{-0,025 -0,044}	–	–	–
Камаз-740	Коренные	95,00 _{+0,011 -0,011}	94,95 _{+0,011 -0,011}	94,75 _{+0,011 -0,011}	94,50 _{+0,011 -0,011}	94,25 _{+0,011 -0,011}	94,00 _{+0,011 -0,011}	93,75 _{+0,011 -0,011}	93,50 _{+0,011 -0,011}
	Шатунные	80,00 _{+0,011 -0,011}	79,95 _{+0,011 -0,011}	79,75 _{+0,011 -0,011}	79,50 _{+0,011 -0,011}	79,25 _{+0,011 -0,011}	79,00 _{+0,011 -0,011}	78,75 _{+0,011 -0,011}	78,50 _{+0,011 -0,011}
ЯМЗ-238ПМ, ЯМЗ-238ФМ	Коренные	110 _{-0,015}	–	109,75 _{-0,015}	109,50 _{-0,015}	109,25 _{-0,015}	109,00 _{-0,015}	108,75 _{-0,015}	108,50 _{-0,015}
	Шатунные	88 _{-0,015}	–	87,75 _{-0,015}	87,50 _{-0,015}	87,25 _{-0,015}	87,00 _{-0,015}	86,75 _{-0,015}	86,50 _{-0,015}
Perkins 2206 – E13 TA	Коренные	108,00 _{+0,020 -0,020}	–	107,49 _{+0,020 -0,020}	107,24 _{+0,020 -0,020}	–	–	–	–
	Шатунные	89,00 _{+0,020 -0,020}	–	88,492 _{+0,020 -0,020}	87,238 _{+0,020 -0,020}	–	–	–	–
ВАЗ	Коренные	50,799	50,819	50,549 50,569	50,299 50,319	50,049 50,069	49,799 49,819	–	–
	Шатунные	47,83	47,85	47,58 47,60	47,33 47,35	47,08 47,10	46,83 46,85	–	–

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДЕФЕКТАЦИИ.....	4
1.1. Сущность процесса дефектации и сортировки деталей.....	4
1.2. Виды дефектов и их характеристика.....	5
1.3. Технические условия на дефектацию деталей.....	9
1.4. Методы контроля, применяемые при дефектации деталей.....	11
1.5. Методы определения износа деталей.....	22
1.6. Сортировка деталей по маршрутам восстановления.....	33
2. ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДЕФЕКТАЦИИ.....	36
2.1. Анализ результатов диагностики подвижных сопряжений.....	36
2.2. Дефектация гильз цилиндров.....	48
2.3. Дефектация кулачков и шеек распределительных валов двигателей внутреннего сгорания.....	58
2.4. Дефектация шатунных и коренных шеек коленчатого вала.....	66
2.5. Комплектование поршней и гильз цилиндров двигателей на размерные группы.....	75
3. СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ.....	80
3.1. Классификация способов восстановления.....	80
3.2. Восстановление деталей способами обработки под ремонтный размер.....	83
3.3. Восстановление способом постановки дополнительной ремонтной детали (ДРД).....	88
3.4. Восстановление деталей способами пластической деформации.....	95
3.5. Восстановление деталей способами сварки и наплавки.....	104
3.6. Восстановление деталей газотермическим напылением.....	111
3.7. Восстановление деталей с помощью гальванических покрытий.....	115
4. НОРМИРОВАНИЕ РАБОТ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ.....	120
4.1. Выбор способа восстановления.....	120
4.2. Расчет режимов растачивания гильз цилиндров.....	127
4.3. Расчет режимов хонингования.....	133
4.4. Расчет режимов резания при наружном круглом шлифовании с продольной подачей шеек коленчатых валов.....	139
4.5. Расчет нормы времени.....	147
4.5.1. Растачивание.....	147
4.5.2. Хонингование.....	151
4.5.3. Шлифование.....	151
4.6. Пример расчета по восстановлению гильзы под ремонтный размер.....	153
4.7. Пример расчета по восстановлению шейки коленчатого вала под ремонтный размер.....	161
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	165
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	166
ГЛОССАРИЙ.....	169
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	174

Учебное электронное издание

ВЕДИЩЕВ Сергей Михайлович
ШЕМЯКИН Александр Владимирович
ГЛАЗКОВ Юрий Евгеньевич
ПРОХОРОВ Алексей Владимирович
ХОЛЬШЕВ Николай Васильевич
МИЛОВАНОВ Александр Васильевич
РУДЕНКО Иван Иванович
АНИКИН Николай Викторович
КУЛИК Сергей Николаевич
НИКОЛОТОВ Илья Николаевич

ДЕФЕКТАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

Учебное пособие

Редактор Л. В. Комбарова
Графический и мультимедийный дизайнер Т. Ю. Зотова
Обложка, упаковка, тиражирование Л. В. Комбаровой

ISBN 978-5-8265-2859-4



9 785826 528594

Подписано к использованию 28.01.2025.
Тираж 50 шт. Заказ № 11

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106/5,
помещение 2, к. 14
Тел./факс (4752) 63-81-08.
E-mail: izdatelstvo@tstu.ru