

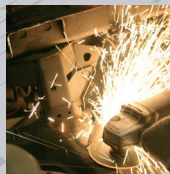
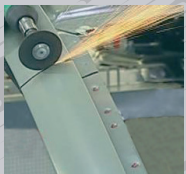
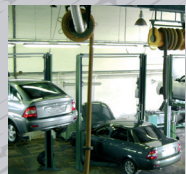
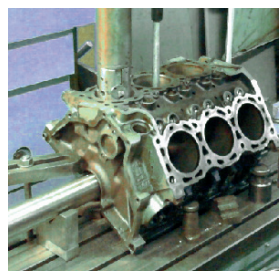
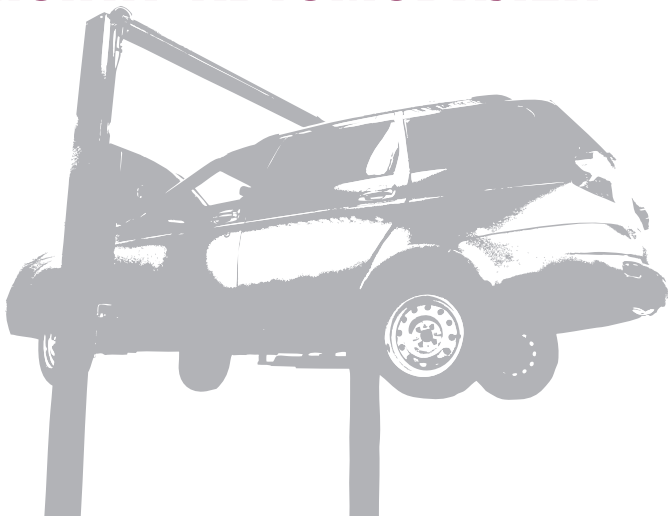
Г.В. Мураткин
В.С. Малкин
В.Г. Доронкин



ОСНОВЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И РЕМОНТ АВТОМОБИЛЕЙ

Часть 2

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ



Министерство образования и науки Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Институт машиностроения
Кафедра «Нанотехнологии, материаловедение и механика»

Г.В. Мураткин, В.С. Малкин, В.Г. Доронкин

ОСНОВЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И РЕМОНТ АВТОМОБИЛЕЙ

Учебное пособие

В двух частях

Часть 2

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ**

Тольятти
Издательство ТГУ
2012

УДК 629.33.004.57 (075.8)

ББК 39.33-08я73

М91

Рецензенты:

к.т.н., доцент, завкафедрой «Автомобили» Ульяновского государственного технического университета *М.Ю. Обшивалкин*;
д.т.н., профессор Тольяттинского государственного университета
В.В. Ельцов.

Под редакцией *Г.В. Мураткина*.

М91 Мураткин, Г.В. Основы восстановления деталей и ремонт автомобилей. В 2 ч. Ч. 2. Технологические процессы восстановления деталей и ремонта автомобилей : учебное пособие / Г.В. Мураткин, В.С. Малкин, В.Г. Доронкин ; под ред. Г.В. Мураткина. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2012. – 263 с. : пер.

Во второй части учебного пособия изложены основные принципы технологических процессов восстановления деталей, в том числе с учетом технологической наследственности. Большое внимание уделено формированию износостойкого поверхностного слоя при восстановлении деталей технологическими методами. Приведены сведения об основных типовых технологических процессах восстановления деталей автомобилей, технологических операциях капитального ремонта, ремонте, окрашивании и антикоррозийной обработке кузова. Рассмотрена возможность создания нового промышленного сектора отечественной экономики – утилизации как составляющей системы рециклинга автомобилей.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 190600 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

УДК 629.33.004.57 (075.8)

ББК 39.33-08я73

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

ISBN 978-5-8259-0683-6

© ФГБОУ ВПО «Тольяттинский
государственный университет», 2012

5. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ

5.1. Понятие «технологическая наследственность», её виды

Знание объективных закономерностей проявления технологической наследственности имеет большое практическое значение для разработки технологических процессов восстановления деталей с необходимыми для конкретных условий эксплуатации параметрами качества поверхности и эксплуатационными свойствами. Параметры качества деталей, от которых зависят работоспособность и долговечность восстанавливаемых изделий, формируются в ходе всего технологического процесса. При этом отдельные параметры, свойства и характеристики переходят от одной технологической операции к другой, т. е. как бы «наследуются». Следовательно, можно утверждать, что при обработке деталей имеет место технологическая наследственность.

Основные параметры деталей, наследуемые в ходе технологического процесса восстановления, делятся на две группы:

- 1) связанные с геометрией детали;
- 2) связанные с материалом детали.

К первой группе можно отнести макро- и микрогеометрию обработанных поверхностей, например шероховатость, волнистость, овальность, конусность и др. Ко второй группе – параметры, характеризующие твердость, напряженное состояние и химический состав материала детали. Необходимо отметить, что наследуемые параметры этих групп взаимосвязаны между собой и в определенной мере оказывают влияние друг на друга по ходу технологического процесса.

Все наследуемые параметры могут служить отрицательными и положительными факторами технологической наследственности. К отрицательным факторам могут быть отнесены такие параметры детали, которые ухудшают отдельные эксплуатационные свойства, а к положительным – такие параметры, которые улучшают те же эксплуатационные свойства. Например, волнистость, большая высота микронеровностей, остаточные напряжения растяжения и др. являются отрицательными факторами технологической наследственности для износостойкости и контактной жесткости. К положительным факторам для указанных экс-

платационных свойств можно отнести большие радиусы закругления вершин микронеровностей, малые углы наклона сторон микронеровностей, большую относительную опорную длину микропрофиля, повышенную твердость и остаточные напряжения сжатия.

Необходимо отметить, что одни и те же параметры качества детали для одних эксплуатационных свойств могут являться положительными факторами, а для других – отрицательными факторами технологической наследственности.

Самым простым и наглядным примером, подтверждающим проявление технологической наследственности, может служить явление геометрического копирования исходных погрешностей формы детали. Если, например, деталь в процессе эксплуатации в результате неравномерного износа получила в поперечном сечении погрешность в виде овальности величиной Δ_3 , то и при последующей лезвийной обработке будет получаться овальность (рис. 5.1), только меньшей величины Δ_4 .

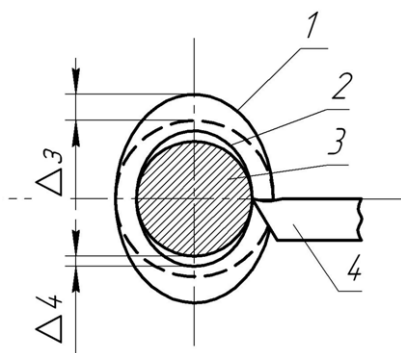


Рис. 5.1. Схема геометрического копирования овальности: 1 – овальность заготовки; 2 – овальность детали; 3 – круг в сечении детали; 4 – резец

Причиной наследования овальности являются упругие деформации элементов технологической системы, в которой ведется обработка. Так, при снятии припуска точением происходит изменение глубины резания. Это приводит к изменению силы резания, которая, в свою очередь, вызывает упругие деформации резца и обрабатываемой детали. Увеличение радиуса детали на величину этих деформаций приводит к повторению овальности в поперечном сечении. При дальнейшей механической обработке форма и размеры детали все больше уточняются, приближаясь к требуемым значениям (рис. 5.2).

Изложенное выше указывает на то, что невозможно устранить значительные погрешности формы деталей за один проход механической обработки. Поэтому количество проходов, значения межопе-

рациональных размеров и величину припусков на обработку необходимо назначать с учетом проявления технологической наследственности.

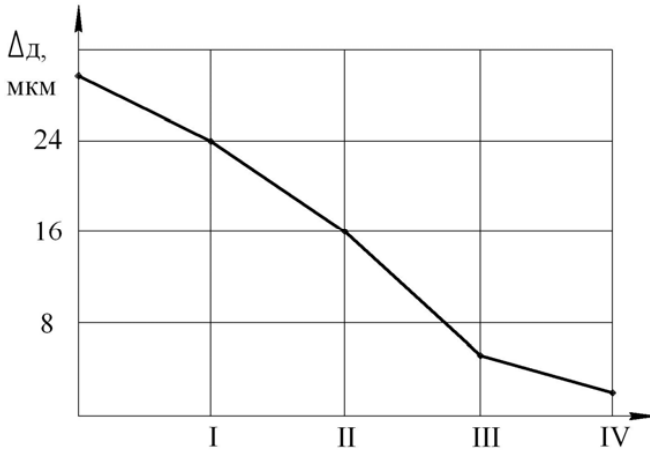


Рис. 5.2. Изменение величины овальности Δ_d при обработке детали точением: I – черновое; II – черновое; III – чистовое; IV – тонкое точение

При технологическом наследовании геометрических параметров детали существует взаимосвязь между входной x и выходной y погрешностью на каждой технологической операции:

$$y = bx + a, \quad (5.1)$$

где b – коэффициент переноса; bx – наследственная погрешность, показывающая, какая часть погрешности детали, обработанной на предыдущей операции, переносится на деталь, обработанную на данной операции; a – собственная погрешность, которая зависит от режимов и условий функционирования технологического процесса на данной операции и не зависит от величины входной погрешности.

Чем меньше b , тем меньше наследственная погрешность bx и, следовательно, больше исправляющее действие данной операции.

Анализируя наследственную погрешность bx , можно отметить ряд частных случаев получения заданной точности в зависимости от функционирования технологического процесса на данной операции.

1. Если $b = 0$, то входная погрешность полностью устраняется и точность детали определяется только собственной погрешностью a

технологического процесса на данной операции. В этом случае точность данной операции будет выше точности предыдущей.

2. Если $b = 1$, то входная погрешность не исправляется. Кроме того, к ней добавляется собственная погрешность a процесса на данной операции, из-за чего точность обработки на данной операции ниже, чем точность обработки предыдущей операции.

3. Если $0 < b < 1$, то входная погрешность частично исправляется. Однако для получения заданной точности собственная погрешность данной операции должна быть такой, чтобы удовлетворялось условие:

$$a < (1 - b) \cdot x, \quad (5.2)$$

где $(1 - b)$ – коэффициент исправления.

4. Если $b > 1$, то входная погрешность переносится с усилением, например, при проведении термических операций происходит увеличение остаточных деформаций деталей. В этом случае точность данной операции будет значительно ниже точности предыдущей.

В отношении собственной погрешности a можно сказать, что эта погрешность для данных условий функционирования технологического процесса остается относительно постоянной величиной и может быть отнесена к систематическим погрешностям.

Для повышения точности обработки следует стремиться к уменьшению собственной погрешности a за счет корректировки уровня настройки технологического процесса. Однако для существенно положительных величин, каковыми являются эксцентриситет, биение и остаточные деформации, собственная погрешность a не может быть уменьшена за счет изменения уровня настройки процесса. В этих случаях собственная погрешность a является дефектом технологического процесса и для ее устранения необходимо провести ряд мероприятий, связанных с изменением самого процесса обработки. Достижение заданной точности детали путем уменьшения таких параметров, как эксцентриситет, биение и остаточные деформации, является более сложной технологической задачей, чем, например, достижение требуемой точности размеров.

Наследование физико-механических параметров материала поверхностного слоя выражается в пооперационном взаимодействии зон наклепа и эпюр остаточных напряжений. Пооперационное вза-

имодействие представляет собой наложение (суммирование) имеющихся и вновь созданных зон наклепа и эпюр остаточных напряжений. Процесс наследования физико-механических свойств при любой механической обработке, связанной с удалением поверхностного слоя материала, представляет собой достаточно сложный механизм, поскольку одновременно происходит нарушение исходных эпюр микротвердости и остаточных напряжений и образование новых зон наклепа и начальных напряжений, обусловленных самим процессом обработки. Особенно сложной является схема взаимодействия эпюр остаточных напряжений, поскольку при суммировании исходных и вновь образованных напряжений необходимо учитывать релаксацию части начальных напряжений, происходящую в результате деформации детали при ее раскреплении.

Закономерности наследования параметров, связанных с материалом детали, могут быть описаны в виде уравнений регрессии, которые определяются на основании экспериментальных исследований:

$$x_i = ax_{i-1}^b, \quad (5.3)$$

где x_{i-1} , x_i — физико-механические характеристики поверхностного слоя для $(i-1)$ и i -й операции технологического процесса обработки; a , b — коэффициенты технологической наследственности.

5.2. Проектирование технологических процессов восстановления деталей с учетом технологической наследственности

В технологической цепочке существуют как бы своего рода «барьеры» для наследуемых параметров, связанных с материалом детали. Некоторые параметры (например, направление волокон, текстура металла), которые служат отрицательными факторами технологической наследственности, преодолеть эти «барьеры» не могут, и в этом случае их влияние на конечные свойства обработанных поверхностей отсутствует. Другие факторы такие «барьеры» проходят, но при этом значительно теряют свою силу и влияют на конечные свойства очень слабо.

Самыми существенными технологическими барьерами для наследуемых параметров второй группы служат термические операции (например, закалка, отпуск, отжиг, нормализация) и так называемые

упрочняющие операции, сопровождающиеся поверхностным наклепом деталей (например, обкатка роликами и шариками, алмазное выглаживание, обдужка стальной дробью и др.).

Положительные и отрицательные факторы технологической наследственности появляются и угасают на различных стадиях технологического процесса. Другими словами, продолжительность действия отдельных факторов технологической наследственности различна. Конечные эксплуатационные свойства обработанной поверхности будут зависеть от того, сколько отрицательных факторов пройдут через весь комплекс технологических операций, вплоть до готовой детали, и насколько они будут подавлены или нейтрализованы положительными факторами. Следовательно, при проектировании технологических процессов необходимо вводить такие операции, которые создавали бы больше препятствий для прохождения отрицательных факторов к финишной операции.

Если в рассмотренных формулах (5.1) и (5.3) коэффициент технологической наследственности b будет равен нулю, то это означает отсутствие влияния исходной геометрической погрешности или исходного физического состояния поверхностного слоя на окончательную погрешность или окончательное состояние детали после данной операции, что может служить математической интерпретацией действия этой операции как технологического барьера.

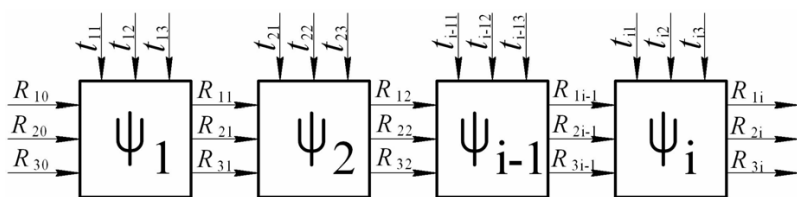


Рис. 5.3. Структура технологического процесса: Ψ_1, Ψ_2, Ψ_i – технологические операции; R_{10}, R_{20}, R_{30} – исходные параметры заготовки; t_{11}, t_{12}, t_{13} – технологические параметры режима обработки

Общую структуру технологического процесса можно представить в виде последовательности изменения основных параметров формы, точности и качества поверхности от заготовки к готовой детали (рис. 5.3). При этом необходимо отметить, что построение такой фор-

мализованной модели не учитывает воздействие друг на друга наследуемых параметров, связанных с геометрией и материалом детали. На самом деле взаимное влияние указанных параметров в той или иной степени проявляется в каждом технологическом процессе. Так, неравномерное распределение твердости по поверхности детали приводит при механической обработке к возникновению вибрации и, как следствие, к образованию волнистости и различной по высоте шероховатости поверхности. И наоборот, геометрические параметры влияют на структурную однородность поверхностного слоя. Так бывает в случае, когда технология восстановления разработана неправильно. Например, после наплавки восстанавливаемой детали и ее нормализации технолог ошибочно назначил механическую обработку, состоящую из черного точения в один проход, игнорируя полусточное точение. После последующей закалки и отпуска такая деталь подвергается окончательной обработке шлифованием. При шлифовании грубо обточенной, закаленной детали в ее поверхностном слое протекают интенсивные тепловые процессы. При врезании шлифовального круга в исходную шероховатость l выступы мгновенно срезаются (рис. 5.4). В зоне каждого выступа создается термический удар, т. е. происходит локальный нагрев со скоростью несколько сотен градусов в одну секунду. Тепловые зоны $З$ распространяются вглубь металла и приводят к изменению исходной структуры. На травленых микрошлифах при соответствующем увеличении всегда видны чередующиеся светлые и темные полосы. Поскольку различные структуры имеют разный удельный объем, вполне вероятно, что в местах, разделяющих смежные тепловые зоны, возникают высокие напряжения, которые значительно снижают усталостную прочность изделия.

В большинстве случаев при проектировании технологии восстановления деталей в качестве критерия её оптимальности принимают себестоимость технологического процесса. Однако в некоторых случаях при восстановлении деталей целесообразнее использовать другой критерий оптимальности, а именно долговечность восстановленного изделия. Целесообразность принятия этого критерия обусловлена необходимостью увеличения ресурса восстановленных изделий (например, ножа бульдозера) по отношению к новым деталям.

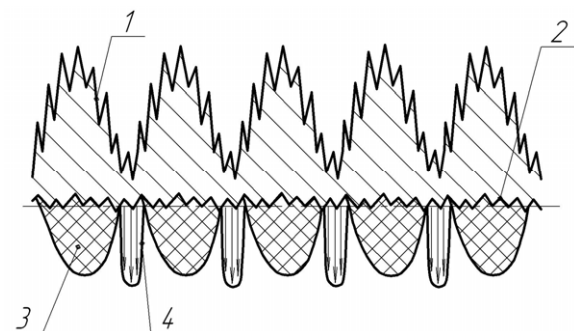


Рис. 5.4. Влияние термических ударов на физико-механические свойства шлифованной поверхности: 1 – микрорельеф поверхности после токарной обработки; 2 – микрорельеф шлифованной поверхности; 3 – остаточные зоны термических ударов; 4 – граничные зоны

Увеличение ресурса деталей основывается не только на высоком техническом оснащении производства, обеспечении высокого качества труда и состояния технологической дисциплины, но и на научно обоснованном проектировании технологии восстановления. Технологическое повышение долговечности изделий базируется на формировании оптимальных характеристик качества поверхности и поверхностного слоя деталей для установленных условий эксплуатации. Для этого надо, во-первых, знать закономерности изменения основных параметров от одной операции к другой в виде уравнений технологической наследственности, во-вторых, вводить в технологический процесс дополнительные операции (технологические барьеры), например, операции упрочнения методами поверхностного пластического деформирования. В этом случае введение указанных технологических операций неизбежно приводит к повышению стоимости процесса восстановления, но вместе с тем существенно увеличивает долговечность изделия, что делает экономически выгодным применение такой технологии. Так, обкатывание роликами галтелей коленчатого вала значительно повышает усталостную прочность и ресурс изделия. Кроме того, для разработки научно обоснованной технологии требуется в рамках каждой технологической операции определить функциональную зависимость эксплуатационного свойства от режимов обработки. Во многих случаях такая зависимость может

быть установлена с помощью математических зависимостей: качество поверхности (например, шероховатость) – функция режима обработки; эксплуатационная характеристика (износостойкость) – функция качества поверхности (шероховатости) с их последующим решением и установлением прямой связи: эксплуатационная характеристика (износостойкость) – функция режима обработки.

Необходимо помнить, что проявление технологической наследственности имеет место не только на этапе обработки детали, но и при её эксплуатации. Так, технологические остаточные напряжения (сформированные в детали в ходе технологического процесса) взаимодействуют с эксплуатационными напряжениями (возникающими в процессе эксплуатации под действием рабочих нагрузок). При трении деталей в поверхностном слое может создаваться наклёп, который будет взаимодействовать с «технологическим» наклёпом. Поэтому при разработке технологии восстановления таких деталей следует учитывать те явления и процессы, которые будут иметь место в скользящем контакте рабочих поверхностей. Это необходимо для того, чтобы при восстановлении сформировать такие параметры поверхности и поверхностного слоя обработанной детали, которые противодействовали бы отрицательным факторам, возникающим в том же поверхностном слое в процессе эксплуатации.

Контрольные вопросы

1. Как влияет технологическая наследственность параметров деталей на эксплуатационные свойства изделий?
2. Какие две основные группы наследуемых параметров деталей вы знаете?
3. Что представляют собой положительные и отрицательные факторы технологической наследственности?
4. Приведите пример проявления технологической наследственности.
5. Какие способы служат технологическими барьерами для отрицательных факторов технологической наследственности?
6. Как проектируют технологические процессы восстановления деталей с учетом проявления технологической наследственности?

6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

6.1. Общее понятие о проектировании технологических процессов восстановления деталей

Технологический процесс восстановления деталей – это совокупность технологических операций, направленных на превращение изношенных деталей в годные. Изношенная деталь в процессе восстановления, как правило, проходит три основные стадии: исходная заготовка, ремонтная заготовка, восстановленная деталь, соответствующая по качеству и точности техническим требованиям.

Технологический процесс восстановления деталей является частью производственного процесса ремонта машин, который включает также подготовительные и сопутствующие (доставка объектов ремонта, материально-техническое снабжение, сортировка и контроль деталей, контроль сборки объектов ремонта, обкатка и испытание) технологические процессы. Примечательно, что трудоемкость процесса восстановления деталей в общей трудоемкости ремонта машин составляет 30...50%.

Разработка рационального технологического процесса с целью восстановления работоспособности и ресурса деталей является сложной задачей. Процесс восстановления в силу своей специфики (большая номенклатура материалов, многообразие способов нанесения покрытий, различные методы упрочнения, а также значительная доля ручного труда) обладает многовариантностью технологических решений, принимаемых для устранения различного рода дефектов. Для одной и той же изношенной детали можно разработать несколько вариантов технологических процессов. Из них нужно выбрать тот, который будет наиболее производительным и экономичным для конкретных условий ремонтного производства.

Исходные данные для разработки технологического процесса восстановления предоставляет базовая, руководящая и справочная информация.

В состав *базовой документации* входят размер и срок выполнения программного задания, комплект технической документации на сбо-

рочные единицы, рабочие чертежи и технические характеристики на исходную заготовку, предварительная дефектная ведомость.

Рабочие чертежи и технические характеристики на исходную заготовку должны содержать не только размеры детали и требования к точности ее обработки, но и сведения о марке материала и состоянии поверхностного слоя (например, твердости), требуемой шероховатости поверхности и т. п.

Совокупность данных позволяет правильно назначить способ восстановления и последовательность механической обработки.

В состав *руководящей информации* входят документы, регламентирующие правила разработки технологических процессов восстановления, действующие в отрасли и на предприятии, например, общее руководство по ремонту, руководство по капитальному ремонту, общие технические условия на капитальный ремонт.

Справочная информация включает данные, необходимые для проектирования технологического процесса восстановления и выполнения ремонта машин, например, каталоги деталей и сборочных единиц, справочники прогрессивных способов восстановления и упрочнения, современных средств технического оснащения, альбомы планировок производственных участков.

Справочная документация позволяет при проектировании технологических процессов восстановления учитывать современные тенденции в развитии ремонтных технологий:

- интенсификацию технологического процесса восстановления и повышение производительности труда за счет применения высокопроизводительного оборудования и механизации ремонтных работ;
- достижение требуемых показателей качества готовой детали наиболее производительными и эффективными методами (электрофизическими и электрохимическими способами размерной обработки, способами обработки с использованием лучевой энергии, ультразвука и т. д.) с максимальным использованием возможностей оборудования;
- применение современных упрочняющих технологий;
- применение поточных линий.

Проектирование технологических процессов восстановления деталей можно разбить на три взаимосвязанных этапа (рис. 6.1):

- 1) собственно процедура проектирования технологических процессов восстановления деталей;
- 2) восстановление опытной партии деталей, их эксплуатация (испытание) и оценка надежности изделий;
- 3) совершенствование технологий и организации технологических процессов по результатам подконтрольной эксплуатации восстановленных деталей с целью повышения долговечности, если ресурс их недостаточен.

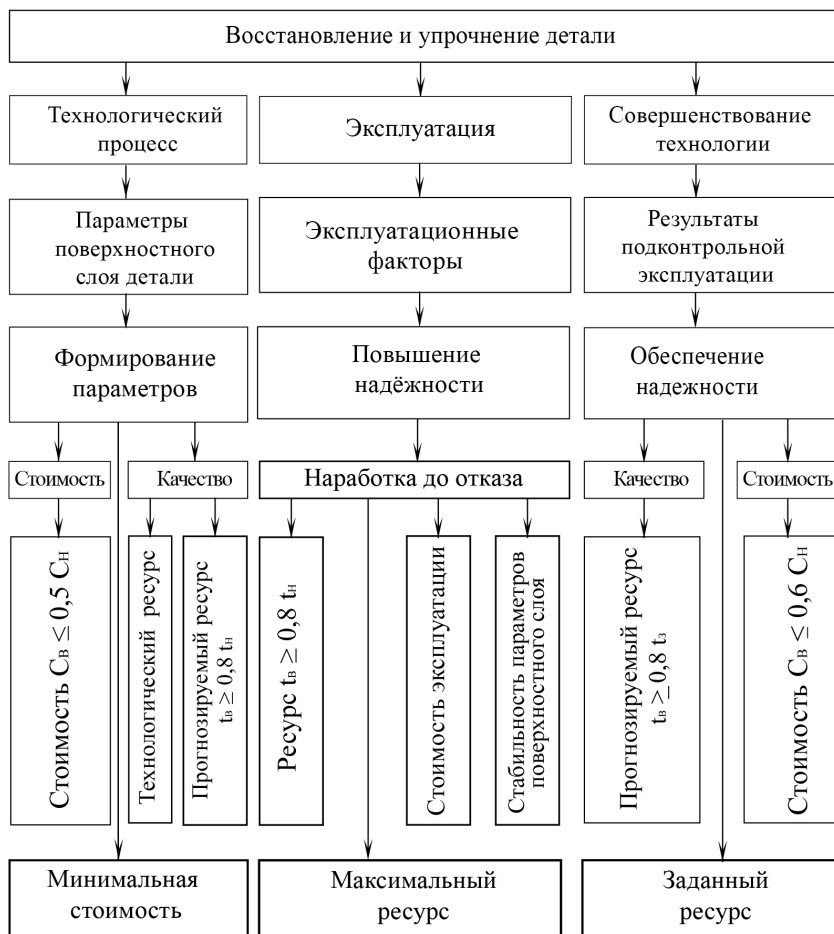


Рис. 6.1. Структура проектирования технологического процесса восстановления деталей

Критериями при оценке разработанного технологического процесса являются стоимость и получаемое качество детали, которое выражается в прогнозируемом ресурсе восстановленных объектов.

Стоимость восстановленной детали в значительной степени связана с ее качеством и точностью (см. раздел 1.1), а также программой ремонта (количеством восстанавливаемых деталей).

Повышение точности и качества детали приводит к повышению ее долговечности, но при этом уменьшаются диапазоны параметров режима обработки (например, напряжения на дуге при плазменном напылении), при которых достигаются требуемые показатели качества поверхностного слоя. Это неизбежно повышает вероятность получения некачественной детали (брака) вследствие сложности или технической невозможности поддержания параметров режима в узком диапазоне. В результате увеличивается количество восстанавливаемых деталей по сравнению с количеством, необходимым для сдачи заказчику. Разница устанавливается исходя из опыта восстановления данных деталей исполнителем. Поэтому уменьшение интервала полей допусков на размеры детали и ужесточение параметров режима обработки, как правило, приводит к возрастанию стоимости ее восстановления.

Работоспособность и долговечность восстановленных деталей обусловлены показателями качества их поверхностного слоя и могут быть достигнуты за счет применения при восстановлении современных технологий и материалов, обеспечивающих получение более высоких эксплуатационных свойств детали.

Работоспособность восстановленных деталей в полной мере проявляется только в процессе эксплуатации машин при их взаимодействии с сопряженными деталями или внешней средой. Ее оценивают различными критериями: в условиях трения или качения – коэффициентом трения, износостойкостью, нагрузкой схватывания и т. д.; в условиях повышенных и высоких температур – теплостойкостью, ползучестью, жаропрочностью, жаростойкостью; в химически активных средах – коррозионной стойкостью.

Прогнозируемый ресурс восстановленной детали в идеальном случае должен быть равен ресурсу составных частей агрегата, в который она входит. На практике, как правило, это требование не выполняется, что приводит к снижению ресурса сопряжения и агрегата

в целом. Например, замена изношенной детали на восстановленное изделие, ресурс которого меньше нормативного значения и отстает от ресурса деталей агрегата, приводит к увеличению эксплуатационных расходов и в итоге – к значительным материальным и финансовым потерям вследствие необходимости остановки и вывода из эксплуатации машины для замены этой детали на новую. Поэтому технико-экономическое обоснование при разработке технологического процесса восстановления следует делать не для одной изношенной детали, а для сопряжения в целом. При этом необходимо учитывать, что наибольшую интенсивность изнашивания имеют сопряжения восстановленных или новых деталей, работающих в паре с деталями, ранее находившимися в эксплуатации и имеющими допустимый износ. Ресурс таких сопряжений снижается на 11...56,4%.

В настоящее время имеются математические модели, позволяющие с большой вероятностью прогнозировать ресурс детали в зависимости от эксплуатационных факторов и параметров поверхностного слоя (например, структурно-энергетических параметров покрытия). Эти модели основаны на решении контактных задач при взаимодействии упругопластических тел в процессе нагружения. Для решения контактных задач и построения математических моделей требуются знания триботехнических условий контактного взаимодействия тел, механизмов повреждаемости и изнашивания. Используя математические модели, с помощью персонального компьютера теоретически рассчитывают ресурс восстановленной детали, который используют для технико-экономического обоснования способа восстановления.

В случае невозможности технологического обеспечения ресурса восстанавливаемой детали на уровне ресурса механизма он должен быть не менее среднего ресурса новой детали. Правда, иногда ресурс восстановленной детали допускается в пределах 80% ресурса новой детали.

При формировании параметров поверхностного слоя детали должны учитываться требования, предъявляемые как со стороны действующих на ее поверхность эксплуатационных факторов, так и со стороны возможностей выбранных технологических способов восстановления и последующей механической обработки, т. е. со стороны технологии.

Основными эксплуатационными факторами, оказывающими наиболее существенное влияние на выбор материала покрытия и способ

его нанесения, являются условия работы (вид и величина нагрузки, температура в процессе эксплуатации и т. д.), доминирующий и сопутствующие виды изнашивания (абразивный, усталостный, кавитационный, коррозионный и т. д.).

Выбор способа восстановления осуществляют в определенной последовательности: анализ основных и сопутствующих дефектов детали; определение вида и характера изнашивания; анализ рабочего чертежа детали и предъявляемых к ней технических требований; анализ существующих способов восстановления деталей с такими дефектами; анализ имеющегося парка технологического оборудования; анализ технико-экономических показателей предполагаемых способов восстановления для данного ремонтного предприятия с учетом сведений о программе ремонта.

Для каждой детали можно рекомендовать несколько способов восстановления, выбор которых зависит в том числе от доступности материалов для восстановления, наличия квалифицированных кадров, степени освоенности способа предприятием.

Если степень освоенности данным предприятием какого-либо способа восстановления достаточно высока (способ применяется в течение нескольких десятилетий, на его основе отработана технология восстановления, которая стабильно обеспечивает необходимое качество изделий), то, несмотря на его значительную трудоемкость и стоимость, он может применяться для восстановления большой номенклатуры деталей. Например, фирма «Vander Horst Holland» применяет способ пористого хромирования для восстановления и упрочнения рабочих поверхностей втулок цилиндров, канавок под поршневые кольца, коленчатых валов и т. д. При этом фирма вполне конкурентоспособна на рынке продукции реновации, несмотря на то что эта же номенклатура деталей не менее успешно восстанавливается и упрочняется другими фирмами с помощью других способов.

При выборе способа восстановления проф. В.А. Шадричев рекомендует также руководствоваться критериями применимости и долговечности.

Критерий применимости позволяет выбрать из существующих способов восстановления только те, которыми можно устранить дефекты конкретной детали. Так, при восстановлении деталей из не-

пластичных материалов нельзя применять способ пластического деформирования. Также нельзя применять хромирование для деталей с большой величиной износа.

Критерий долговечности выражается через коэффициент долговечности металлопокрытий, нанесенных различными способами. Коэффициентом долговечности называется отношение долговечности восстановленной детали к новой. Долговечность новых и восстановленных деталей находят экспериментальным путем отдельно по износостойкости и усталостной прочности. Если восстанавливаемая деталь работает в условиях знакопеременных нагрузок, то для нее определяющей характеристикой будет усталостная прочность, а при статической нагрузке – износостойкость. Коэффициент долговечности достаточно полно характеризует способ восстановления. Чем он выше, тем совершеннее способ восстановления (табл. 6.1).

Основным документом при выборе материала является рабочий чертеж детали, на котором изложены технические требования, предъявляемые к материалу конкретной детали (прочность, твердость, структура и т. д.). Однако при выборе материала для восстановления детали следует учитывать, что при проектировании конструкторы стремятся прежде всего исключить разрушение деталей и их деформацию, а позже изыскивают способы повышения износостойкости деталей и узлов оборудования. Многолетняя практика ремонта машин показывает, что прочность большинства деталей значительно превышает их износостойкость.

Выбор износостойких материалов осложнен еще и тем, что критерии, исключающие разрушение или деформацию деталей, не всегда совпадают по своему влиянию на ресурс оборудования с критериями, повышающими износостойкость этих же материалов. Например, чтобы исключить разрушение поршневого пальца, необходимо уменьшить хрупкость материала, из которого он изготовлен, при этом уменьшится его твердость, а снижение твердости увеличит износ, поэтому поршневые пальцы подвергают поверхностной упрочняющей обработке при обеспечении вязкой основы. Окончательный выбор материала осуществляется после анализа условий эксплуатации, механизмов изнашивания или усталостного разрушения и учета опыта работы выбранного материала в аналогичных условиях.

Таблица 6.1

Эффективность способов восстановления

Деталь, вид сопряжения и характер работы	Материал сопряженных деталей	Коэффициенты долговечности деталей при восстановлении					
		хромированием	железнением	металлизацией	вибродуговой наплавкой	наплавкой под флюсом	ручной электродуговой наплавкой
Вал – подшипник скольжения при статической нагрузке	Баббит Бронза	1,50	0,75	0,90	0,95	0,85–0,90	–
		0,95	0,83	0,85	0,95	–	–
Вал – подшипник скольжения при знакопеременной нагрузке	Баббит Бронза	1,25	0,85	0,60–1,00	0,80	0,85	–
		1,00	0,80	–	–	–	–
Вал и оси – бронзовые втулки	Бронза	–	–	–	1,00	0,80–0,90	0,70–0,75
Цилиндрический стержень с возвратно-поступательным перемещением – направляющие	Серый чугун	2,50	0,83	–	–	–	–
Фиксированные стержни – втулки с вращательным и возвратно-поступательным перемещением	Чугун Бронза	1,50	0,90	–	–	–	–
		0,64	0,57	–	–	–	–
Цилиндрические поверхности крестовин	Сталь легированная	–	–	–	0,87	–	–
Цилиндрические поверхности деталей, внутренние кольца подшипников качения по посадке с гарантированным натягом; по переходной посадке; по подвижной посадке	Сталь шарико-подшипниковая	1,30–1,40	0,70–0,74	–	0,87–1,00	–	–
		1,58	0,54	0,73	0,94	–	–
Шлицевые поверхности	Сталь легированная	–	–	–	1,00	1,00	0,90
Наружные резьбы на валах	Сталь углеродистая	–	–	–	–	0,80–1,00	0,64–0,75
		–	–	–	0,85–1,00	0,90–1,00	0,80–0,90

При эксплуатации восстановленной детали существует вероятность преждевременных отказов, которые возникают вследствие поставки некачественной детали; неправильного технологического решения, принятого при проектировании технологии восстановления детали вследствие недостаточного опыта или отсутствия лабораторных, модельных или натурных испытаний; нарушений правил технической эксплуатации машин. Если учесть опасность дорожно-транспортных происшествий по вине отремонтированного автомобиля, вероятность отказа восстановленных деталей должна быть минимальной. Соответственно, должен быть высоким уровень проектируемой технологии, так как качество восстановления очень часто оценить весьма сложно из-за отсутствия специального оборудования, позволяющего производить контроль без разрушения детали. Например, о качестве напыленного покрытия приходится судить опосредованно – по контролируемым параметрам режима нанесения покрытия или по образцам-свидетелям.

Необходимо отметить наиболее часто встречающиеся ошибки при проектировании технологии восстановления деталей, которые приводят к их низкой наработке до отказа или аварии.

1. Нестабильность параметров поверхностного слоя и размеров детали в процессе эксплуатации вследствие структурных превращений, происходящих под действием высоких рабочих нагрузок и температур.

2. Возникновение в результате деформационного изнашивания дополнительных остаточных деформаций детали.

3. Недостаточная толщина упрочненного слоя h_3 (например, после лазерной закалки).

4. Возникновение трещин в результате действия высоких остаточных напряжений растяжения, образованных в поверхностном слое детали в процессе наплавки, напыления или гальванического осаждения покрытия.

5. Несоразмерное повышение износостойкости восстанавливаемой детали, которое иногда приводит к возрастанию износа сопряженной детали, в результате чего ресурс сопряжения (узла трения) заметно снижается.

При анализе преждевременных отказов восстановленных деталей следует обязательно привлекать высококвалифицированных специалистов от организации, выполнившей ремонтные работы, так как

часто эксплуатационные ошибки или нарушения правил технической эксплуатации работники стараются списать на низкое качество восстановленных деталей. Следует также учитывать психологию обслуживающего персонала, который часто с предубеждением относится к восстановленным деталям и поэтому старается заменить их на новые при первой возможности без учета технико-экономических показателей (как правило, стоимость восстановленной детали составляет 40...60% стоимости новой при долговечности не менее новой; часто срок ее службы возрастает более чем в 1,5 раза).

Восстановление изношенных деталей – сложный организационно-технологический процесс, при котором, в отличие от производства новых деталей, в качестве заготовки используют изношенную, но уже сформированную деталь. В этом случае затраты на выполнение таких операций, как литье, ковка, штамповка и т. п., отсутствуют. В то же время при восстановлении изношенных деталей появляется ряд дополнительных операций: мойка, разборка, дефектация, затраты на которые следует учитывать при разработке технологии восстановления.

По ходу процесса восстановления применение того или иного технологического способа обработки обеспечивает новое состояние восстанавливаемой детали, приближая ее параметры качества к некоторым их оптимальным значениям, соответствующим условиям эксплуатации. При этом количество используемых технологических методов применительно к конкретной восстанавливаемой поверхности определяется по принципу необходимости и достаточности с точки зрения достижения требуемой совокупности ее характеристик. Эти характеристики принято называть критериальными параметрами технологического проектирования. Их примерами могут служить значения толщины наносимого покрытия, технологических припусков, шероховатости, твердости поверхностного слоя и т. п.

Номинальным значением критериального параметра является его заранее установленная величина, отражающая своеобразный «порог» или узел в технологической логике. Например, при значениях параметра шероховатости поверхности, не превышающих $R_a = 1,25$ мкм, проектируемый технологический процесс должен содержать операцию шлифования.

Номинальные значения критериальных параметров (параметров поверхностного слоя, допусков на размеры и др.) выбираются на основании нормативных документов исходя из опыта проектирования или эксплуатации деталей. Возможны случаи, когда долговечность восстановленной детали не соответствует нормативной долговечности, тогда восстановление деталей по разработанной технологии становится экономически нецелесообразным и даже бессмысленным. Например, достаточно часто при эксплуатации автомобилей имеет место разрушение восстановленных коленчатых валов, которое происходит в сечении галтели. Причиной разрушения является недостаточная усталостная прочность, снижение которой происходит при восстановлении шеек такими способами, как наплавка, электродуговая металлизация, железнение и др. При нанесении покрытий этими способами в поверхностном слое посадочных мест валов формируются высокие остаточные напряжения растяжения, способствующие развитию усталостных трещин, особенно в концентраторах напряжений. Очевидно, в этом случае были неправильно выбраны номинальные значения критериального параметра (в данном случае – уровень и знак остаточных напряжений) и их необходимо пересмотреть. Новые номинальные значения критериального параметра возможно получить только путем изменения существующего технологического процесса восстановления. Так, введение в технологический процесс дополнительной обработки галтелей поверхностным пластическим деформированием (обкатыванием роликами) позволяет упрочнить поверхностный слой, сформировать в нем остаточные напряжения сжатия и тем самым радикально повысить усталостную прочность и долговечность коленчатых валов.

Причиной преждевременного разрушения детали также могут быть неправильные конструктивно-технологические решения на стадии проектирования узла. Не исправив их, трудно добиться повышения надежности деталей сопряжения только технологическими методами. В этом случае необходима модернизация объекта восстановления путем частичного изменения его конструкции. Конструктивные решения принимаются после анализа напряженного состояния восстанавливаемой детали или ее наиболее напряженного узла. Анализ напряженного состояния можно проводить с использованием пакетов программ (на-

пример, АПМ), позволяющих оценить уровень и характер распределения (механических, термических и др.) напряжений, возникающих в наиболее опасном сечении детали в процессе эксплуатации. Так, для повышения долговечности в процессе ремонта втулок цилиндров дизелей, у которых из-за недостаточной прочности при эксплуатации возникают трещины в галтели опорного бурта, предлагается конструктивное решение, направленное на создание биметаллической конструкции как опорного бурта втулки, так и всей втулки.

Важным организационным мероприятием, направленным на достижение высокого качества восстановленных деталей, является внедрение в ремонтное производство системы управления качеством. Эта система представляет собой совокупность организационной структуры, ответственности, процедур, процессов и ресурсов, которые обеспечивают общее руководство качеством объектов реновации. Она предусматривает периодическую проверку качества объектов реновации, процессов, материалов, технологической дисциплины, материальное и моральное стимулирование исполнителей за качество работы с целью повышения эффективности ремонтного производства.

Практический опыт проектирования технологических процессов показывает, что технологический процесс восстановления, как правило, разрабатывается на основе унифицированных технологических решений, аналогов, технологических нормативов (режимов обработки, времени обработки, расхода материалов и т. п.), учитывающих общеписательные, качественно-точностные, размерные и другие характеристики детали, способ восстановления и условия производства.

Проектирование рационального технологического процесса восстановления деталей значительно облегчается при наличии типовых технологических процессов, которые разрабатываются на основе перечисленных выше факторов.

К конструктивно-технологическим признакам, на основании которых детали объединяются в родственные группы и разрабатываются типовые технологические процессы восстановления, относятся масса и размер детали, марка материала, характер и величина износа, точность изготовления, общность дефектов и их сочетание, а также способы восстановления.

Геометрическая форма детали, ее габариты и величина износа во многом определяют технологические решения, принимаемые при проектировании технологического процесса. Кроме того, геометрическая форма детали является наиболее объективным и стабильным признаком при ее описании. Именно поэтому этот признак принят в качестве основного, который позволяет отнести восстанавливаемое изделие к соответствующей классификационной группе и уже после этого отнести к действующему типовому технологическому процессу.

Все большее распространение, в том числе в ремонтном производстве, получает система автоматизированного проектирования (САПР) технологических процессов. Переход от традиционных методов разработки технологических процессов восстановления деталей к автоматизированным методам проектирования позволяет повысить качество, снизить материальные затраты, сократить сроки проектирования, повысить производительность труда инженеров-технологов, занятых разработкой технологических процессов, а также оперативно разрабатывать технологии, оптимальные по затратам и гарантирующие требуемый ресурс для условий эксплуатации конкретной детали машины или механизма.

В заключение особо следует отметить, что качество и надежность машин обеспечиваются ограниченным числом деталей и соединений. Поэтому разработке технологических процессов восстановления таких деталей технологи должны уделять гораздо большее внимание.

Контрольные вопросы

1. Какие особенности имеют технологические процессы восстановления изношенных деталей?
2. Какая документация предоставляет исходные данные для разработки технологических процессов восстановления деталей?
3. Какие этапы проектирования технологических процессов восстановления деталей вы знаете?
4. Какие критерии используют для оценки эффективности разработанных технологических процессов восстановления деталей?
5. Какие факторы учитываются при проектировании технологических процессов восстановления деталей?
6. Какие ошибки наиболее часто встречаются при разработке технологии восстановления деталей?

6.2. Общие принципы построения технологических процессов восстановления деталей

На технологический процесс восстановления деталей разрабатывают технологическую документацию, представляющую собой совокупность комплектов документов, необходимых для выполнения ремонта сборочных единиц и отдельных деталей.

Технологический процесс восстановления деталей может быть описан в разной степени детализации.

Маршрутное описание технологического процесса — это сокращенное описание всех технологических операций в маршрутной карте в последовательности их выполнения без указания переходов и технологических режимов.

Операционное описание технологического процесса — это полное описание всех технологических операций в последовательности их выполнения с указанием переходов и технологических режимов.

Проектирование технологических процессов восстановления деталей осуществляют в определенной последовательности.

1. *Анализ исходных данных для разработки технологического процесса восстановления.* В процессе предварительного ознакомления с назначением и конструкцией объекта восстановления определяют принцип его работы, условия нагружения (характер и значения действующих нагрузок), вид и характер изнашивания, анализируют дефекты и повреждения деталей, которые описаны в предварительной дефектной ведомости, требования к обработке и эксплуатации. В результате ознакомления составляют перечень справочной информации, которая потребуется для разработки технологического процесса восстановления.

Предварительное ознакомление осуществляют с учетом сведений о программе ремонта.

2. *Выбор типового технологического процесса восстановления.* Перед тем как приступить к разработке технологического процесса восстановления детали, в первую очередь необходимо изучить и проанализировать накопленный опыт в виде существующих типовых технологических процессов на подобные детали. В случае технологического или конструктивного подобия детали тем, на которые существуют типовые технологические процессы восстановления, необходимость в полной разработке технологического процесса отпадает, а только

дорабатывают типовые процессы по определенным размерам восстанавливаемых поверхностей конкретного изделия.

Типовой технологический процесс определяет полную структуру восстановления конкретной классификационной совокупности (группы) деталей, в том числе перечень и последовательность операций, структуру каждой операции, логические зависимости вхождения операций в маршрут обработки. В общем виде типовой технологический процесс следует рассматривать как унифицированный технологический процесс, который может быть использован применительно к конкретному объекту восстановления из одной совокупности деталей. Таким образом, определение принадлежности восстанавливаемой детали к определенной классификационной группе является первым этапом рационального выбора способа и технологии восстановления.

3. Составление технологического маршрута восстановления. Прежде чем приступить к описанию технологического процесса восстановления, определяют последовательность технологических операций или уточняют последовательность операций по типовому технологическому процессу, разрабатывают технологический маршрут.

Основная задача составления технологического маршрута – определить правильность выбранных способов восстановления, механической и термической обработки объекта реновации. На основании этого определяют состав средств технологического оснащения и способность данного ремонтного предприятия реализовать предполагаемый вариант технологического процесса восстановления.

4. Разработка технологических операций. На основе принятого технологического маршрута производят подробную разработку технологического процесса – разработку (или уточнение) последовательности переходов и операций; выбор средств технологического оснащения каждой операции; определение и заказ технологической оснастки, приспособлений и инструмента, в том числе средств контроля; выбор средств механизации и внутрицеховых средств транспортирования; расчет (назначение) режимов обработки.

5. Нормирование технологического процесса восстановления. Нормированием технологического процесса решают две основные задачи: устанавливают нормы времени и нормы расхода материалов на выполнение технологических операций. Сначала определяют исход-

ные данные, необходимые для расчета этих норм. Затем производят расчет и нормирование затрат труда на выполнение процесса; расчет норм расхода материалов, необходимых для реализации процесса; определяют уровень сложности выполняемых работ; осуществляют обоснование квалификации исполнителей работ по каждой технологической операции.

6. Определение требований техники безопасности. На этом этапе разрабатывают (или выбирают из имеющихся) требования техники безопасности и производственной санитарии к условиям производства (вибрации, шуму, загазованности, опасным и вредным веществам в воздухе рабочей зоны и т. п.), а также выбирают методы и средства обеспечения устойчивости экологической среды на основании Системы стандартов безопасности труда, инструкций по технике безопасности и производственной санитарии.

Для вновь поступающих на предприятие рабочих разрабатываются инструкции по технике безопасности. Инструктаж проводится с целью ознакомления с устройством оборудования, организацией рабочего места, безопасными приемами работы, устройством и применением защитных приспособлений.

Участки, на которых производится восстановление деталей различными методами (особенно сваркой или наплавкой), должны быть оборудованы с соблюдением правил техники безопасности: стены должны быть построены из огнестойких материалов или окрашены огнестойкой краской; наплавочные посты должны располагаться в отдельных кабинах или ограждаться ширмами; сварочные посты должны иметь местную вытяжку и др.

7. Расчет экономической эффективности технологического процесса восстановления деталей. Расчет экономической эффективности предоставляет возможность выбрать рациональный (требующий минимальных затрат для его реализации) вариант технологического процесса восстановления деталей. Необходимо отметить, что существенное влияние на экономические показатели технологии восстановления деталей оказывает объем выпуска восстанавливаемых деталей (программа ремонта). При этом все расходы на выполнение технологического процесса восстановления целесообразно подразделять на переменные, зависящие от программы ремонта, и постоянные,

не зависящие от объема выпуска восстанавливаемых деталей. Расчет экономической эффективности делают на основании существующих методик, принятых в отрасли или на предприятии.

8. Оформление технологического процесса восстановления деталей. Разработанную технологическую документацию подвергают нормоконтролю. Основной его целью является повышение уровня типизации технологических процессов восстановления, унификации технологических документов, оборудования и оснастки, снижение себестоимости и улучшение качества восстанавливаемых изделий. Только согласованную со всеми заинтересованными службами, проверенную нормоконтролером и утвержденную главным инженером документацию передают в производство.

Контрольные вопросы

1. Какую документацию разрабатывают на технологические процессы восстановления изношенных деталей?
2. В какой последовательности осуществляют проектирование технологических процессов восстановления деталей?
3. Что представляет собой анализ исходных данных, осуществляемый перед проектированием технологических процессов восстановления деталей?
4. Какой технологический процесс является типовым?
5. Какова основная задача составления технологического маршрута восстановления деталей?

6.3. Типовые технологические процессы восстановления деталей

Типизация технологических процессов производится на основе классификации деталей по конструктивно-технологическим признакам, обобщения различных технологических процессов восстановления родственных деталей и использования передового производственного опыта. При этом должны учитываться средняя величина износа и все возможные дефекты, обусловленные видом и характером изнашивания. Износ большинства деталей автомобилей не превышает 0,2 мм и составляет примерно 0,001...0,003% от объема металла, ограниченного поверхностью контакта сопрягаемых деталей. Следует

отметить, что вряд ли во всех деталях классификационной группы будут одновременно встречаться все характерные дефекты. У каждой детали они могут быть в определенных сочетаниях. Но для составления типовой схемы технологического процесса восстановления деталей целесообразно учитывать все основные дефекты.

Основная задача при проектировании типового технологического процесса восстановления деталей состоит в правильном выборе способов восстановления и механической обработки, схемы базирования и последовательности проведения технологических операций, которые позволят получить требуемые эксплуатационные свойства изделий.

Типовой технологический процесс в общем виде состоит из мойки и очистки деталей от загрязнений; определения уровня износа и повреждений; предварительной механической обработки; собственно процесса восстановления с созданием припусков на последующую механическую обработку путем нанесения покрытий наплавкой, напылением и др.; черновой, получистовой механической обработки; термической обработки; чистовой окончательной механической обработки после термической обработки; отделочной (например, полированием) или отделочно-упрочняющей обработки (например, поверхностным пластическим деформированием); контроля качества; консервации изделий; отправки на сборку.

Для автомобилей существует классификация, по которой всё многообразие их деталей объединено в шесть классов: корпусные детали; круглые стержни; полые цилиндры; диски; некруглые стержни; крепежные детали. На основе этой классификации и осуществляется типизация технологических процессов восстановления изношенных деталей. Крепежные детали не подлежат восстановлению или восстанавливаются в очень ограниченных объемах, поэтому типизации технологических процессов восстановления подлежат только пять классов деталей.

6.3.1. Типовой технологический процесс восстановления корпусных деталей

К корпусным деталям относятся блок цилиндров, головка блока цилиндров, картеры сцепления и коробки передач, редукторы заднего моста и рулевого управления, корпус масляного насоса и др.



Рис. 6.2. Структура технологического процесса восстановления корпусных деталей

Необходимо отметить, что ресурс отремонтированных агрегатов в значительной мере зависит от качества восстановления корпусных деталей. Так, ресурс коробок передач, собранных из новых деталей и восстановленных картеров, у которых имеются неисправленные при восстановлении пространственные отклонения геометрии и смещение посадочных мест подшипников, составляет менее половины новых.

Заготовками для корпусных деталей служат в основном отливки из серого чугуна, алюминиевых сплавов и реже – сварные конструкции из штампованных стальных листов. Характерные дефекты деталей этого класса: трещины, пробоины, обломы болтов, шпилек; остаточные деформации присоединительных поверхностей; нарушение взаимного расположения посадочных мест подшипников; износ гильз цилиндров, клапанных гнезд, посадочных поверхностей под подшипники и втулки; срыв резьбы в отверстиях и т. д.

При наличии всех перечисленных дефектов восстановление детали нужно начинать с устранения механических повреждений (трещин, пробоин, сколов и др.), которое традиционно производится способами сварки и наплавки (рис. 6.2). Применение этих способов практически всегда связано с образованием дополнительных остаточных деформаций. Поэтому все сварочные и наплавочные работы выполняют до операции по устранению коробления. В настоящее время весьма эффективным способом устранения указанных дефектов корпусных деталей является газодинамическое напыление, которое практически не приводит к короблению изделий (рис. 6.3).



Рис. 6.3. Вид устраненного повреждения чугунной детали методом газодинамического напыления

В числе первых также выполняют операции по удалению обломанных болтов и шпилек, а также по заварке изношенных или сорванных резьб. Последнее делают при условии, если резьбовые отверстия не подлежат восстановлению дополнительными ремонтными деталями.

Следующим этапом восстановления деталей является устранение остаточных деформаций присоединительных и установочных поверхностей механической обработкой. Остаточные деформации плоских поверхностей постепенно «выбирают», т. е. устраняют путем снятия неравномерного припуска фрезерованием или чаще шлифованием, которое позволяет обеспечить более высокое качество обработанной поверхности. Обработку начинают с технологической базы (обычно это нижняя плоская поверхность с двумя установочными цилиндрическими отверстиями) в том случае, если она имеет пространственную погрешность и забоины. Наличие забоин в местах контакта корпусной детали с установочным приспособлением приводит к увеличению припуска на обработку отверстий, нарушению соосности отверстий и взаимного расположения плоских поверхностей. В результате ухудшается собираемость сопряжений и снижается долговечность агрегата. Поэтому при восстановлении необходимо предусматривать зачистку установочной поверхности в местах контакта с приспособлением. В большинстве случаев установочные отверстия практически не изнашиваются, поэтому обработку всех остальных присоединительных поверхностей можно вести с установкой по основной технологической базе, принятой на заводе-изготовителе. Однако в случае, когда имеют место значительные пространственные отклонения геометрии корпусной детали, использование технологической базы основного производства без введения коррективов нецелесообразно. Уменьшить пространственные отклонения можно, во-первых, увеличением диаметров установочных отверстий путем зенкерования и развертывания до ремонтных размеров с соответствующим увеличением диаметров пальцев установочного приспособления, во-вторых, применением искусственной технологической базы-спутника (ровной точной плиты с теми же двумя установочными отверстиями), на которой выставляют и закрепляют корпусную деталь (рис. 6.4).

Незначительные погрешности (до 0,2 мм) обработки присоединительных поверхностей, возникающие при шлифовании, устраняют шабрением.

Шабрение с притиркой пастой ГОИ выполняют в определенной последовательности. Сначала проводят черновое шабрение с последующей промывкой поверхности керосином и высушиванием вето-

шью. Затем выполняют получистовое и чистовое шабрение опять же с промывкой и высушиванием поверхности. После этого наносят тонкий слой пасты ГОИ и притирают сопряженную деталь до получения необходимой опорной поверхности.

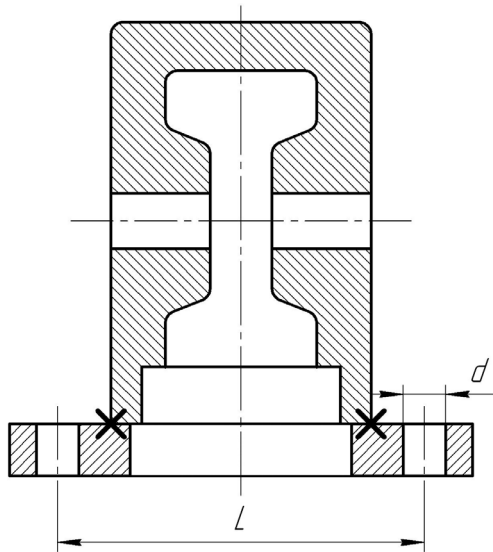


Рис. 6.4. Схема применения искусственной технологической базы для установки корпусной детали

Очередным этапом ремонта деталей являются операции по восстановлению резьбовых отверстий и посадочных мест под подшипники и втулки. Средние износы отверстий корпусных деталей под опоры подшипников качения не превышают 0,06 мм. В подавляющем большинстве эти поверхности восстанавливают при помощи дополнительных ремонтных деталей, в меньшей степени – путем нанесения гальванических, электроискровых или пластмассовых покрытий. В качестве дополнительных ремонтных деталей применяют ремонтные втулки, тонкостенные свертные кольца, сменные упругие пластины, ввертыши и др.

На заключительном этапе проводят операции по восстановлению внутренних рабочих цилиндрических поверхностей, например гильз блока цилиндров, имеющих скользящую посадку. Преимущественно

восстановление таких поверхностей осуществляют методами ремонтных размеров (см. раздел 4.7) или дополнительных ремонтных деталей (см. раздел 4.8), реже – газотермическими методами нанесения покрытий. При любом из этих методов проводится предварительная и окончательная механическая обработка с целью подготовки поверхностей трения к установке дополнительных ремонтных деталей (элементов) или под напыление, а после восстановления – окончательная механическая обработка с целью получения требуемых размеров. В заключение осуществляют доводку, в том числе хонингованием восстановленной поверхности.

Механическую обработку (например, растачивание и сверление) всех взаимосвязанных отверстий корпусных деталей проводят с одной установки и от единых баз. При этом корпусные детали базируют по восстановленной установочной поверхности. Это позволяет снизить погрешности взаимного расположения присоединяемых деталей.

Необходимо отметить, что при разработке технологического процесса восстановления какой-либо корпусной детали необходимо сначала выбрать способ устранения каждого из имеющихся видов дефектов детали, а затем уже строить сам процесс, руководствуясь приведенным выше маршрутом.

Контрольные вопросы

1. По какому признаку проводится типизация технологических процессов восстановления деталей?
2. В какие классы объединены детали автомобилей?
3. Какие основные операции включает типовой технологический процесс восстановления деталей?
4. Какова последовательность выполнения технологических операций при восстановлении корпусных деталей?
5. Почему устранение таких механических повреждений, как трещины, выполняют в числе первых технологических операций?
6. Каким образом устраняют остаточные деформации присоединительных и установочных поверхностей?

6.3.2. Типовой технологический процесс восстановления деталей, относящихся к классу круглых стержней

К этому классу деталей относятся коленчатые и распределительные валы, карданные валы, крестовины карданного вала, поворотные цапфы, тяги и торсионные валы, валы коробок передач и полуоси с шестернями.

Валы и оси самой разнообразной формы составляют большую часть номенклатуры восстанавливаемых деталей. Они во многом определяют ресурс узлов и агрегатов машин. Поэтому решение задачи качественного восстановления деталей этого класса весьма актуально для авторемонтных предприятий.

Валы и оси в основном изготавливают из среднеуглеродистых и низколегированных сталей, которые в последующем подвергают улучшению. Наиболее характерными дефектами круглых стержней являются следующие: износ посадочных шеек под подшипники, ступицы шкивов, уплотнения; повреждение или износ резьбовых поверхностей; остаточные деформации изгиба и закручивания деталей; деформации присоединительных поверхностей фланцев, износ эксцентрик и кулачков, износ торцовых поверхностей буртов, выкрашивание или износ зубьев, износ шлицевой поверхности, забитость центровых отверстий и др.

Особое внимание при восстановлении уделяется обеспечению необходимой точности изделий и высокого качества поверхностного слоя.

Точность изделий в значительной мере зависит от их жесткости, характеризующей сопротивление деталей упругому деформированию под воздействием внешних и внутренних силовых факторов. Жесткость занимает одно из первых мест среди исходных данных, анализ которых предшествует проектированию технологии восстановления детали. От нее во многом зависит структура технологического процесса, выбор способа восстановления, оборудования, методов и режимов обработки.

На практике в большинстве случаев жесткость валов и осей оценивают по критерию k , определяемому по величине соотношения габаритных размеров L/d , где L – длина детали; d – диаметр детали. В соответствии с этим критерием жесткости к очень жестким и валам

повышенной жесткости относятся такие, у которых $k = 3...5$, средней жесткости – $k = 5...10$, а если $k > 12$, то такие валы считаются нежесткими и при восстановлении требуют применения дополнительных технологических мероприятий.

Достижение при восстановлении заданной точности нежестких валов и осей представляет собой сложную технологическую задачу, так как их обработка наряду с закономерно происходящими процессами уточнения размеров и формирования необходимых физико-механических свойств материала в большинстве случаев сопровождается потерей точности (см. раздел 1.6). Это происходит из-за технологических остаточных деформаций, возникающих в результате неравномерного изменения напряженного состояния изделий. Остаточные деформации проявляются в изгибе и закручивании деталей. После механической и термической операций остаточные деформации изгиба, как правило, составляют основную долю суммарной погрешности обработки и тем самым определяют точность изделий. Более того, технологические остаточные деформации в процессе окончательной обработки, которая в основном производится шлифованием, приводят к снижению качества поверхностного слоя вследствие неравномерного теплового и силового воздействия на деталь со стороны абразивного круга. Данные обстоятельства отрицательно сказываются на надежности и долговечности нежестких деталей машин, у которых допустимые значения остаточных деформаций изгиба деталей составляют $0,01...0,025$ мм/м.

В существующих технологических процессах восстановления для снижения остаточных деформаций изгиба, как правило, предусматривается многопроходная токарная обработка (5...6 проходов с применением подвижного люнета), несколько операций правки упругопластическим изгибом и термической стабилизации остаточных напряжений, требующих огромных затрат труда и времени (70...80% от длительности процесса восстановления). Причем эти методы, направленные на уменьшение неравномерности изменения напряженного состояния деталей, реализуются только при условии нанесения толстых покрытий. Они, постепенно снижая уровень остаточных деформаций от одной технологической операции к другой, позволяют добиться их минимальных значений, которые

в большинстве случаев все-таки превышают допуск на отклонение от прямолинейности.

Необходимо отметить, что основными технологическими базами валов и осей служат центровые отверстия (рис. 6.5) и реже, например при фрезеровании шпоночных пазов или лысок, наружные цилиндрические поверхности (шейки), при помощи которых деталь устанавливают в призмах (рис. 6.6).

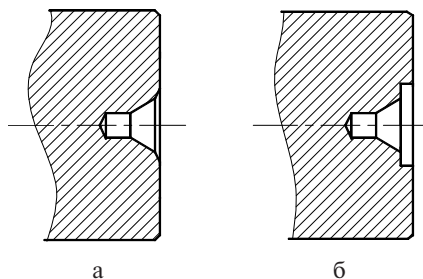


Рис. 6.5. Варианты выполнения центровых отверстий в торцах вала: *а* – менее ремонтпригодный вариант; *б* – более ремонтпригодный вариант

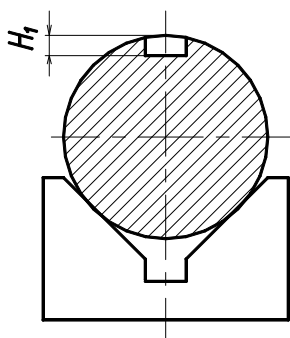


Рис. 6.6. Базирование детали в призмах при фрезеровании шпоночного паза

Поскольку большинство показателей качества восстановленных изделий зависят от их установки и закрепления при обработке, то в первую очередь восстанавливают установочные поверхности, т. е. центровые отверстия. Затем на прессе устраняют остаточные деформации изгиба деталей. Далее изношенные поверхности восстанавливают двумя наиболее распространенными способами – наплавкой или напылением. При этом технологические процессы восстановления имеют свои характерные особенности (рис. 6.7).

С экономической точки зрения при восстановлении деталей целесообразно применять один способ нанесения материала на изношенную поверхность, не считая при этом установку дополнительных ремонтных деталей и нанесения пластмасс. Это позволяет провести основную часть восстановительных работ на одном рабочем месте и снизить себестоимость восстановления.



Рис. 6.7. Структура технологического процесса восстановления деталей, относящихся к классу круглых стержней

Считается, что при износе менее 0,5 мм изношенную поверхность лучше восстанавливать напылением, а при износе более 0,5 мм – наплавкой. Такое деление носит условный характер и определяется прежде всего более высокой трудоемкостью по сравнению с наплавкой процесса послойного напыления толстых покрытий и их низкими адгезионными свойствами. Бурное развитие в последнее время технологий, способов и оборудования позволяет напылять толстые покрытия с высоким качеством и прочностью сцепления с основным металлом.

Перед напылением проводится предварительная механическая обработка с целью устранения следов износа и дефектного (разупроченного) слоя, придания изношенной детали правильной геометрической формы и развития поверхности детали для удержания напыленного слоя материала (см. раздел 4.3.2). Перед напылением толстых покрытий протачивают буртики и замки для предупреждения выкрашивания покрытий под действием остаточных напряжений. Кроме того, проводится предварительная обработка поверхностей, подлежащих установке дополнительных ремонтных деталей.

Далее, защитив от напыления смежные поверхности, проводят сам процесс напыления покрытия преимущественно газопламенным или электродуговым способами на подготовленную восстанавливаемую поверхность исходной заготовки. Технологический процесс напыления может включать предварительный подогрев поверхности детали до температуры 200...250°С; нанесение подслоя для повышения прочности сцепления покрытия с основным металлом; нанесение основных слоев, позволяющих получить покрытия с необходимыми физико-механическими свойствами; последующий нагрев восстанавливаемой детали с целью оплавления покрытия.

После этого устанавливают (запрессовывают) дополнительные ремонтные детали и наносят пластмассы.

Завершающим этапом восстановления является окончательная механическая обработка напыленных шеек, дополнительных ремонтных деталей и поверхностей, на которые нанесены пластмассы. Окончательная обработка проводится преимущественно шлифованием с последующим суперфинишированием (или полированием) поверхностей изделий, которые позволяют получить требуемые размеры, форму и шероховатость.

Перед наплавкой предварительная механическая обработка может проводиться для выравнивания геометрической формы в том случае, если величина погрешности превышает 0,3 мм, удаления с изношенной поверхности окисных пленок. Кроме того, предварительную обработку проводят для удаления поврежденной или изношенной резьбы и для подготовки поверхностей, где будут установлены дополнительные ремонтные детали.

Для снижения остаточных напряжений и деформаций непосредственно перед наплавкой производят подогрев детали (в зависимости от материала изделия и способа наплавки) до температуры 300...600°С.

Далее выполняют все наплавочные операции, предназначенные для восстановления резьбовых, шлицевых и гладких поверхностей. После наплавки проводят нормализацию (термическую обработку путем нагрева детали до температуры 750...950°С с выдержкой и последующим охлаждением на воздухе) с целью выравнивания структуры наплавленного слоя и улучшения обрабатываемости материала детали за счет повышения его пластичности и ударной вязкости. Затем на прессе проводят операцию правки для устранения остаточных деформаций изгиба детали.

Устранение существенных погрешностей формы наплавленной поверхности и получение размеров в пределах допуска осуществляют черновой и получистовой токарной обработкой, оставляя при этом небольшой технологический припуск на чистовое шлифование. Кроме того, точением проводится предварительная обработка поверхностей, где будут установлены дополнительные ремонтные детали или нанесены пластмассы. Здесь же при необходимости нарезают резьбу, фрезеруют шлицевую поверхность и шпоночные пазы.

При восстановлении шпоночных пазов, если позволяет момент сопротивления поперечного сечения детали, изношенный шпоночный паз увеличивают фрезерованием под размеры очередной шпонки. Если прочность сечения не позволяет это сделать, то изношенный шпоночный паз «заплавляют» и на противоположной стороне фрезеруют новый паз с исходными размерами. Закрытые шпоночные пазы обрабатывают шпоночными, концевыми и сверлопазовыми фрезами. Для облегчения работы шпоночных и концевых фрез вначале сверлят отверстие на полную глубину паза сверлом меньшего диаметра, чем ширина паза. Затем осевой подачей вводят фрезу и обрабатывают паз. Далее материал дета-

ли подвергают термической обработке – улучшению, которое заключается в закалке на мартенсит с последующим высокотемпературным отпуском при температуре 550...670°С. В результате улучшения металл приобретает однородную структуру сорбита, обладающую высокой прочностью и пластичностью. После этого опять проводят операцию правки для устранения остаточных деформаций изгиба и, если требуется, переходят к другим способам наращивания поверхностей, например, дополнительными ремонтными деталями, пластмассами и др.

На заключительном этапе восстановления проводят операции окончательной механической обработки шлифованием всех восстанавливаемых поверхностей. Чистовое шлифование позволяет обеспечить требуемую точность изделий и необходимую шероховатость поверхностей.

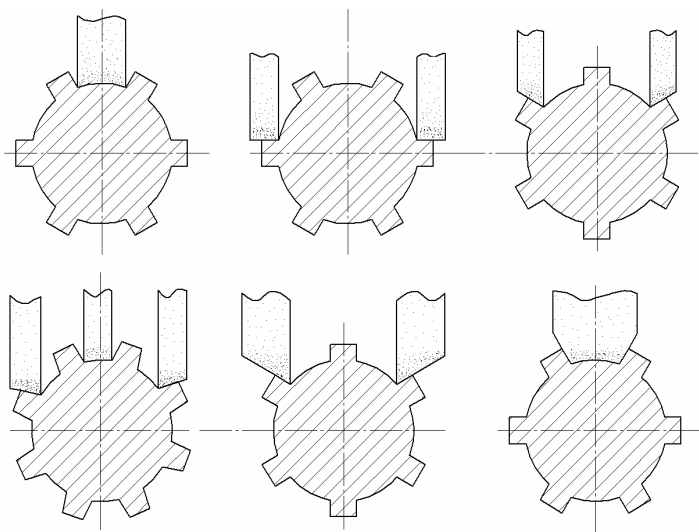


Рис. 6.8. Схемы шлифования на шлицешлифовальных станках

Необходимо отметить особенности окончательной механической обработки шлицевой поверхности. После наплавки, фрезерования шлицев червячными шлицевыми фрезами, термической обработки детали и чистовой обработки цилиндрических поверхностей производят чистовую обработку шлицев шлифованием на шлицешлифовальных станках (рис. 6.8). Припуск на шлифование предусматривают

до 0,1 мм на сторону. Шероховатость поверхности после шлифования должна составлять по боковой поверхности $R_a = 1,25$ мкм и по дну впадины $R_a = 0,63$ мкм при точности обработки по 8...9 качеству.

Однако необходимо отметить, что фрезерование и шлифование наплавленных шлицев сопровождаются упругими деформациями, снижающими точность обработки. Для достижения заданной точности шлицевой поверхности в настоящее время созданы шлицешлифовальные станки с адаптивной системой управления, которые с успехом применяются в крупносерийном производстве. Использование систем адаптивного управления дает существенное преимущество, поскольку они направлены на компенсацию влияния факторов, порождающих погрешности обработки. При этом наибольшей эффективностью в достижении требуемой точности обладают быстродействующие многоконтурные адаптивные системы, основанные на принципе компенсации в процессе обработки технологических упругих деформаций. Система адаптивного управления шлицешлифовального станка позволяет регулировать скорость перемещения стола в зависимости от изменения глубины резания, поддерживая постоянной заданную мощность шлифования. Это дает значительное повышение точности и производительности обработки. При этом изделия можно шлифовать одним кругом или блоком шлифовальных кругов, обрабатывая боковые стороны шлицев и внутреннюю центрирующую поверхность одновременно или раздельно: сначала – внутреннюю, а затем – боковые.

Наибольшее применение при восстановлении получили следующие способы наплавки: под слоем флюса, вибродуговая наплавка и наплавка в среде углекислого газа. Восстановление деталей путем осаждения гальванических покрытий в условиях мелкосерийного производства применяется редко, так как этот трудоемкий процесс становится экономически выгодным только при достаточно большой программе ремонта (рис. 6.9).

По данным авторемонтных заводов, все детали неподвижных сопряжений автомобиля типа вал – подшипник качения имеют относительно небольшие износы. Средняя величина износа не превышает 0,1 мм и зависит от условий работы и номинальных размеров сопряжения.

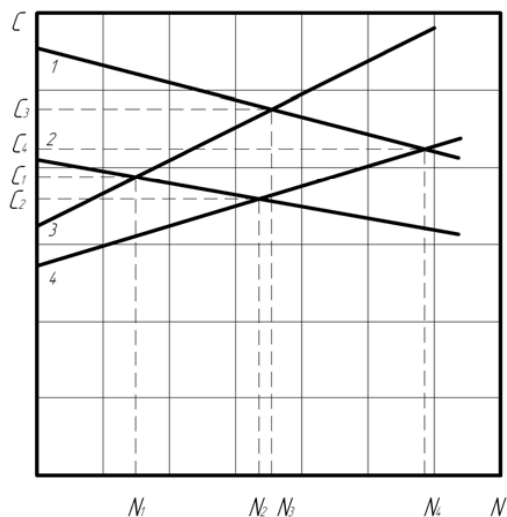


Рис. 6.9. График зависимости себестоимости восстановления от программы ремонта: 1 – хромирование; 2 – железнение; 3 – наплавка под слоем флюса; 4 – вибродуговая наплавка

Например, допустимый износ, происходящий в результате фреттинг-коррозии, посадочной поверхности под подшипник полуоси автомобиля также не превышает 0,1 мм. Кроме того, в процессе эксплуатации происходит коробление этой детали, которое вызывает вибрацию, ускоряющую процесс изнашивания. Допустимая величина радиального биения на базовых технологических точках составляет не более 0,5 мм.

Традиционными способами восстановления посадочных поверхностей таких деталей являются нанесение различных покрытий и наплавка металла с последующей механической обработкой (шлифование, хонингование, притирка и др.). Связанное с этими способами изменение физико-химических параметров поверхностного слоя не всегда допустимо, особенно в ответственных узлах, требующих повышенной надежности. Поэтому изношенные поверхности с относительно небольшим износом (0,1 мм) целесообразно восстанавливать поверхностным пластическим деформированием, например выглаживанием (см. раздел 4.1.2). Способ увеличения диаметра посадочной шейки полуоси за счет высадки металла при выглаживании является весьма экономичным, так как не требует нанесения дополнительно-

го металла и применения сложного технологического оборудования. К тому же применение для устранения остаточных деформаций изгиба способа правки ППД (рис. 6.10) позволяет реализовать процесс восстановления полуоси на одном рабочем месте, что также повышает эффективность данной технологии.

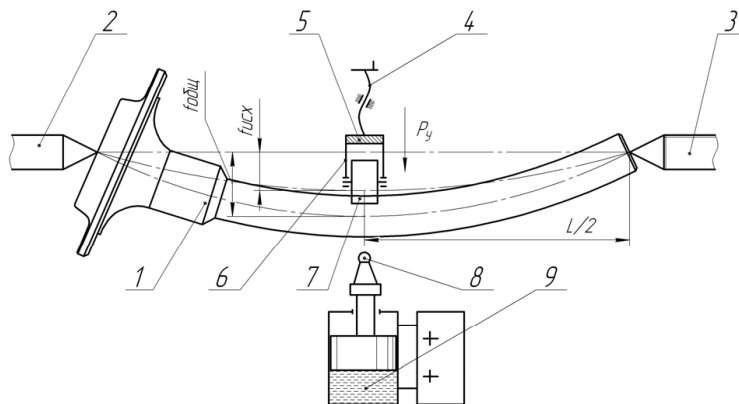


Рис. 6.10. Схема правки полуоси автомобиля поверхностным пластическим деформированием с одновременной отделочно-упрочняющей обработкой поверхности: 1 – восстанавливаемое изделие; 2, 3 – центры станка; 4 – винтовая пара; 5 – каретка; 6 – призма; 7 – сглаживающие ролики; 8 – упрочняющий шар; 9 – гидроцилиндр

Восстановление распределительного вала начинают с исправления центровых отверстий на токарно-винторезном станке, используя в качестве установочных поверхностей в одном случае шейку под распределительную шестерню, в другом – последнюю опорную шейку. Остаточные деформации изгиба вала более допустимого значения устраняют правкой на прессе. Изношенные опорные шейки шлифуют до одного из ремонтных размеров на круглошлифовальном станке. Изношенную шейку под распределительную шестерню восстанавливают наплавкой или железнением. Изношенный эксцентрик восстанавливают шлифованием на круглошлифовальном станке, обеспечивая смещение оси эксцентрика по отношению к оси шпинделя на величину эксцентриситета.

При большом износе (более 5,8 мм) профиля кулачков их наплавляют сормайтом под слоем флюса и затем шлифуют по копиру на

копировально-шлифовальных станках. При шлифовании распределительный вал одновременно совершает вращательное и качательное движения, которые позволяют получить заданный профиль. После этого производят отделочную обработку полированием.

Особенностью восстановления коленчатых валов является применение специальных приспособлений – центросместителей при нанесении покрытий (наплавке или напылении) и при механической обработке (точении или шлифовании) шатунных шеек. Центросместители позволяют совместить оси шатунных шеек с осью центров токарного (круглошлифовального) станка (рис. 6.11).

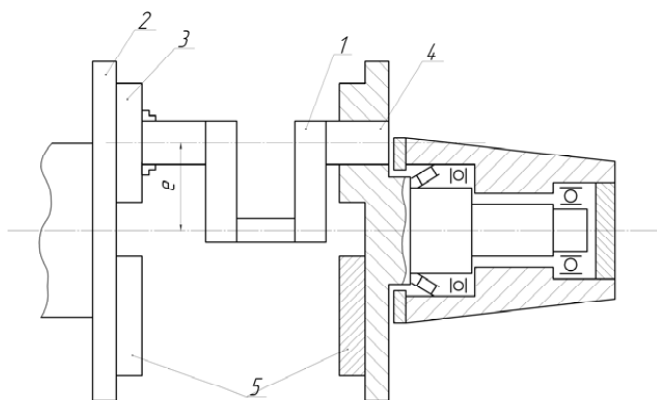


Рис. 6.11. Центросместители для механической обработки коленчатого вала: 1 – вал; 2 – планшайба; 3 – патрон; 4 – планшайба задней бабки; 5 – противовесы

При восстановлении коленчатых валов в основном применяются технологии наплавки под слоем флюса, прототипом которых является технология Глисонпроцесса, заключающаяся в последовательном нанесении слоев покрытий двумя разнородными проволоками: сначала наплавляют центральную часть шейки одной проволокой, затем производят наплавку галтелей проволокой несколько другого состава. Наплавку производят с предварительным подогревом детали и последующим отпуском. После механической обработки перед закалкой галтели защищают от термического воздействия либо керамическими полукольцами, либо специальной обмазкой. После термической об-

работки производят устранение технологических остаточных деформаций изгиба правкой ППД путем обкатывания галтелей роликами.

Следует отметить, что, являясь конструктивно и технологически сложной деталью, коленчатый вал считается одной из самых ответственных деталей двигателя. Поэтому к точности восстановления коленчатых валов предъявляются высокие требования: диаметральные размеры коренных и шатунных шеек обрабатывают с точностью, соответствующей 6 качеству, с шероховатостью поверхности $R_a = 0,08...0,32$ мкм; отклонения от соосности расположения коренных шеек не более 0,02 мм, от параллельности осей коренных и шатунных шеек не более 0,015 мм; биение коренных шеек относительно оси центровых отверстий в пределах 0,01...0,03 мм; твердость коренных и шатунных шеек не менее *HRC* 58. После восстановления коленчатые валы подвергают динамической балансировке, их дисбаланс не должен превышать 15...40 г·мм.

Контрольные вопросы

1. Какие детали автомобилей относятся к классу круглых стержней?
2. Какие дефекты наиболее часто встречаются у деталей, относящихся к классу круглых стержней?
3. Какими особенностями обладает типовой технологический процесс восстановления нежестких деталей типа валов?
4. Какую операцию выполняют в числе первых при восстановлении деталей, относящихся к классу круглых стержней?
5. Для чего проводят предварительную механическую обработку перед напылением покрытий?
6. Как производится восстановление шпоночных пазов на валах?

6.3.3. Типовой технологический процесс восстановления деталей, относящихся к классу полых цилиндров

К этому классу относятся гильзы цилиндров, ступицы колес, чашки дифференциала, втулки, стаканы. Они могут быть изготовлены из отливок, штамповок или из труб, листов и лент. Установочными поверхностями при механической обработке служат внутренние или наружные цилиндрические поверхности и торцы.

Основными дефектами деталей этого класса являются следующие: обломы шпилек в резьбовых отверстиях; износ рабочих поверхностей, отверстий под шпильки, болты и винты; износ внутренних и наруж-

ных посадочных мест под подшипники; трещины, задиры, кольцевые риски на поверхностях трения.

При восстановлении таких деталей вначале устраняют трещины, обломы шпилек, повреждение или износ резьбовых поверхностей, а затем восстанавливают более точные изношенные поверхности – гнезда подшипников и другие рабочие поверхности.

6.3.4. Типовой технологический процесс восстановления деталей, относящихся к классу дисков

К этому классу относятся шкивы, маховики, колеса, диски сцепления, тормозные барабаны, фланцы. Их изготавливают литьем, горячей и холодной штамповкой. При механической обработке технологическими базами служат наружные или внутренние цилиндрические поверхности.

Основные дефекты деталей этого класса: задиры и риски на рабочих поверхностях, износы гладких и резьбовых отверстий, износы фрикционных накладок, остаточные деформации.

Для деталей этого класса характерно применение таких способов восстановления деталей, как ремонтные размеры и дополнительные ремонтные детали, которые основаны на механической обработке.

6.3.5. Типовой технологический процесс восстановления деталей, относящихся к классу некруглых стержней

К этому классу относятся балки передних осей, шатуны, рычаги, вилки переключения передач, колодки тормоза и др. Их изготавливают литьем, горячей штамповкой и штамповкой из листа. При механической обработке технологической базой вначале служат поверхности стержня и головки, а затем отверстие и обработанные поверхности головки.

Характерными неисправностями деталей этого класса являются остаточные деформации изгиба и закручивания детали, износ отверстий под втулки и вкладыши, износ отверстий под шкворень и под стопор, износ торцов бобышек и др. Для деталей этого класса наиболее распространенными способами восстановления являются правка и установка дополнительных ремонтных деталей.

При наличии схем типовых технологических процессов можно легко путем исключения отсутствующих дефектов разработать маршрутную карту технологического процесса восстановления конкретной детали.

Контрольные вопросы

1. Какие детали автомобилей относятся к классу дисков?
2. Какие дефекты наиболее часто встречаются у деталей, относящихся к классу полых цилиндров?
3. Какую операцию выполняют в числе первых при восстановлении деталей, относящихся к классу полых цилиндров?
4. Какие способы в основном применяют при восстановлении деталей, относящихся к классу некруглых стержней?
5. Какие способы в основном применяют при восстановлении деталей, относящихся к классу дисков?
6. Как на основе типовых технологических процессов разработать маршрутную карту технологического процесса восстановления конкретной детали?

6.4. Технологический расчет толщины слоя наносимого покрытия при восстановлении деталей

Для обоснованного выбора технологии восстановления и упрочнения детали необходимо знание закономерностей изменения ее поверхностного слоя. Это позволит минимизировать толщину наносимого или упрочняемого слоя, снизить трудоемкость и себестоимость процесса. Поверхностный слой, подвергающийся силовому и термическому воздействию в процессе эксплуатации и впоследствии проходящий через комплекс различных видов обработок при восстановлении, неоднократно изменяется по толщине, структуре и физико-механическим свойствам. Данные об исходном, промежуточном и окончательном состоянии поверхностей детали и её поверхностного слоя позволяют управлять эксплуатационными свойствами этой детали в процессе восстановления и обоснованно проектировать технологию её восстановления.

Толщина покрытия является решающим признаком его качества, отвечающего определенным техническим и экономическим требованиям. Поэтому расчет толщины износостойкого покрытия является основой качественного восстановления, позволяющей сформировать необходимые эксплуатационные свойства поверхностного слоя и обеспечить требуемый ресурс изделий.

Технологический расчет толщины покрытия позволяет решить ряд насущных задач: назначение толщины наносимых слоев и припусков на механическую обработку; обоснование каждого слоя в многослойном покрытии; рациональное использование дорогостоящих присадочных материалов; выбор методов и средств контроля и параметров, определяющих качество поверхностного слоя материала.

При технологическом расчете толщины покрытия следует учитывать, что даже на плоских деталях толщина покрытия неодинакова на разных участках. Еще большие колебания толщины слоя металла или сплава покрытия имеют место на фасонных изделиях.

Выбор толщины покрытия в основном определяется условиями эксплуатации восстанавливаемой детали и величиной ее износа. Помимо величины износа (предельно допустимого износа U_{\max}) толщину покрытия преимущественно определяют глубина дефектного слоя $H_{\text{деф}}$ и общий припуск z_0 на механическую обработку.

В процессе эксплуатации под воздействием различных факторов (внешней среды и механических нагрузок) наряду с изменением размеров происходят нарушение первоначальной формы детали и образование на поверхности дефектного слоя с измененной структурой, твердостью и остаточными напряжениями. Разупрочнение поверхностного слоя, глубина которого может достигать 1,5 мм, обусловлено развитием упругопластических деформаций, возникающих в результате действия механических нагрузок, и диффузией компонентов поверхностно-активных веществ в металл детали. Удаление разупрочненного дефектного слоя изношенной детали осуществляют предварительной механической обработкой.

Толщина наносимого слоя T_{\min} покрытия определяется тремя основными условиями.

1. Толщина наносимого слоя T_{\min} покрытия не должна быть меньше величины минимально допустимой толщины наносимого покрытия, перекрывающей неровности, которые были получены в результате предварительной подготовки поверхности исходной заготовки (см. раздел 4.3.2).

2. Толщина износостойкого (упрочненного) слоя покрытия h_3 , получаемого после заключительного перехода механической обработки,

должна быть не менее величины предельно допустимого износа детали U_{\max} , которая определяет ресурс изделия.

3. Толщина износостойкого покрытия h_3 не должна быть меньше некоторого минимального значения, при котором обеспечивается нормальная работа изделия. Установлено, что минимальное значение h_3 , при котором обеспечивается нормальное функционирование изделия, зависит от соотношения твердости покрытия и основы, особенно в том случае, если основной металл мягче металла покрытия. В этом случае значение h_3 , как правило, рассчитывают по эмпирическим зависимостям.

Достаточно часто для получения качественного изделия с покрытием его наносят на подслои (например, подслои молибдена, повышающего адгезионную прочность) или делают несколько слоев для выравнивания теплофизических свойств основы и покрытия. В случае восстановления деталей с большим износом и применения износостойкого покрытия, имеющего ограничения по толщине наносимого слоя или высокую стоимость, наносят промежуточный слой более дешевого материала.

При расчете необходимо учитывать, что при наплавке слоев и напылении износостойких покрытий на полые и нежесткие детали (втулки, поршни, коленчатые валы и др.) происходит образование технологических остаточных деформаций W_3 под воздействием остаточных напряжений после нанесения или наплавки покрытия. Для устранения их механической обработкой требуется более толстый слой покрытия. Также во избежание брака при выполнении окончательной механической обработки следует учитывать уменьшение толщины напыленных и оплавленных покрытий вследствие пространственной усадки T_{yc} . В этой связи расчетную толщину покрытия следует завышать в среднем на 15...20%, т. е. на величину усадки покрытий.

Общий припуск z_0 на окончательную механическую обработку, представляющий собой сумму припусков на отдельные операции и переходы, должен быть минимальным, но в то же время достаточным для получения требуемых параметров точности и шероховатости готовой детали. Завышенный припуск при обработке износостойких покрытий приводит к значительному удорожанию восстановленной детали вследствие удаления покрытий из дорогостоящих присадочных мате-

риалов, которые к тому же обладают большой трудоёмкостью механической обработки. Недостаточный припуск на обработку приводит к браку вследствие невозможности получения требуемых параметров точности и шероховатости поверхности детали. Величина припуска z_0 на механическую обработку в значительной степени определяется способом нанесения покрытия, степенью его механизации и количеством переходов механической обработки. При расчете количества переходов необходимо учитывать суммарную погрешность обработки ϵ , которая обусловлена действием ряда факторов, например таких, как жесткость деталей и других элементов технологической системы, погрешность установки заготовки на станке, проявление технологической наследственности параметров, связанных с геометрией детали (шероховатость, волнистость, форма, остаточные деформации) и др.

Достаточно часто для получения необходимых эксплуатационных показателей покрытия при обкатке изделия на него наносят приработочные и защитные покрытия толщиной $H_{mn} = 2...3$ мкм, которые в большинстве случаев не оказывают влияние на точность размера, так как их толщина значительно меньше величины допуска.

При выполнении технологических расчетов толщины наносимых слоев при восстановлении деталей должны использоваться схемы изменения состояния поверхностного слоя (рис. 6.12). Схемы отражают основные этапы восстановления деталей: удаление дефектного слоя изношенной детали и устранение отклонений формы поверхности под нанесение нового поверхностного слоя, нанесение покрытия и его механическую обработку, нанесение приработочного покрытия.

Толщина наносимого покрытия, обеспечивающая качественное восстановление номинального размера детали и ее заданный ресурс, может быть рассчитана по формуле

$$T_{min} = W_3 + H_{nod} + h_3 + H_{mn} + z_0 + T_{yc}, \quad (6.1)$$

где T_{min} – минимальная толщина покрытия с гарантированным упрочненным слоем; W_3 – величина деформации исходной заготовки под воздействием остаточных напряжений после нанесения покрытия; H_{nod} – толщина подслоя материала, обеспечивающего адгезионную прочность покрытия; h_3 – толщина износостойкого (упрочненного) слоя покрытия; H_{mn} – толщина слоя приработочного (защитного) пок-

рытия; z_0 – общий технологический припуск на механическую обработку; T_{yc} – величина пространственной усадки покрытия.

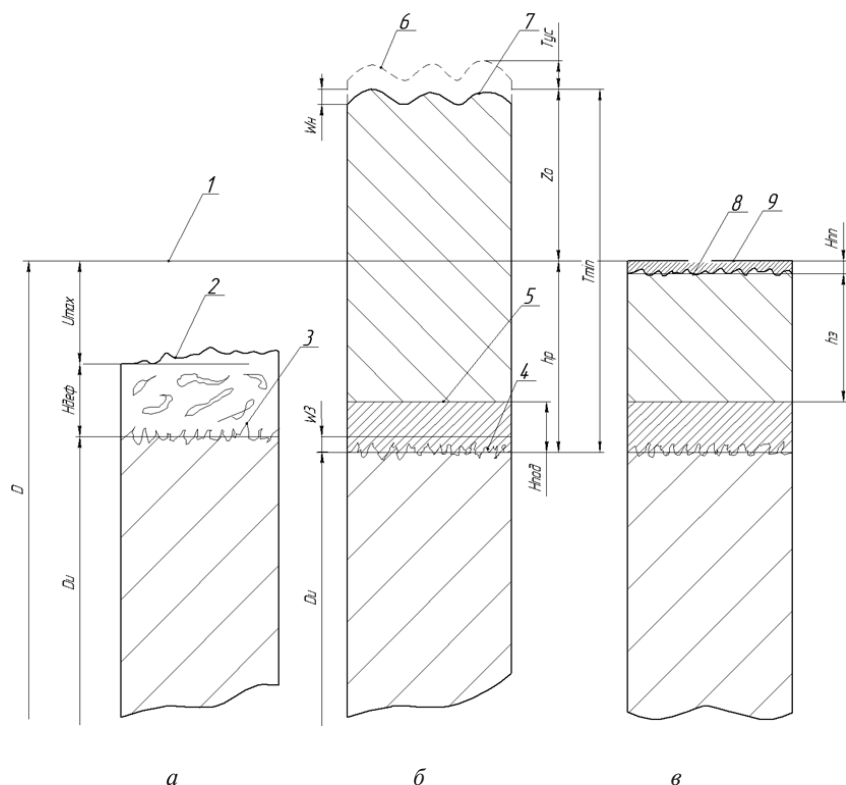


Рис. 6.12. Схемы изменения состояния поверхностного слоя при восстановлении детали: *а* – подготовка под нанесение покрытия; *б* – нанесение покрытия; *в* – механическая обработка покрытия и нанесение приработочного материала. Поверхности: 1 – исходная новой детали; 2 – изношенной детали (исходной заготовки); 3 – после подготовки под нанесение покрытия (подложка); 4 – после деформации исходной заготовки в результате действия остаточных напряжений после нанесения покрытия; 5 – после нанесения подслоя; 6 – после нанесения покрытия; 7 – после усадки; 8 – после окончательной механической обработки; 9 – после нанесения приработочного покрытия

Контрольные вопросы

1. Для чего проводят технологический расчет толщины слоя наносимого покрытия при восстановлении деталей?
2. Почему толщина наносимого покрытия во многих случаях является решающим признаком качества восстановленных изделий?
3. От каких факторов зависит толщина наносимого покрытия при восстановлении деталей?
4. Почему образуется дефектный слой на поверхности детали в процессе эксплуатации?
5. Какие основные условия определяют толщину слоя наносимого покрытия при восстановлении деталей?

7. ТЕХНОЛОГИЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА МАШИН И АГРЕГАТОВ

7.1. Прием автомобилей и агрегатов в капитальный ремонт

Под капитальным ремонтом понимают процесс, осуществляемый с целью устранения неисправности и восстановления ресурса объекта, который сопровождается заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые детали. Проведение капитального ремонта направлено на продление жизненного цикла объекта реновации.

Жизненный цикл машины – это отрезок времени от начала разработки конструкции, проведения научно-исследовательских работ и обоснования технико-экономических показателей машины (стадия конструирования машины) и до ее утилизации в момент исчерпания ресурса. Исчерпание ресурса обусловлено предельным техническим состоянием машины, при котором ее дальнейшая эксплуатация по назначению технически невозможна. Показателями предельного состояния автомобиля являются повышенный расход масла, прорыв в картер отработавших газов, снижение мощности и ухудшение тяговых характеристик. Это состояние требует проведения капитального ремонта. Однако он возможен лишь при наличии у большинства деталей остаточных ресурсов. В случае отсутствия остаточных ресурсов деталей из-за произошедших вследствие процессов старения необратимых изменений в структуре и свойствах большинства материалов восстановление машины до исправного или работоспособного состояния невозможно и экономически нецелесообразно. Это обусловлено тем, что затраты средств, направленные на поддержание в работоспособном состоянии такой отремонтированной машины, будут выше прибыли, которую она будет приносить в процессе эксплуатации.

При своевременном проведении технического обслуживания машин в процессе эксплуатации поломки возникают сравнительно редко. Наряду с техническим обслуживанием выполняются все виды ремонтов (текущий, средний и капитальный), которые устраняют внезапные и постепенно возникающие в результате изнашивания отказы.

Текущий ремонт производится для восстановления работоспособности объекта путем замены изношенных деталей и узлов на новые.

Средний ремонт производится для восстановления исправности и частичного восстановления ресурса объекта путем замены и восстановления деталей, узлов и агрегатов ограниченной номенклатуры.

Главной задачей технического обслуживания и ремонта является обеспечение экономически эффективного поддержания работоспособности автомобиля в процессе эксплуатации. Так, периодическая регулировка клапанов, замена поршневых колец и других недолговечных деталей и узлов направлены на поддержание надежности в пределах, регламентированных автомобильной промышленностью или авторемонтным производством.

Своевременное и качественное проведение ремонтных воздействий позволяет полнее использовать конструктивно заложенный ресурс машины. Стадия эксплуатации является важнейшей составляющей жизненного цикла машины. Обычно она делится на циклы эксплуатации моментом проведения капитального ремонта (рис. 7.1). Стадия эксплуатации включает минимум два цикла и, соответственно, один капитальный ремонт. Проведение капитального ремонта увеличивает продолжительность эксплуатации в предписанных условиях до выработки рабочего ресурса и обеспечивает гарантированный пробег автомобиля до следующего капитального ремонта не менее 80% от нормы первого эксплуатационного цикла. Обеспечение показателя надежности автомобилей после капитального ремонта на уровне, близком к новому, зависит от степени совершенства технологии ремонта и организации авторемонтного производства.

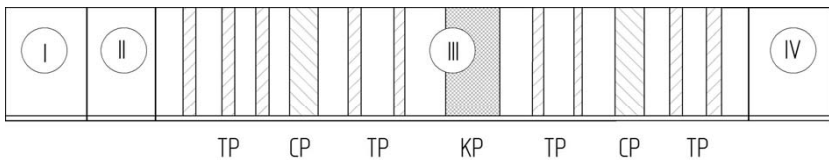


Рис. 7.1. Структурная диаграмма жизненного цикла машин:

- I – стадия конструирования; II – стадия производства;
- III – стадия эксплуатации; IV – стадия утилизации; TR – текущий ремонт;
- CP – средний ремонт; KP – капитальный ремонт

Длительное время, когда автомобильный парк был малочисленным и состоял из разных марок, автомобили ремонтировали инди-

видуально в ремонтных мастерских. При таком подходе сначала выявляли неисправности автомобиля и в зависимости от их характера применяли тот или иной способ ремонта. Необходимое качество этого ремонта обеспечивалось главным образом за счет высокой квалификации исполнителей, что оправдывалось масштабами производственной программы в рамках ремонтных мастерских. Основным признаком индивидуального ремонта автомобилей являлось отсутствие раскомплектования, т. е. снятые детали и узлы сохранялись за ремонтируемым объектом.

С увеличением автомобильного парка возникла потребность в более организованной и производительной форме ремонта. Так создались условия для организации промышленного ремонта агрегатов и автомобилей на специализированных авторемонтных предприятиях.

Промышленный капитальный ремонт стали производить обезличенным методом, при котором подлежащие восстановлению агрегаты и автомобили полностью разбирают и раскомплектованные детали (без учета их принадлежности к конкретным автомобилям или агрегатам, с которых они были сняты) после тщательного контроля и восстановления направляют на комплектацию к сборке (рис. 7.2).

Таким образом, при этом методе ремонта, как и при изготовлении, автомобили собирают по принципу взаимозаменяемости деталей. Это позволило обеспечить значительное увеличение производительности и снижение себестоимости капитального ремонта автомобилей. Качество ремонта в этих условиях обеспечивается применением современного высокопроизводительного оборудования, правильной организацией труда, технического контроля, гарантирующих высокую технологическую дисциплину на всех этапах восстановления. Если при индивидуальном методе ремонта автомобилей в ремонтных мастерских большинство изношенных деталей заменяли новыми, то при большой программе ремонта в условиях авторемонтного производства стала возможной замена изношенной детали на восстановленную.

Капитальный ремонт промышленным методом требует хорошо организованного авторемонтного производства, при котором можно получить экономический эффект за счет реализации остаточной долговечности годных деталей ремонтируемых автомобилей и ресурса восстановленных изделий при условии их взаимозаменяемости.

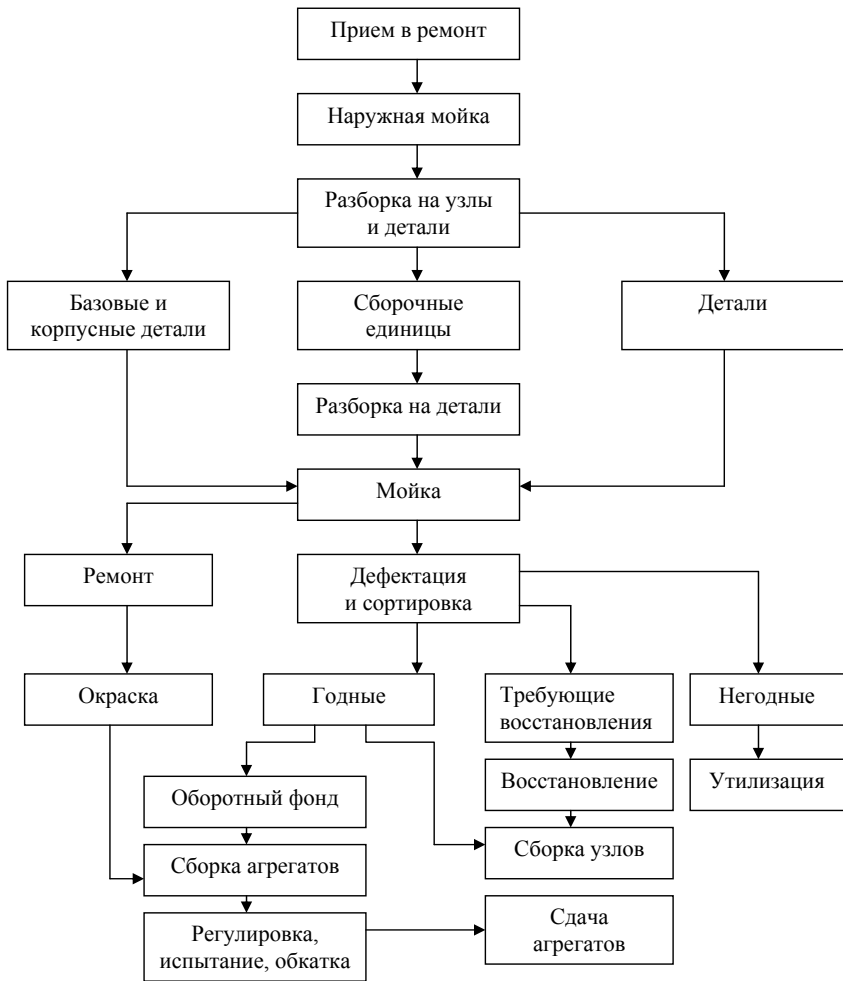


Рис. 7.2. Структура технологического процесса ремонта агрегатов

Продукцией авторемонтного предприятия, по существу, является заново изготовленный («вторично изготовленный») обезличенным методом автомобиль или агрегат из деталей, бывших в эксплуатации, восстановленных изделий и новых запасных частей.

Прием ремонтного фонда от автотранспортных предприятий, передачу его на авторемонтные предприятия и поставку отремонтированной продукции на автотранспортные предприятия целесообразно организовать через обменные пункты. Использование обменных пунктов в 1,5...2 раза уменьшает транспортные расходы и значительно повышает равномерность завоза ремонтного фонда на авторемонтные предприятия.

Эффективность работы авторемонтного предприятия во многом зависит от состояния ремонтного фонда, поступающего из эксплуатации. Автомобили и их агрегаты, сдаваемые в капитальный ремонт, должны быть укомплектованными согласно требованиям ГОСТ, а детали при этом должны характеризоваться естественным износом, и их замена на новые перед отправкой в ремонт не допускается. Исключение составляют автомобили после дорожно-транспортных происшествий. В этих случаях все данные о повреждениях и некомплектности указываются в справке о техническом состоянии автомобиля и учитываются в соответствующей калькуляции авторемонтного предприятия.

При приеме в ремонт вышедших из строя машин оформляется приемо-сдаточный акт в трех экземплярах по рекомендуемой ГОСТ форме. В акте отмечают наименование объекта ремонта, его техническое состояние, соответствующий пробег и комплектность, наименование заказчика, срок сдачи в ремонт. Для автомобилей с газобаллонным оборудованием, которые используют компримированный природный газ в качестве моторного топлива, дополнительно требуются паспорт и карточки аттестации баллонов.

Акт подписывается представителями авторемонтного предприятия и заказчиком и заверяется печатью. Первый и третий экземпляры актов направляются в отдел сбыта. В дальнейшем третий экземпляр приемо-сдаточного акта вместе с объектом ремонта передается в авторемонтное производство. Второй экземпляр акта выдается заказчику.

Следует отметить, что в капитальный ремонт не принимаются:

- грузовые автомобили, если их кабины и рамы подлежат списанию;
- автомобили и автобусы, если их кузова подлежат списанию;
- агрегаты, если их базовые детали имеют такие повреждения, при которых не подлежат восстановлению.

Для надлежащей организации приемки и хранения ремонтного фонда на авторемонтном предприятии организуется склад ремонтного фонда. Этот склад обычно состоит из площадок для приемки и хранения ремонтного фонда: площадки для автомобилей, ожидающих ремонта, площадки для хранения списанных автомобилей, складское помещение закрытого типа для хранения агрегатов, оснащенное подъемно-транспортными средствами.

Контрольные вопросы

1. Из каких стадий состоит жизненный цикл автомобиля?
2. Что представляет собой капитальный ремонт автомобилей?
3. Какими методами можно проводить капитальный ремонт автомобилей?
4. Какой документ оформляется при приемке автомобилей в капитальный ремонт?
5. Какие автомобили не принимают в капитальный ремонт?

7.2. Разборка автомобилей и агрегатов

Разборка автомобилей и агрегатов является начальным этапом производственного процесса ремонта. Качество выполнения разборочных работ во многом определяет возможность восстановления деталей и экономическую эффективность всего авторемонтного предприятия, так как при неудовлетворительном исполнении разборочных работ многие детали могут повреждаться и выбраковываться.

При капитальном ремонте, проводимом на авторемонтном предприятии в основном обезличенным методом, предусмотрена полная разборка автомобилей и агрегатов.

Разборке объекта ремонта предшествует ознакомление с рабочей документацией: схемой разборки; технологическими картами; руководством по ремонту.

Схемы разборки и технологические карты устанавливают последовательность и глубину разборки. В них указываются:

- последовательность операций, переходов и приемов;
- применяемое оборудование, инструмент и приспособления;
- основные технические условия, которые необходимо выполнять при разборке (например, указания о нанесении монтажных меток,

порядок откручивания крепежных деталей; технологические усилия и моменты, направления приложения сил и др.);

- нормы времени на операции, переходы и приемы.

Для обеспечения высокого качества разборочных работ необходимо, чтобы ремонтные рабочие хорошо знали методы выполнения разборочных операций и владели навыками таких работ, как разъединение плотных, прессовых посадок, разборка поврежденных резьбовых соединений, удаление сломанных пальцев, шпилек, болтов и др.

Следует отметить, что основную трудность при проведении разборочных работ вызывают резьбовые соединения и прессовые посадки. Технологические моменты и усилия, необходимые для их разборки, как правило, намного превышают номинальные значения из-за того, что детали при эксплуатации «прикипают» друг к другу. Для облегчения разборочных работ используют следующие приемы:

- пропитывание резьбовых соединений жидкостями, такими как керосин, этиленгликоль (тормозная жидкость), которые обладают большой проникающей способностью и просачиваются даже в очень узкие зазоры;
- обстукивание соединений молотком, которое приводит к их раскачиванию;
- разогрев плотных соединений газовой горелкой, приводящий к их ослаблению;
- отрезание гайки или головки винта газовой горелкой.

Для выкручивания шпилек используют специальные приспособления, содержащие эксцентрики для крепления на участке шпильки, не имеющем резьбы, или фиксирующие резьбу шпильки (по принципу гайки и контргайки). Остатки сломанных шпилек высверливают насквозь (по всей длине завернутой части) сверлом, диаметр которого меньше внутреннего диаметра резьбы на 2...3 мм. Выдержав после сверления некоторое время для остывания оставшейся «трубочки», в нее забивают трехгранный вороток (обычно используют трехгранный напильник, грани которого ошлифованы на заточном станке) и гаечным ключом выкручивают остатки шпильки.

Разборку сопряжений с плотной посадкой выполняют с помощью винтовых съемников, гидравлических прессов или специальных оправок, при работе с которыми используют энергию удара. Съемники

различают двухлапчатые и трехлапчатые в зависимости от количества лапок, захватывающих снимаемую деталь, и по способу настройки лапок на размер снимаемой детали (рис. 7.3).

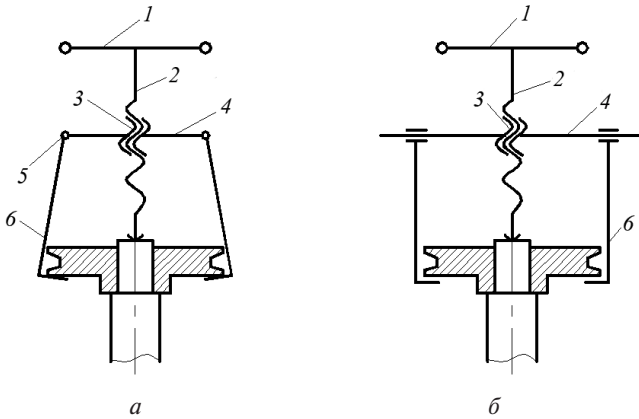


Рис. 7.3. Схемы съемников: *а* – съемник с качающимися лапками; *б* – съемник со сдвигающимися лапками: 1 – рукоятка; 2 – винт; 3 – гайка; 4 – траверса; 5 – шарнир; 6 – лапка

Во многих случаях съемники со сдвигающимися лапками более удобны в работе, поскольку при распрессовке соединения за счет возникающих сил трения в контакте лапки с траверсой исключается самопроизвольный сдвиг лапок. Съемники с качающимися лапками в этом отношении менее надежны.

Для распрессовки из отверстий обойм роликовых подшипников или втулок используют специальные винтовые съемники, отличающиеся от рассмотренных конструкцией траверсы и лапок-захватов. Часто применяют съемники ударного действия, когда рабочий, перемещая массивную втулку по стержню, связанному специальным захватом с обоймой подшипника, наносит по оттягиваемой рукоятке стержня удары. Разборку сопряжений с большим натягом производят с помощью гидравлических прессов, оснащенных ручными плунжерными насосами или гидравлическими станциями.

Следует отметить, что при проведении разборочных работ необходимо пользоваться только исправным инструментом, который ни в коем случае не должен привести к повреждению деталей. При этом

особое внимание должно уделяться технологическим базам, так как их серьезное повреждение ставит под угрозу сам процесс восстановления деталей.

Разборка крупных (тяжелых) агрегатов проводится на специальных стендах, позволяющих поворачивать агрегат и устанавливать его относительно рабочего в удобное для выполнения работ положение. Небольшие агрегаты и узлы разбираются на верстаках с помощью тисков или специальных удерживающих приспособлений. Соединения с натягом распрессовывают с помощью гидравлических прессов, специальных приспособлений и инструментов или винтовых съемников.

На крупных ремонтных предприятиях разборка автомобиля и его агрегатов может производиться на потоке с использованием механизированных конвейеров, пневматических гайковертов и других специальных инструментов. Для перемещения агрегатов используют кран-балки, тельферы, вилчатые погрузчики, специальные тележки и др.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой обезличенный метод ремонта? Каковы его преимущества?
2. Какие технологические приемы облегчают разборку резьбовых соединений?
3. Как выкрутить остатки сломанной шпильки или винта?
4. Какое технологическое оборудование и приспособления используются для разборки сопряжений с прессовой посадкой?
5. Почему при разборке агрегатов нельзя повреждать центровые отверстия валов?

7.3. Очистка и мойка деталей

Очистка и мойка деталей являются первой и специфической операцией технологического процесса восстановления. От качества и полноты выполнения этой операции во многом зависит ресурс восстановленных деталей.

Качество исполнения моечно-очистных работ зависит от уровня ремонтного предприятия и культуры производства. На мелких ремонтных предприятиях культура производства, как правило, низкая. В результате грязь с постов мойки разносится по цехам и невольно

попадает на ремонтируемые детали, что отрицательно сказывается на качестве восстановления. Наличие загрязнений на деталях приводит к отслаиванию покрытий при восстановлении изделий газотермическими и гальваническими способами, к образованию пор и раковин в нанесенном металле при восстановлении наплавкой.

Качество моечно-очистных работ оценивается степенью удаления всех видов загрязнений с восстанавливаемых деталей, а эффективность – затратами средств на их проведение.

На крупных ремонтных предприятиях с высоким уровнем культуры производства, оснащенных комплексом современного специализированного оборудования, применяется многостадийная мойка, т. е. сам процесс мойки представляет собой совокупность технологических операций. Это позволяет обеспечить высокую степень очистки восстанавливаемых деталей от загрязнений.

Задача получения высокого качества очистки изделий может быть успешно решена только при правильном выборе способов мойки и моющих средств, которые зависят от вида загрязнений. Состав и характер загрязнений деталей обусловлены условиями эксплуатации машин. Наиболее часто встречающимися видами загрязнений являются абразивные и металлические частицы, жировые и масляные пятна, лаковые и окисные пленки, нагары, накипь и др. Однако в практике ремонтного производства приходится встречаться с совокупностью различных по характеру и свойствам загрязнений, которые состоят из частиц веществ неорганического (металлы, минералы) и органического происхождения (углеводороды). Примечательно, что состав и свойства загрязнений могут существенно изменяться в процессе эксплуатации. Так, на рабочих поверхностях деталей могут образовываться различные виды твердых отложений, которые являются результатом полимеризации некоторых компонентов загрязнений, углеродистых составов, антикоррозионных смазок, присадок и др.

Технология мойки зависит от уровня ремонтного предприятия, его технических мощностей и видов загрязнений деталей.

При проведении моечно-очистных работ используются различные методы, такие как механическая очистка, мойка, обезжиривание, травление и ингибирование (замедление скорости коррозии).

Механические способы очистки применяют на стадии предварительной обработки сильно загрязненных и малоответственных деталей. Механическое воздействие на очищаемую поверхность производят скребками, металлическими щетками, иглофрезами и потоком дробы, абразива и др.

Моющее действие представляет собой результат проявления комплекса физико-химических свойств моющего раствора, приводящего к переходу нерастворимого вещества в коллоидное состояние или в состояние эмульсии.

Процесс мойки начинается со смачивания загрязненных поверхностей моющим раствором, который проникает под слой загрязнений и отделяет его от очищаемой поверхности.

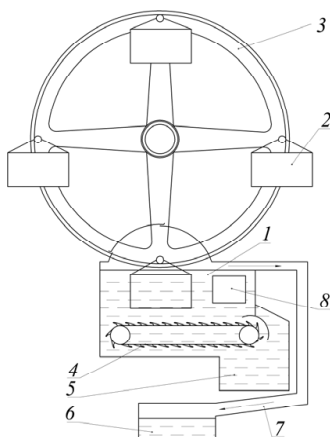


Рис. 7.4. Схема погружной моечной машины: 1 – ванна с моечным раствором; 2 – контейнер для размещения деталей; 3 – роторное колесо; 4 – шнековое устройство для очистки ванны от механических загрязнений; 5 – отстойник; 6 – резервуар для сбора маслянистых загрязнений; 7 – устройство для очистки раствора от маслянистых загрязнений; 8 – термоэлектрический нагреватель

На современных предприятиях мойку деталей осуществляют в погружных, струйных, мониторинных, комбинированных, циркуляционных и других специальных моечных машинах. Погружные моечные машины – это устройства крестово-роторного типа (рис. 7.4), содержащие ванну, внутри которой на опорах установлен вал с крестовинами, теплообменник, роторы-активаторы, маслосборник, устройство для сбора

загрязнений. На шипы крестовины подвешиваются контейнеры. При вращении вала контейнеры с деталями поочередно погружаются в технологический моющий раствор, в котором происходит очистка деталей. Струйные моечные машины – это устройства, содержащие рабочую камеру, баки для очистки моющего раствора, насосный агрегат, систему подвижных и неподвижных гидрантов, транспортирующее устройство. Струйные моечные машины подразделяются на тупиковые, проходные и проходные сек-ционные. Машины тупикового типа (рис. 7.5), например ОМ-4610, машины «БУПИ» (Австрия), «БОШ» и «Дюрр» (Германия), имеют компактную рабочую камеру, в боковых панелях которой предусмотрены люки, закрываемые легкоъемными крышками.

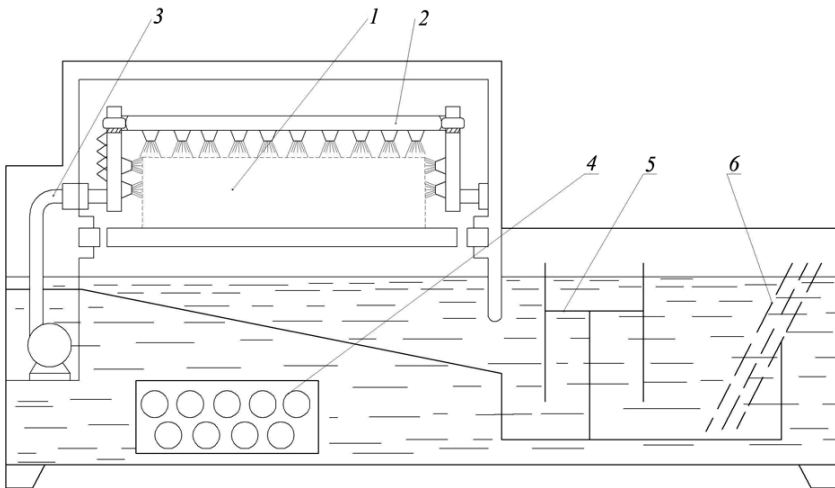


Рис. 7.5. Схема струйной моечной машины: 1 – объект мойки; 2 – гидранты; 3 – заборная труба; 4 – термоэлектрические нагреватели; 5 – флотационный желоб; 6 – сетчатые фильтры

Гидранты представляют собой систему трубопроводов, подсоединенных к нагнетательному насосу и снабженных множеством сопел (200...300 штук) диаметром 3...6 мм. Гидранты формируют при помощи сопел струи моющего раствора и направляют их на поверхность объекта очистки. Для увеличения ударной силы струи моющего раствора гидранты в машинах конструируют подвижными, совершающими возвратно-поступательные или вращательные движения.

Технологический моющий раствор, предварительно нагретый термoeлектрическими нагревателями, подается на загрязненную поверхность под давлением 0,2...1,0 МПа. Моечную машину выбирают, исходя из габаритов изделий и способов очистки. Продолжительность мойки в зависимости от вида моющих средств может составлять от 10 до 20 минут. Увеличение продолжительности воздействия моющего раствора на очищаемую поверхность в большинстве случаев приводит к более полному удалению загрязнений. Дополнительное механическое воздействие на загрязненные поверхности в процессе мойки способствует повышению моющего эффекта, дает возможность применять менее концентрированные моющие растворы и снижает время очистки. Так, мойка деталей в ультразвуковом поле практически на порядок повышает производительность процесса удаления жировых и масляных пленок по сравнению с химическим способом. Очистка поверхности детали под воздействием ультразвука основана на явлении кавитации – образовании в жидкости микроскопических, заполненных паром пузырьков, которые лопаются вблизи поверхности. Возникающие при этом гидравлические удары срывают с очищаемой поверхности прочно приставшие пленки жира и механические загрязнения. Ультразвуковую очистку проводят как в щелочных растворах, так и в органических растворителях при температуре 45...55°С. Особо важное значение для качества мойки имеет способность ультразвуковых колебаний проникать в узкие щели и поры, очистка которых другими способами практически невозможна. Мойку в ультразвуковом поле целесообразно применять для ответственных деталей, к которым предъявляются высокие требования по качеству очистки поверхности, а также в тех случаях, когда необходимо резко сократить продолжительность моечной операции.

Для удаления жидких загрязнений (минеральных масел, жиров) при мойке стальных и чугунных деталей широко используют щелочные моющие средства. Среди них важное место занимает 4...6% водный раствор кальцинированной соды, в который добавляют соли кремниевой кислоты (силикаты). Наличие силикатов в водном растворе повышает щелочность среды, улучшает вспенивание раствора. Одним из компонентов щелочных моющих средств является каустическая сода. Она токсична, но хорошо омыляет жиры и удаляет старую краску. Для

повышения эффективности щелочных моющих растворов в них добавляют поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые улучшают смачивание очищаемой поверхности и интенсифицируют физико-химические процессы, происходящие при мойке. Процесс мойки в щелочных растворах с поверхностно-активными добавками рекомендуется проводить при температуре 65...90°С, при которой не происходит интенсивное развитие коррозии металла очищаемой детали. После мойки детали последовательно промывают в горячей и холодной воде.

Загрязнения, представляющие собой слои жиров, масел, смолы, абразивных частиц, которые имеют только механическую связь с поверхностью детали, могут быть удалены обезжириванием. Наиболее простым способом обезжиривания является промывка в органических горючих (керосин, бензин, уайт-спирит, бензол, толуол) и негорючих (трихлорэтилен, тетрахлорэтилен, четыреххлористый углерод) растворителях. Преимущество обезжиривания деталей растворителями заключается в возможности их многократного использования после регенерации, осуществляемой перегонкой.

Для очистки поверхностей, сильно загрязненных жирами и маслами, перемешанными с металлической пылью, применяется двухстадийное эмульсионное обезжиривание. Сначала обезжиривание производится раствором, включающим органический растворитель (например, трихлорэтилен), эмульгатор и смеситель-стабилизатор, затем — горячим щелочным раствором. Такое обезжиривание отличается стабильностью получаемых результатов очистки и большим сроком службы рабочих растворов.

Мойку деталей в погружных и струйных моечных машинах в большинстве случаев осуществляют современными синтетическими моющими средствами (СМС), такими как «Лабомид», МЛ, МС, «Темп» и др. Эти препараты представляют собой многокомпонентные смеси химических веществ, которые наряду с другими свойствами обладают пассивирующим эффектом. При пассивации деталей на их поверхности образуется пленка органического происхождения, которая защищает поверхность детали от атмосферной коррозии до 30 дней.

Повышение качества и производительности очистки поверхностей деталей от асфальтосмолянистых отложений достигается использованием растворяюще-эмульгирующих средств типа АМ или «Ритм». Они

удаляют отложения путем их частичного растворения и последующего эмульгирования оставшихся загрязнений. Мойку растворяюще-эмульгирующими средствами применяют преимущественно при многостадийной схеме очистки в качестве промежуточной операции. Ее проводят при умеренных температурах (20...50°C) моющего раствора, что позволяет значительно снизить энергозатраты ремонтных предприятий.

Наибольшую сложность для очистки представляют углеродистые отложения на деталях двигателя внутреннего сгорания. Углеродистые загрязнения в смеси с остатками масел и смазок полимеризуются на поверхности деталей. В результате образуется твердый слой, обладающий высокой адгезионной прочностью с основным металлом. Воздействие на него моющих растворов с добавками ПАВ, как правило, не приводит к желаемому результату. При удалении таких загрязнений необходимо использовать растворы СМС, в которые вводят щелочные и кислотные компоненты. Максимальное моющее действие таких растворов по отношению к углеродистым загрязнениям проявляется при уровне щелочности $pH > 11,5$.

Удаление ржавчины, окалины и оксидных пленок, которые имеют прочные химические связи с основным металлом, осуществляют травлением. Этот вид очистки основан на взаимодействии электролитов с металлами и оксидами, которое сопровождается образованием простых или комплексных ионов. Для кислотного травления деталей, изготовленных из углеродистых сталей, применяют растворы соляной или серной кислот, а азотнокислые растворы используют для травления высоколегированных сталей.

Для удаления старой краски применяют различного рода смывки. Действие смывок основано на том, что они проникают в старую краску, которая в результате разбухает, разрыхляется и отслаивается от поверхности детали (рис. 7.6). В ремонтном производстве используют три вида смывок: СД (сп), СД (об) и АФТ-1, скорость их действия составляет от 5 до 30 минут.

Большое значение при выполнении моечно-очистных работ уделяется сушке деталей, которая в основном производится техническими фенами при давлении воздуха 0,4...0,6 МПа. Этот способ сушки является весьма производительным и широко применяется на ремонтных предприятиях.

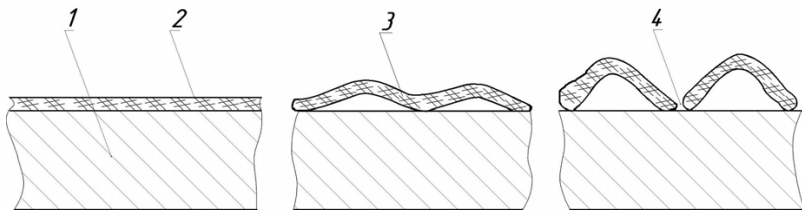


Рис. 7.6. Схема воздействия смывки на старую краску: 1 – деталь; 2 – старая краска; 3 – разбухание и отслаивание старой краски; 4 – нарушение сплошности старой краски

Приемка деталей на восстановление зависит от масштабов ремонтного производства и места выполнения работ. Детали, сдаваемые на восстановление, должны быть очищены от загрязнений до такого состояния, при котором можно провести контроль детали и выявить её дефекты.

Контрольные вопросы

1. Почему качество моечно-очистных работ во многом определяет ресурс восстановленных изделий?
2. Какие критерии используются при оценке качества моечно-очистных работ?
3. От каких факторов зависит качество моечно-очистных работ?
4. Какое технологическое оборудование используется для мойки деталей?
5. Какие дополнительные воздействия на деталь в процессе мойки способствуют повышению моющего эффекта?
6. Какие моющие средства используются для удаления масляных и жировых загрязнений?

7.4. Дефектация и сортировка деталей

В большинстве случаев детали восстанавливают партиями в соответствии с заключением по результатам дефектации. В свою очередь, дефектацию деталей осуществляют в соответствии с таблицами дефектации и техническими требованиями на ремонт машин.

Дефектация производится с целью определения технического состояния детали, т. е. определения величины износа, остаточной деформации детали, целостности поверхности (на предмет наличия задигов,

сколов, трещин и др.), свойств и характеристик поверхности и поверхностного слоя (твердость в первую очередь). Техническое состояние детали определяют путем проведения контроля и различных измерений.

Под измерением понимается определение количественных характеристик объекта, например определение размера, чистоты поверхности, твердости и др. При этом наряду с понятием «измерение» широко применяется понятие «контроль».

Под контролем в широком смысле понимается определение как количественных, так и качественных характеристик, например контроль дефектов наружной поверхности, контроль внутренних пороков металла (трещин, раковин) и др.

Вначале наружным осмотром и простукиванием производят обнаружение трещин, сколов, забоин, задиров, коррозии, питтинга и т. п. Для ремонтников наибольший интерес представляют трещины, тем более если они сквозные. Далее с помощью измерительных инструментов и приборов определяют произошедшие при эксплуатации отклонения линейных и угловых размеров, параметров геометрической формы, взаимного расположения поверхностей (соосность, радиальные биения поверхностей и осевые биения торцов, перпендикулярность и параллельность осей и др.).

Методы контроля, измерительные средства и специальные приспособления выбирают в зависимости от конструктивных особенностей детали, вида дефекта и требований к точности обработки (рис. 7.7).

Технология дефектации предполагает использование различных средств измерения: калибров, мер, эталонов, универсальных измерительных средств, в том числе современных электронных измерительных средств с программным обеспечением (переносные дефектоскопы, толщиномеры, интроскопы, микроскопы, твердомеры), которые позволяют получить высокий уровень результатов дефектации.

Универсальные измерительные устройства обеспечивают измерение величины в пределах определенного интервала значений. В основном универсальные устройства являются шкальными инструментами или приборами и подразделяются на штриховые с нониусом (штангенинструмент), микрометрические, механические, интерференционные, пневматические, электрические и радиоизотопные.

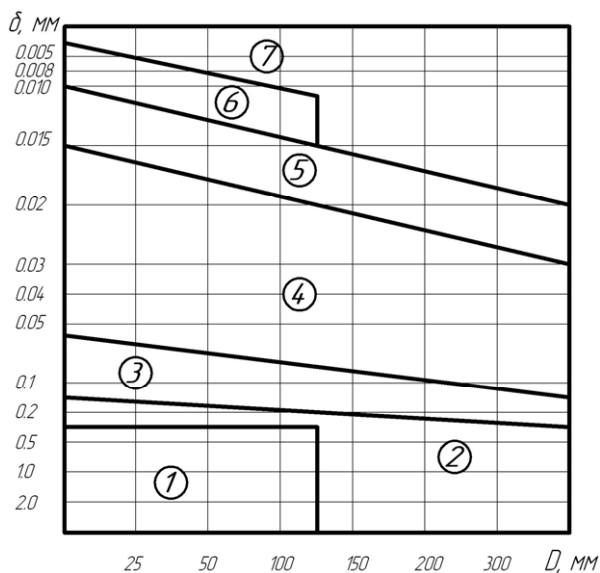


Рис. 7.7. Номограммы для выбора средств измерения и контроля цилиндрических изделий (δ – допуск; D – номинальный размер):
 1 – штангенциркуль с отсчетом 0,1 мм; 2 – штангенциркуль с отсчетом 0,05 мм; 3 – штангенциркуль с отсчетом 0,02 мм; 4 – микрометр без указания класса точности; 5 – микрометр нулевого класса точности; 6 – рычажная скоба; 7 – оптиметр

В зависимости от назначения измерительный инструмент снабжается наконечниками, базирующими элементами, дополнительными передачами, а также дистанционным управлением.

Погрешность измерения, которая может быть получена при применении того или иного инструмента, не должна превышать поля допуска размера детали.

Контрольные операции проводят в хорошо освещенном помещении с температурой 18...20°C. Все измерительные приборы и инструмент должны быть исправными и проверенными службой метрологии, гарантирующей их точность измерения в заданных пределах. Они также должны быть обеспечены инструктивной документацией по правилам пользования.

Линейные размеры деталей чаще всего измеряют обычными универсальными инструментами: штангенциркулями, микрометрами,

нутромерами. Износ шестерен и шлицов контролируют штангензубомерами, микрометрическими нормалемерами, взаимное расположение поверхностей – специальными приборами и приспособлениями с индикаторами часового типа.

При измерении может также использоваться предельный инструмент – калибры. Так, калибром-кольцом и калибром-пробкой проверяют резьбовые части валов и отверстий. Отличием калибров, применяемых в ремонтном производстве, является то, что скобы имеют только один размер (наименьший), а пробки выполняют не круглыми, а ромбовидными. Это продиктовано тем, что при износе диаметр вала всегда уменьшается и требуется контролировать только наименьшее значение диаметра. Износ отверстий может происходить неравномерно, что приводит к их овальности. В этом случае контроль наибольшего размера отверстия производят, вставляя ромбовидную пробку в разных положениях с поворотом вокруг оси.

Для контроля скрытых дефектов – усталостных трещин используют специальные дефектоскопы, различающиеся по принципу действия. Наиболее часто в ремонтном производстве используют магнитопорошковую дефектоскопию. Процедура контроля сводится к намагничиванию детали, напылению на ее поверхность ферромагнитного порошка и его удалению путем естественного ссыпания. Магнитный поток свободно проходит по участкам детали, а при наличии трещины силовые линии вынуждены выходить на поверхность, где начинают удерживать частицы порошка, которые образуют хорошо видимую полосу по длине трещины (рис. 7.8).

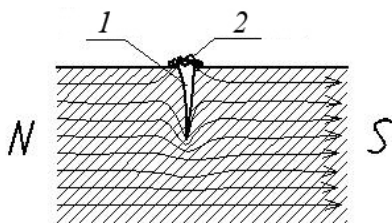


Рис. 7.8. Выявление трещин магнитопорошковым методом:
1 – трещина; 2 – частицы порошка

Ферромагнитный порошок используется также в виде суспензии с керосином или маслом (в пропорции 1:30 по объему порошка и жидкости). Покрытие производят путем опускания детали в суспензию на 1...2 минуты.

Намагничивание детали производится в поле соленоида или пропусканием через деталь импульса тока большой величины (может использоваться источник питания точечной сварки). После контроля деталь следует размагнитить. Для этого деталь помещают в катушку, запитываемую переменным током, и реостатом плавно уменьшают силу тока в катушке до нуля.

Другим распространенным методом дефектоскопии трещин является метод красок. На поверхность детали наносят мелкодисперсную краску (например, красную краску «Судан IV»), которая проникает в трещину. Затем краску с поверхности стирают и наносят на нее силикагель – вещество, хорошо впитывающее краску. Краска силикагелем вытягивается из трещины, и на месте трещины образуется широкая (хорошо наблюдаемая на фоне силикагеля) полоса (рис. 7.9).

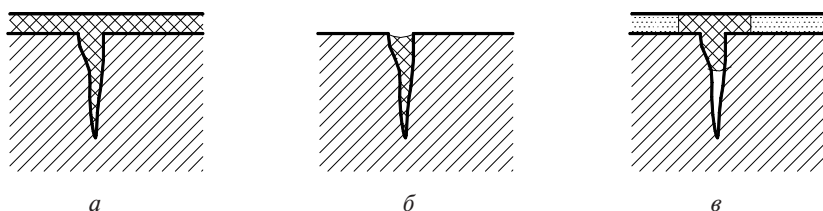


Рис. 7.9. Выявление трещин по методу красок: *а* – нанесение краски; *б* – стирание краски; *в* – напыление силикагеля

Разновидностью этого метода является использование люминесцентных (флуоресцентных) составов. Чаще всего это керосин с добавлением в него особой краски – дефектоля, дающей яркое желтое свечение при ультрафиолетовом освещении ртутно-кварцевой лампой.

Выявление скрытых дефектов ответственных деталей производится ультразвуковыми дефектоскопами, использующими принцип отражения ультразвуковых волн в металле детали от стенок трещин, раковин и других включений. Могут использоваться также токовых-ревые дефектоскопы, содержащие намагничивающую катушку, запитываемую высокочастотным током, и измерительную катушку, в которой наводится электродвижущая сила (ЭДС). Измерительная катушка располагается непосредственно над поверхностью детали, и её электромагнитное поле взаимодействует с электромагнитным

полем вихревых токов, индуцируемых в металле детали. Трещины и другие дефекты металла влияют на условия протекания вихревых токов и, соответственно, изменяют их электромагнитное поле. Для повышения чувствительности метода искаженная вихревыми токами синусоида измеряемого сигнала может раскладываться на гармоники, по амплитуде которых судят о наличии дефектов.

По результатам дефектации детали сортируют на три группы:

- 1) годные, т. е. детали, износ которых лежит в пределах допускаемых величин, не препятствующих их дальнейшему использованию;
- 2) подлежащие восстановлению;
- 3) негодные, т. е. поврежденные детали, которые не подлежат восстановлению и должны быть утилизированы.

Детали, прошедшие дефектацию, метят краской разного цвета, чтобы в дальнейшем они не были перепутаны. Например, годные детали метят белой краской, подлежащие восстановлению – зеленой, негодные (подлежащие утилизации) – красной. Детали раскладывают в разные контейнеры и направляют в соответствии с назначением. Сохранившие свою пригодность отправляются на комплектацию к сборке. Детали, которые приняты к восстановлению, следуют по своему технологическому маршруту с вероятными возвратами из-за брака к операциям ремонтного формообразования.

Контрольные вопросы

1. С какой целью проводится дефектация изношенных деталей?
2. Что понимают под контролем дефектов?
3. От каких факторов зависит выбор измерительных средств?
4. В каком случае используются калибры?
5. Какие методы применяются для контроля скрытых дефектов?
6. На какие три группы сортируют детали после дефектации?

7.5. Механическая обработка в процессах восстановления деталей

Разработка технологии механической обработки восстанавливаемых в ремонтном производстве деталей, включающей выбор способов, инструмента, режимов обработки и т. д., является сложной технологической задачей, от решения которой зависит качество восстановлен-

ных изделий. В свою очередь, качество механической обработки во многом зависит от важного свойства металлов – обрабатываемости. Под обрабатываемостью понимают технологическое свойство материала, определяющее его способность подвергаться резанию.

Механическую обработку при восстановлении деталей можно разделить на предварительную (перед напылением, наплавкой и др.), осуществляемую для получения ремонтной заготовки необходимого качества, и на окончательную (после напыления, наплавки и др.), которая проводится для изготовления из ремонтной заготовки изделия, соответствующего техническим требованиям.

Предварительная механическая обработка проводится для восстановления технологических баз, устранения следов износа, удаления дефектного слоя, придания изношенной детали правильной геометрической формы и, если это требуется, для развития поверхности исходной заготовки под напыление покрытий.

В процессе эксплуатации технологические базы деталей получают различного рода вмятины, сколы, установочные поверхности покрываются окисными пленками, которые не позволяют в дальнейшем использовать их в таком состоянии, следовательно, требуется их восстановление. Этой операции необходимо уделять особое внимание, так как точность и качество восстановленной детали во многом зависят от состояния технологических баз.

Технологическая база – это поверхности, линии, точки, принадлежащие детали, которые позволяют однозначно определить ее положение относительно выбранной системы координат, например относительно обрабатывающего инструмента. Технологические базы обрабатываются с высокой точностью (5...6 квалитет) и чистотой поверхности ($R_a = 0,32$ мкм).

На каждом предприятии существуют свои освоенные способы восстановления технологических баз, зависящие главным образом от наличия технологического оборудования и оснастки.

Установочные поверхности центровых отверстий восстанавливают на токарных, сверлильных, расточных и других станках. В крупносерийном ремонтном производстве для их восстановления используют фрезерно-центровальные станки, которые позволяют одновременно подрезать торцы детали и проводить сверление центровых отверстий.

В мелкосерийном ремонтном производстве восстановление технологических баз (центровых отверстий) цилиндрических деталей преимущественно осуществляют на токарных станках за два установка. В этом случае исходную заготовку устанавливают и закрепляют по черновой технологической базе в трехкулачковом патроне и неподвижном люнете (рис. 7.10). После перезакрепления переход повторяют. В качестве черновой базы используют наружную менее изношенную поверхность. Причем черновую базу применяют только один раз и при последующей обработке ее заменяют обработанными поверхностями – чистой технологической базой.

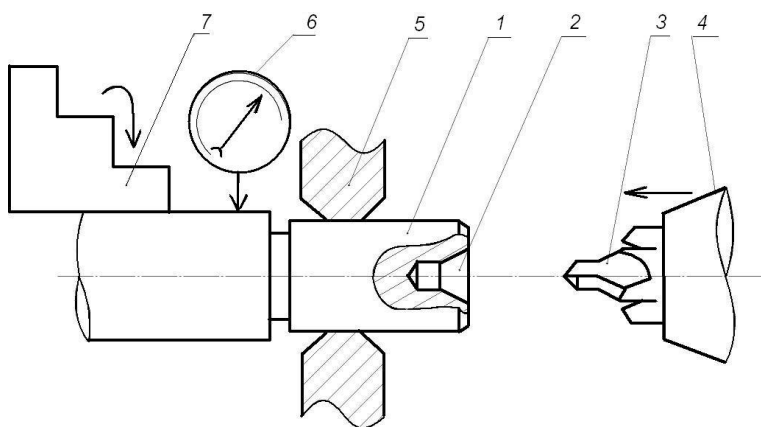


Рис. 7.10. Схема восстановления центрального отверстия вала:
 1 – деталь; 2 – центральное отверстие; 3 – центральное сверло;
 4 – цанговый патрон; 5 – кулачки люнета; 6 – индикатор часового типа;
 7 – кулачки патрона токарного станка

Размеры центровых отверстий, которые используются в качестве технологических баз для основных операций, как правило, унифицированы. Их восстанавливают при помощи центровых сверл.

В зависимости от уровня повреждения центровые отверстия восстанавливают центровым сверлом того же размера, что и имеющиеся отверстия (если повреждения незначительные и надо только зачистить заусенцы и снять окисные пленки), или сверлом на один размер больше (если повреждения более значительные). Для того чтобы обеспечить высокую точность зацентровки (минимальное смещение

центрального отверстия относительно центра поперечного сечения заготовки), исходную заготовку выставляют относительно центрального сверла при помощи люнета и индикатора часового типа. Зацентровку производят с окружной скоростью детали $V = 30...70$ м/мин и продольной подачей центрального сверла $S = 0,06...0,1$ мм/об.

Предварительную механическую обработку с целью удаления следов износа и разупрочненного дефектного слоя, а также придания изношенной детали правильной геометрической формы производят шлифованием и точением.

Шлифование, как правило, применяют при повышенной твердости материала исходной заготовки. Точение используют в тех случаях, когда обработке подлежат материалы с твердостью ниже среднего значения ($HRC\ 30$) и припуск на обработку превышает 0,25 мм на сторону.

Предварительная механическая обработка направлена на достижение удовлетворительного качества исходной заготовки при минимальных затратах на обработку. Поэтому её желательно проводить за один проход. Припуск на предварительную обработку зависит от высоты микронеровностей поверхности исходной заготовки, толщины дефектного слоя, значений погрешности формы и пространственных отклонений заготовки, суммарной погрешности при выполнении операций механической обработки.

Припуск — это слой материала, удаляемый с поверхности заготовки с целью достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности.

Величина припуска обычно дается «на сторону», т. е. указывается толщина слоя, снимаемого на данной поверхности. Иногда для цилиндрических деталей припуск дается «на диаметр», т. е. указывается двойная толщина снимаемого слоя, что должно быть оговорено в технических условиях на механическую обработку.

Чаще всего предварительная механическая обработка проводится более производительным способом — шлифованием (рис. 7.11). Качество и производительность шлифования в основном зависят от правильного выбора характеристик абразивного инструмента и режимов обработки.

В большинстве случаев при шлифовании деталей применяют электрокорундовые абразивные круги с определенным содержанием связующих компонентов. Нормальный электрокорунд марок 13А, 14А, 15А с керамической связкой используют главным образом для

шлифования незакаленных сталей, а белый электрокорунд марок 22А, 23А, 24А – для закаленных углеродистых и легированных сталей.

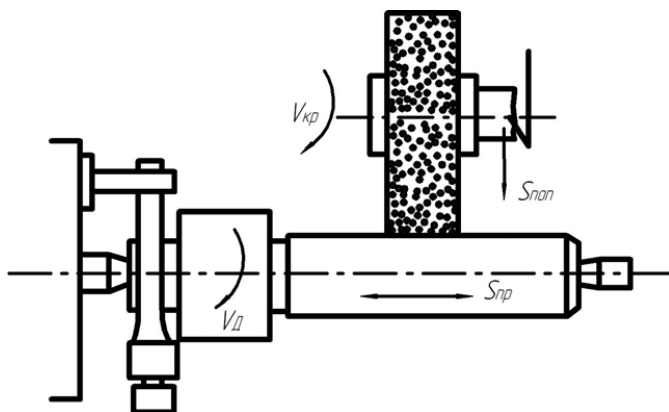


Рис. 7.11.Схема круглого шлифования цилиндрической поверхности

Абразивные круги обладают способностью частично или полностью самозатачиваться. Процесс самозатачивания заключается в выкрашивании изношенных абразивных зерен и обнажении следующего ряда новых зерен абразива.

Абразивные круги в силу особенностей своего строения легко могут быть пропитаны жидкостью, которая проникает в поры под действием капиллярных сил. После сушки кругов смазочно-активные компоненты, входящие в жидкость, в результате действия адгезионных сил надежно удерживаются в порах, превращая круги в самосмазывающиеся инструменты.

При шлифовании деталей пропитанными кругами происходят физико-механические взаимодействия между активными компонентами вещества пропитки и обрабатываемым металлом, которые приводят к созданию на режущих зернах пассивирующих пленок и способствуют уменьшению трения в зоне обработки.

Твердость шлифовального круга во многом определяет качество обработанных поверхностей. Следует понимать, что твердость шлифовального круга характеризует не твердость абразивных зерен, а прочность связки. Если твердость шлифовального круга больше твердости обрабатываемого материала, то шлифовальный круг засалива-

ется. Поэтому твердость круга, определяемая как сопротивление связки выкрашиванию зерен абразива под действием сил резания, должна назначаться в зависимости от твердости обрабатываемого материала. Для шлифования применяются абразивные инструменты различной степени твердости (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Твердость абразивного инструмента

№ п/п	Степень твердости	Обозначение
1	Весьма мягкая	ВМ1, ВМ2
2	Мягкая	М1, М2
3	Среднемягкая	СМ1, СМ2
4	Средняя	С1, С2
5	Среднетвердая	СТ1, СТ2, СТ3
6	Твердая	Т1, Т2
7	Весьма твердая	ВТ1, ВТ2
8	Чрезвычайно твердая	ЧТ1, ЧТ2

Зернистость абразивного круга выбирают в зависимости от свойств обрабатываемого материала и технических требований к параметрам (точности и шероховатости) поверхности. При обработке вязких материалов применяют круги с более крупным зерном, чем при обработке твердых и хрупких материалов. Это делается во избежание процесса засаливания абразивных кругов.

При шлифовании крупнозернистыми кругами достигается высокая производительность, но при этом формируется достаточно большая по высоте шероховатость поверхности. Для уменьшения высоты микронеровностей требуется обработка мелкозернистыми кругами.

Основными факторами, влияющими на выбор режимов обработки, являются материал, форма и размеры обрабатываемой заготовки, жесткость технологической системы, материал режущей части инструмента, точность установки и надежность закрепления заготовки на станке, а также мощность станка.

Развитие поверхности исходной заготовки под напыление, т. е. увеличение высоты микронеровностей, проводят шлифованием крупнозернистыми кругами (с зернистостью 60...100). В результате получают поверхность с шероховатостью $R_a = 25...100$ мкм. Шлифование выпол-

няют с окружной скоростью круга $V_k = 20...30$ м/с, скоростью вращения детали $V_d = 0,2...0,3$ м/с и продольной подачей, которая назначается в долях ширины B шлифовального круга, $S = 0,5...0,7 B$ мм/об (табл. 7.2). При этом расход смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) должен составлять не менее 0,3 л/мин.

Таблица 7.2

Продольные подачи круга на один оборот детали
в долях ширины круга

Обрабатываемый материал	Диаметр обрабатываемой детали, мм	Продольная подача в долях ширины круга
Чугун	до 20	0,3...0,5
Сталь незакаленная	свыше 20	0,85
	до 20	0,3...0,5
Сталь закаленная	свыше 20	0,75
	до 20	0,03...0,5

Следует отметить, что СОЖ облегчают процесс стружкообразования, снижают температуру в зоне обработки, уменьшают трение и интенсивность пластической деформации обрабатываемого материала, что способствует получению менее шероховатой поверхности.

Предварительную механическую обработку исходной заготовки с пониженной твердостью предпочтительнее проводить точением проходными резцами из быстрорежущей стали Р9, Р18, Р6М5, Р6М5К5 или резцами с твердо-сплавными пластинами Т15К6, Т5К10, ВК6, ВК8 (рис. 7.12). С повышением твердости материала заготовки стойкость резцов, оснащенных пластинами твердого сплава, значительно снижается.

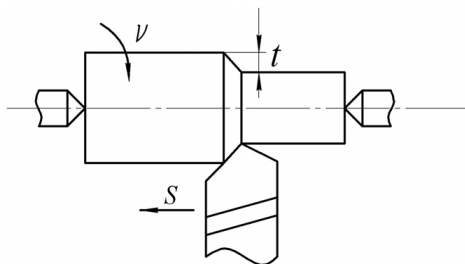


Рис. 7.12. Схема токарной обработки цилиндрической детали

С целью повышения производительности обработки достаточно часто назначают скоростное ($V = 125$ м/мин, $S = 0,3$ мм/об) или силовое ($V = 60$ м/мин, $S = 1,0$ мм/об) точение. Преимущество на стороне скоростного точения, так как заготовки, обработанные этим способом, имеют значительно большую усталостную прочность, чем заготовки после силового резания.

Поверхность под напыление можно развить путем нарезания «рваной» резьбы точением, используя V-образный резец с твердым сплавом Т15К6 или ВК6. Резьбу нарезают без охлаждения при скорости резания $V = 8 \dots 10$ м/мин за один проход резца на глубину $t = 0,6 \dots 0,8$ мм. Шаг резьбы для материалов средней твердости должен составлять $0,9 \dots 1,3$ мм, а для вязких и мягких материалов – $1,1 \dots 1,3$ мм. Для того чтобы не происходило снижение усталостной прочности детали, рекомендуется резьбу на галтелях заготовки не нарезать. Для выхода резца при нарезании резьбы и для устранения выкрашивания покрытия у торца заготовки обычно делают кольцевые канавки, глубина которых должна быть на $0,2 \dots 0,3$ мм больше глубины резьбы. В ряде случаев кольцевые канавки заменяют буртиками шириной $1 \dots 2$ мм, которые получают при проведении предварительного чернового точения. Особенностью нарезания «рваной» резьбы (рис. 7.13) является то, что вершину резца относительно оси вращения детали устанавливают с некоторым эксцентриситетом e , равным $3 \dots 6$ мм, при этом обработку ведут с достаточно большим вылетом резца ($L_g = 50$ мм). Это создает благоприятные условия для возникновения в процессе обработки вибрации, приводящей, в свою очередь, к образованию «рваной» (с зазубринами и заусенцами) резьбы.

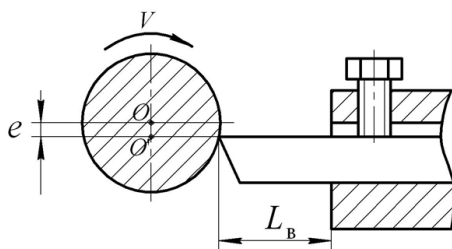


Рис. 7.13. Схема подготовки поверхности под напыление методом нарезания «рваной» резьбы

Ремонтная заготовка, полученная каким-либо из способов восстановления, практически всегда имеет припуск на последующую механическую обработку. Величина этого припуска должна быть достаточной для изготовления качественного изделия, удовлетворяющего установленным требованиям в отношении чистоты поверхности, точности размеров детали при наименьшем расходе материала и наименьшей себестоимости выполняемых технологических операций. Она зависит от ряда факторов, степень влияния которых различна. К числу основных факторов относят следующие: материал восстановленного поверхностного слоя, конфигурация и размеры заготовки, способ ее восстановления, технические условия в отношении механической обработки и требования в отношении показателей качества поверхности готовой детали.

При назначении припуска (особенно на заготовки сложной конфигурации с тонкими покрытиями) следует учитывать, что при нанесении материала на поверхность заготовок различными способами восстановления достаточно трудно получить равномерное по толщине покрытие. К тому же наплавленные детали, как правило, имеют характерную волнистую поверхность с достаточно твердой коркой. Механическая обработка по корке сильно увеличивает размерный износ режущего инструмента. Поэтому для снижения износа и обеспечения нормальной работы режущего инструмента необходимо, чтобы глубина резания была больше толщины корки наплавленного слоя. Исходя из этого требования, на механическую обработку по корке традиционно назначают припуск величиной 1,5...3 мм. Однако при наплавке (например, плазменным способом) тонких покрытий с относительно ровными поверхностями рекомендуется назначать припуск в пределах 0,7...1,5 мм.

Необходимо обратить внимание на тот факт, что чем выше требования, предъявляемые к детали, тем больше должна быть величина припуска. Если, например, по техническим условиям требуется, чтобы поверхность металла была чистой, без каких-либо расслоений, волосовин, черноты, раковин, то припуск необходимо увеличивать для удаления с поверхности металла всех этих дефектов. Также величину припуска требуется увеличивать из-за остаточных деформаций, которые возникают в результате проведения различных видов наплавки и термической обработки. При наличии большого припуска необхо-

димые точность и шероховатость поверхности достигаются многопроходной механической обработкой, включающей в общем случае черновую, получистовую и чистовую обработку. Количество проходов назначают с учетом суммарной погрешности обработки и проявления технологической наследственности. При этом общий припуск перераспределяют между черновой и чистовой обработкой. Рекомендуется на черновую обработку оставлять до 60% суммарного припуска, а на чистовую – до 40%, или же предусматривают 45% на черновую обработку, 30% – на получистовую и 25% – на чистовую.

Черновая обработка позволяет устранить существенные погрешности формы и пространственные отклонения заготовки. Получистовая обработка обеспечивает изготовление детали с размерами в пределах заданных допусков. Чистовой обработкой получают необходимую шероховатость.

Окончательную механическую обработку ремонтных заготовок с металлопокрытиями следует осуществлять только после полной усадки покрытий. Например, обработку металлизационных покрытий рекомендуется проводить не ранее, чем через одни сутки после окончания процесса нанесения покрытий.

Исходя из требований, предъявляемых к чистоте поверхности и точности размеров детали, назначают тот или иной способ механической обработки ремонтной заготовки.

Механическая обработка ремонтных заготовок с наплавленными и напыленными слоями покрытий из износостойких материалов вызывает особую трудность. Такие ремонтные заготовки состоят из вязкой металлической основы и высокотвердых покрытий, обработка которых сопровождается достаточно сильным механическим и термическим воздействием на материал поверхностного слоя. Это воздействие изменяет ряд параметров, характеризующих качество покрытий (например, твердость, остаточные напряжения, структуру, удельный объем материала и др.). Образующиеся при этом большие остаточные напряжения растяжения инициируют процессы трещинообразования в поверхностном слое и снижают адгезионные свойства покрытий. Все это отрицательно сказывается на эксплуатационных свойствах (износостойкости, контактной жесткости, коррозионной стойкости и др.) и долговечности изделий. Поэтому технология механической обработки напыленных,

наплавленных и гальванических покрытий существенно отличается от технологии обработки нормализованных металлов и сплавов.

Черновую токарную обработку твердого напыленного слоя ($HRC > 42$) проводят резцами с твердосплавными пластинами Т15К6, Т5К10 и ВК6, ВК8. Для точения по корке твердых наплавленных слоев рекомендуется применять резцы с пластинами ВК6 и ВК8, так как они лучше выдерживают неравномерные ударные нагрузки и обеспечивают наибольшую стойкость резцов. Однако при устойчивом черновом точении (без ударов) предпочтительнее применять резцы с металлокерамическими пластинами Т15К6 и ЦМ 332. Чистовую токарную обработку проводят резцами с пластинами из твердого сплава ВК6М (с мелкозернистой структурой), ВК6ОМ (с особо мелкозернистой структурой) и с пластинами из поликристаллических материалов, например эльбора-Р, гексаниа-Р. Черновое точение выполняют на пониженных скоростях (меньше на 20...50% по сравнению со значениями скоростей, применяемых при обработке нормализованных сталей) при малой глубине резания и небольшой подаче.

Обязательным условием при черновой обработке напыленного или наплавленного слоя является применение резцов с отрицательными передними углами, обеспечивающими повышенную прочность рабочей части резца при точении по корке. Необходимо отметить, что применение резцов с отрицательными передними углами приемлемо только для обработки достаточно жестких деталей, так как отрицательный передний угол резца увеличивает упругие деформации элементов технологической системы и, как следствие, приводит к возникновению погрешности формы изделий. Для снижения упругих деформаций, особенно при обработке нежестких деталей, следует применять проходные резцы с главным углом в плане ϕ , равным 90° , так как в этом случае радиальная составляющая силы резания, вызывающая изгиб детали, имеет наименьшее значение.

Для определения режима токарной обработки сначала устанавливают глубину резания t , затем определяют допустимую подачу S , после чего рассчитывают скорость резания V . Глубиной резания t называются расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностью.

Глубину резания t и продольную подачу S независимо от вида режущего инструмента стараются выбрать из условия обеспечения

максимальной производительности обработки. Очевидно, что экономически выгоднее работать с возможно меньшим числом проходов и наибольшей подачей. Поэтому стремятся припуск на черновую обработку снять за один проход с максимальной подачей. Однако для такого силового резания необходимы соответствующая мощность станка и жесткость технологической системы. Для установления возможности силового резания проводят предварительный расчет глубины резания t и подачи S по формулам

$$t = c \cdot D^{1/3}; \quad (7.1)$$

$$S = 0,17D^{1/3} + 0,15(t - 2), \quad (7.2)$$

где c – коэффициент, зависящий от материала заготовки, для большинства сталей составляет 0,7; D – номинальный размер детали.

Глубина резания и подача определяют толщину (сечение) среза и, соответственно, силу резания P_z , необходимую для снятия припуска:

$$P_z = c \cdot t \cdot S^{0,75}. \quad (7.3)$$

Сила резания, в свою очередь, определяет мощность резания $N_{рез}$:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot v}{60 \cdot 102}. \quad (7.4)$$

Рассчитанный таким образом режим резания корректируется по мощности станка. Чтобы на станке можно было производить резание (особенно силовое), мощность $N_{рез}$, затрачиваемая на резание, не должна превышать мощности станка N .

Увеличение глубины резания и подачи приводит к увеличению толщины среза (рис. 7.14) и, соответственно, силы резания. Из формулы (7.3) видно, что влияние глубины резания на силу резания больше, чем влияние подачи. При увеличении глубины резания в 2 раза сила резания возрастает вдвое, а при увеличении подачи в 2 раза сила резания возрастает только в 1,68 раза. Это обстоятельство является предпосылкой для повышения производительности обработки за счет увеличения подачи при сохранении неизменной эффективной мощности резания:

$$t_1 \cdot S_1^{0,75} = t_2 \cdot S_2^{0,75}. \quad (7.5)$$

При черновой обработке подачу выбирают по соответствующим нормативам. При этом учитывается, что увеличение подачи приводит к увеличению высоты микронеровностей обрабатываемой поверхности.

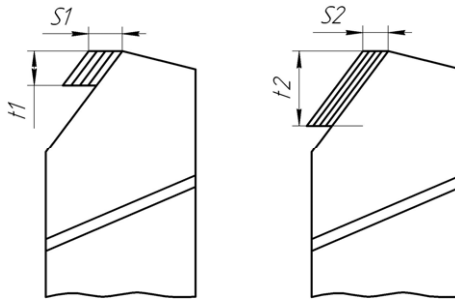


Рис. 7.14. Влияние глубины резания t и подачи S на толщину среза при токарной обработке

Микропрофиль обработанной поверхности представляет собой след режущих кромок инструмента. При обработке проходным резцом теоретическая высота неровностей определяется в виде гребешка (рис. 7.15), образованного двумя соседними следами инструмента, переместившегося за один оборот заготовки на величину подачи S . Высоту неровностей помимо подачи во многом определяет геометрия резца — главный φ и вспомогательный φ_1 углы в плане. Очевидно, что высота неровностей будет снижаться с уменьшением подачи, главного и вспомогательного углов в плане. Поэтому для черновой обработки выбирают возможно большую подачу, для чистовой — возможную, исходя из требований к чистоте поверхности изделия.

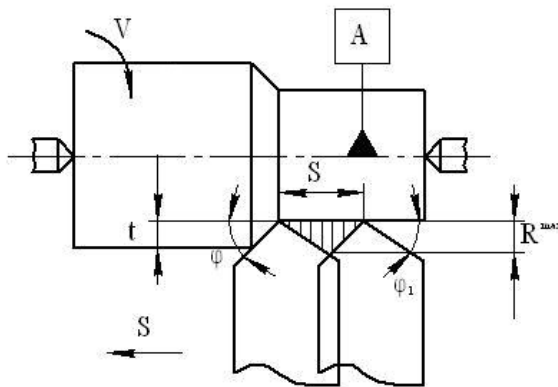


Рис. 7.15. Схема образования шероховатости при токарной обработке

Следует отметить существующие закономерности изменения технологических параметров режима механической обработки при достижении необходимых точностных показателей деталей. Так, от черновой к чистой обработке скорость резания должна возрастать, а подача и глубина резания – уменьшаться. Например, при черновой обработке точением напыленного материала подачу S назначают свыше 1,0 мм/об (при $V = 20...30$ м/мин, $t = 2,0...3,5$ мм), а при получистой обработке – 0,25 мм/об (при $V = 30...50$ м/мин, $t = 0,5...2,0$ мм), при чистой обработке – 0,1 мм/об (при $V = 50...80$ м/мин, $t = 0,1...0,8$ мм), при тонком точении – 0,04 мм/об (при $V = 100...180$ м/мин, $t = 0,05...0,1$ мм).

Глубина резания при условии $S < t$ практически не оказывает влияние на изменение высоты микронеровностей обработанной поверхности. Однако увеличение вязкости обрабатываемого материала приводит к увеличению высоты микронеровностей.

Необходимо отметить, что действительный микропрофиль обработанной поверхности отличается от теоретического тем, что он более шероховат и имеет большую высоту неровностей. Это во многом обусловлено упругим восстановлением материала, происходящим после снятия нагрузки со стороны резца.

Повысить производительность токарной обработки при обеспечении необходимой чистоты обработанной поверхности можно за счет применения специальных резцов для больших подач (проведения силового резания), например резца В.А. Колесова. Особенностью этого резца является наличие двух переходных кромок между главной и вспомогательной режущими кромками (рис. 7.16).

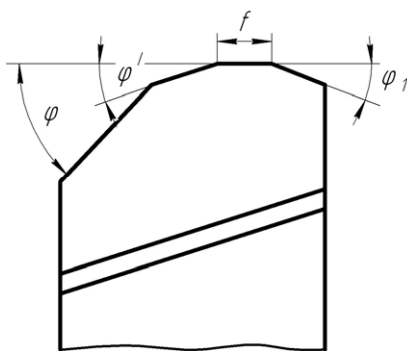


Рис. 7.16. Схема резца В.А. Колесова для силового резания

Такая конструкция резца позволяет увеличить подачу в 2 раза при неизменной шероховатости. В настоящее время широкое применение нашли подобные (с одной промежуточной кромкой) «зачистные» пластины Т-МАХ для точения при больших подачах, выпускаемые фирмой «Сандвик».

Необходимо отметить, что с увеличением толщины среза стойкость режущего инструмента снижается. Стойкость – это продолжительность работы инструмента до допустимой величины износа его режущей кромки, не приводящей к браку деталей.

Скорость резания при токарной обработке определяется в зависимости от стойкости инструмента, глубины резания, подачи и свойств обрабатываемого материала по формуле

$$V = \frac{C_V}{T^m t^x S^y} k_v,$$

где T – стойкость инструмента, зависящая от мощности резания и жесткости технологической системы; C_V, m, x, y – коэффициенты регрессии, зависящие от свойств обрабатываемого материала; k_v – поправочный коэффициент, учитывающий измененные условия обработки, состояние поверхности заготовки и режущей части инструмента.

По скорости резания рассчитывают частоту вращения заготовки

$$n = \frac{1000 V}{\pi d}.$$

По паспортным данным станка определяют ближайшее меньшее значение имеющихся чисел оборотов, которое назначают для обработки.

Черновое точение позволяет обеспечить точность обработки детали по 14 квалитету, при этом достигается шероховатость $R_a = 6,3 \dots 50$ мкм. Получистовое точение дает возможность получить точность обработки в диапазоне от 11 до 13 квалитета и чистоту поверхности $R_a = 1,6 \dots 25$ мкм. Чистовое точение позволяет получить точность размеров детали по 8...10 квалитету и шероховатость $R_a = 0,4 \dots 6,3$ мкм. При высоких требованиях к точности и чистоте поверхности детали проводят тонкое точение, которое обеспечивает точность обработки по 7...8 квалитету и шероховатость R_a в пределах 0,32...1,25 мкм. Прецизионные детали с высокой твердостью ($HRC > 48$) можно доводить до высокой точности размеров (5...6 квалитет) и чистоты поверхности ($R_a = 0,16 \dots 0,32$ мкм) также тонким точением, которое проводят с высокими скоростями $V = 300 \dots 400$ м/мин при малой глубине резания ($t = 0,05 \dots 0,2$ мм) резцами с пластинками ВК6М, ВК6ОМ, эльбор-Р, гексанит-Р. Однако лучше в качестве финишной обработки после получистового точения приме-

нять чистовое шлифование. Оно позволяет получить более высокую точность изделий с малой шероховатостью поверхности.

Для достижения заданной точности разработаны разнообразные технологические методы и средства управления точностью, которые широко используются на практике. При этом наибольшей эффективностью в условиях ремонтного производства обладает метод пробных проходов и промеров.

Сущность метода заключается в получении заданной точности обработки на коротком участке детали путем последовательного проведения пробных проходов и промеров (рис. 7.17).

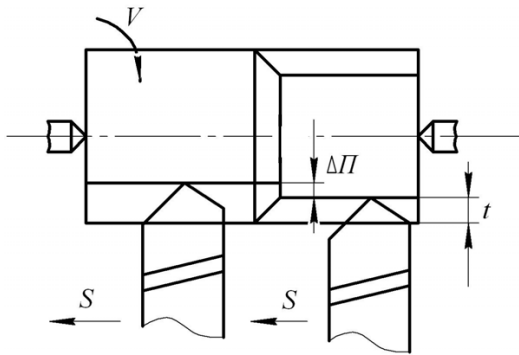


Рис. 7.17. Схема получения заданной точности детали методом пробных проходов и промеров

Более подробно процесс настройки положения резца относительно обрабатываемой заготовки, позволяющего получить необходимую точность, можно описать следующим образом.

Коснувшись вершиной резца вращающейся заготовки, установленной в центрах токарного станка, отводят инструмент (вправо от места касания) за торец заготовки. При помощи нониуса поперечного перемещения суппорта устанавливают глубину резания, включают продольную подачу резца и обрабатывают короткий участок детали. Очевидно, что в результате упругих деформаций системы ДИСП диаметр обработанного участка будет несколько отличаться от номинального размера. После остановки станка при помощи измерительных средств делается пробный замер полученного размера, определяется величина его отклонения от номинального значения и вносится поп-

равка в относительное положение инструмента и детали. После чего делается второй проход, вновь промеряется полученный размер и определяется степень приближения размера заготовки к размеру годной детали. При необходимости вносится новая поправка в положение инструмента, и так процедура обработки и измерения продолжается до тех пор, пока не установится правильное положение инструмента относительно детали, при котором обеспечивается требуемый размер детали. После этого производится обработка по всей поверхности детали. При обработке следующей заготовки вся процедура настройки инструмента повторяется снова.

Метод пробных проходов и промеров имеет следующие достоинства:

- при высокой квалификации рабочего можно получить высокую точность на неточном оборудовании;
- при обработке метод позволяет исключить появление брака из-за износа режущего инструмента;
- при неточной заготовке метод позволяет правильно распределить припуск на обработку и тем самым не допустить появления брака;
- метод освобождает от необходимости изготовления и применения сложных приспособлений типа копиров, кондукторов, поворотных и делительных головок.

Безусловным достоинством метода в условиях ремонтного производства является возможность «спасения» брака заготовки, полученного, например, при восстановлении электрошлаковой наплавкой. В этом случае неполноценную (неточную) заготовку размечают специальными инструментами (чертилкой, штангенрейсмусом и др.), нанося на ее поверхности тонкие линии, которые показывают контур будущей детали (рис. 7.18). При последующей механической обработке рабочий стремится совместить траекторию перемещения режущего лезвия инструмента с линией разметки заготовки, обеспечивая этим получение

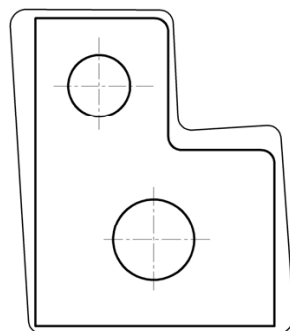


Рис. 7.18. Схема получения изделия заданной точности из бракованной заготовки методом пробных проходов и промеров

требуемых формы и размеров обрабатываемой заготовки. Таким образом удается «выкроить» контур обрабатываемой детали и получить годное изделие.

Вместе с тем метод пробных проходов и промеров имеет ряд серьезных недостатков:

- технологические возможности метода в обеспечении точности обработки ограничиваются минимальной толщиной снимаемого слоя. Рабочий не может внести в размер детали поправку меньше минимальной толщины стружки, в противном случае не будут созданы условия для нормального процесса резания и получится «драная» поверхность;
- применение метода приводит к появлению брака за счет утомления рабочего, от внимания которого в значительной мере зависит точность обработки;
- применение метода связано с низкой производительностью обработки из-за больших затрат времени на пробные проходы и промеры. В результате увеличивается себестоимость продукции;
- метод требует высокой квалификации рабочего.

Перечисленные недостатки ограничивают технологические возможности метода и область его применения.

Шлифование наплавленных и напыленных деталей также необходимо проводить на оптимальных режимах (заниженных по сравнению с режимами, применяемыми при обработке нормализованных сталей), исключая чрезмерный нагрев поверхностного слоя и образование прижогов.

Стойкость абразивных кругов и качество поверхности при шлифовании можно повысить путем снижения удельных нагрузок и температуры в зоне обработки. Для этого назначают щадящие режимы обработки и используют прерывистые абразивные круги, имеющие на рабочей поверхности ряд чередующихся выступов и впадин. Прерывистые абразивные круги можно изготовить из стандартных кругов путем прорезания пазов кругами с более высокой твердостью. При этом длина нарезаемых пазов должна быть примерно в 3 раза меньше длины выступов.

В большинстве случаев напыленные поверхности рекомендуется шлифовать мягкими, среднемягкими и среднетвердыми электроко-

рундовыми кругами на керамической связке с зернистостью 32...50 или мягкими монокорундовыми кругами.

Для обработки ремонтных заготовок, у которых толщина наплавленного слоя достигает 10 мм, эффективно высокоскоростное ($V_k = 60$ м/с) обдирочное шлифование, позволяющее обеспечить большую скорость съема металла при минимальном износе круга. Для обдирочного шлифования используют крупнозернистые электрокорундовые круги на бакелитовой связке.

Шлифование хромированных деталей (например, поршневых пальцев) абразивными кругами является практически единственным способом их механической обработки. При этом припуск на обработку назначают в пределах 15...30% толщины хромового слоя, в качестве обрабатывающего инструмента используют среднемягкие электрокорундовые круги на керамической связке с зернистостью 20...40.

Детали, восстановленные железнением и имеющие по сравнению с хромированными деталями большую толщину покрытия и меньшую поверхностную твердость, могут обрабатываться как шлифованием, так и точением. Скорость резания при черновом точении таких деталей назначают на 10...15% меньше по сравнению со скоростью резания, применяемой при обработке нормализованной стали.

Шлифование наружных цилиндрических поверхностей производят на круглошлифовальных станках (см. рис. 7.11) методом продольного шлифования, для которого характерно равномерное изнашивание круга в процессе работы, минимальное тепловыделение и высокое качество поверхности.

Посадочные поверхности детали, как правило, обрабатывают дважды – черновым и чистовым продольным шлифованием.

Черновое шлифование позволяет получить точность размера по 8...9 качеству, при этом достигается шероховатость R_a в диапазоне 0,4...6,3 мкм. Чистовое шлифование дает возможность получить точность обработки в диапазоне от 6 до 7 качества и чистоту поверхности $R_a = 0,3...3,2$ мкм. И наконец, при необходимости тонким шлифованием можно достичь точности обработки по 5 качеству, получая при этом шероховатость R_a в диапазоне 0,025...0,16 мкм. Тонкое шлифование алмазными кругами осуществляют при особо малой глубине резания $t = 0,03...0,05$ мм.

При назначении операций шлифования и точения необходимо учитывать их себестоимость в зависимости от требуемой точности изделий (рис. 7.19). Кроме того, обработка шлифованием и точением покрытий имеет свои технологические особенности, которые должны приниматься во внимание при достижении эксплуатационных свойств восстанавливаемых деталей. Так, эти виды обработки уменьшают пористость покрытий. Снижение пористости происходит вследствие забивания пор мелкой стружкой, частицами абразива и их завальцовывания под воздействием пластической деформации. При этом интенсивность снижения пористости возрастает по мере затупления инструмента. После шлифования и точения объем впитываемого масла порами снижается практически в 2 раза. Покрытие с пористостью, равной 14,8% от объема осажденного металла, после шлифования имеет пористость 6,4%, а после точения – 10,7%.

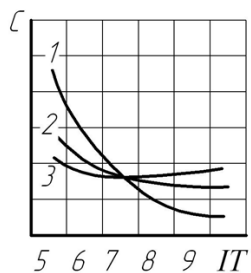


Рис. 7.19. График затрат на обработку в зависимости от требуемой точности деталей: 1 – точение; 2 – чистовое шлифование; 3 – тонкое шлифование

Уменьшение пористости и, следовательно, износостойкости не всегда допустимо, особенно в ответственных узлах, требующих повышенной надежности. Поэтому механическую обработку поверхностей трения, где требуется получить износостойкое пористое покрытие, проводят на пониженных режимах, не вызывающих пластическую деформацию поверхностного слоя. Токарная обработка таких поверхностей ведется с подачей S ниже 0,1 мм/об, скоростью резания V в интервале 50...100 м/мин и глубиной резания t не выше 0,2 мм. Наоборот, токарную обработку посадочных поверхностей, где требуется получить малопористое покрытие, проводят на жестких режимах с повышенными подачами ($S = 0,2...0,3$ мм/об), глубиной резания ($t = 0,2...0,8$ мм) и пониженными скоростями резания ($V = 25...30$ м/мин).

Механической обработке посадочных поверхностей детали должно уделяться особое внимание, так как от точности их обработки во многом зависит качество сборки объекта ремонта. Диаметральные размеры посадочных шеек изготавливают по 6...7 качеству с шерохо-

ватостью поверхности $R_a = 0,16...0,63$ мкм, допуски на длину ступеней вала назначают в пределах $0,1...0,4$ мм.

Допуск на погрешности формы посадочных поверхностей, т. е. на отклонение от круглости, цилиндричности, прямолинейности, назначают в долях допуска на диаметральный размер $\delta = \beta \cdot T_i$, где δ — допуск на погрешности формы; β — доля допуска на диаметральный размер; T_i — допуск на диаметральный размер. Для точных цилиндрических деталей доля допуска на диаметральный размер β в большинстве случаев составляет $0,3$.

Допустимые радиальные биения посадочных поверхностей относительно технологической базы и соосность поверхностей не должны превышать $0,01...0,03$ мм.

Механическую обработку тонких металлизационных покрытий проводят на пониженных режимах, не вызывающих значительную пластическую деформацию поверхностного слоя. В этом случае механическая обработка одновременно выступает в качестве контрольной операции. Если в процессе обработки не произошло разрушение и отслаивание покрытия, то прочность его сцепления с основным металлом считается удовлетворительной.

При шлифовании кроме абразивных используют алмазные круги, т. е. круги из синтетических сверхтвердых материалов (синтетический алмаз, эльбор, баразон). В основном они применяются для финишной обработки гальванических и металлизационных покрытий. Алмазные круги имеют стойкость, в десятки раз превышающую стойкость абразивных кругов, а это позволяет обеспечить большую производительность, высокую точность обработки и чистоту поверхности.

Заключительным этапом механической обработки является отделочная или отделочно-упрочняющая технологическая операция. Последняя направлена на получение высокой чистоты поверхности, а также необходимых параметров твердости и остаточных напряжений. В качестве отделочной операции могут применяться, например, полирование абразивными и алмазными лентами, магнитоабразивная обработка, хонингование, суперфиниширование и др., а в качестве отделочно-упрочняющей операции — безабразивная ультразвуковая обработка, алмазное выглаживание, обкатывание роликами и шарами и т. д.

Полирование абразивными и алмазными лентами относится к высокопроизводительным методам финишной обработки. Оно позволяет получить наиболее рациональные характеристики шероховатости при высоте микронеровностей $R_a = 0,1 \dots 0,3$ мкм. Однако полирование практически не исправляет погрешности формы, отклонения взаимного расположения поверхностей и не повышает точность размеров, которая была достигнута после предыдущей обработки.

Обработка производится движущейся с большой скоростью лентой, покрытой абразивными или алмазными зёрнами и натянутой между тремя шкивами, один из которых является ведущим (рис. 7.20).

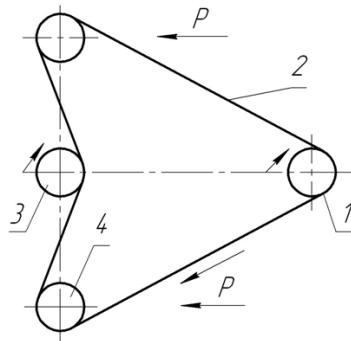


Рис. 7.20. Схема полирования абразивными и алмазными лентами:
1 – шкив электродвигателя; 2 – абразивная лента; 3 – обрабатываемая деталь

В настоящее время при финишной обработке главным образом применяется лента с абразивным покрытием. Абразивные зёрна, используемые при полировании, отличаются от зёрен, используемых при шлифовании, тем, что они более округлые и мягкие, и это позволяет сглаживать микровыступы обрабатываемой поверхности, не производя глубоких царапин. Зернистость ленты определяется требованием, предъявляемым к шероховатости поверхности изделия, которую необходимо получить.

При полировании кроме абразивных применяются алмазные эластичные ленты на каучукодержащих связках, которые наряду с улучшением характеристик шероховатости приводят к повышению микротвердости тонких поверхностных слоев детали (2...3 мкм).

Следует отметить, что высокая эластичность и упругость лент позволяют обрабатывать сложные криволинейные поверхности. Например, такими лентами полируют шейки коленчатого вала. Полирование шеек способствует созданию условий для жидкостного трения шеек коленчатого вала при работе двигателя. В отличие от шлифованных полированные поверхности не создают в масляном слое дополнительные турбулентности, не способствуют разогреву масла, снижению его вязкости и гидropодъемной силы, приводящих к уменьшению толщины масляной пленки.

Полирование может производиться специальными абразивными лентами из шлифовальной шкурки или специальными абразивными пастами, натираемыми на войлочные ленты или круги.

Магнитоабразивная обработка также является эффективным способом финишной обработки цилиндрических деталей. Сущность этого способа заключается в том, что цилиндрическую деталь помещают между двумя сердечниками электромагнитов с некоторым зазором. При прохождении через электромагниты пульсирующего (выпрямленного) тока в сердечниках наводится электромагнитный поток, который пронизывает деталь в диаметральной направлении. В зазоры между деталью и сердечниками подается твердый ферромагнитный порошок (например, ферробор), зерна которого, удерживаемые в зазорах силами электромагнитного поля, производят микрошлифование обрабатываемой поверхности. За счет силы трения в местах контакта зерна несколько смещаются в направлении вращения детали и пересекают магнитные линии, в результате чего возникает дополнительная электродвижущая сила, которая, в свою очередь, порождает микротоки. Эти микротоки интенсифицируют процесс съема металла и улучшают физико-механические свойства поверхностного слоя детали.

Отличительной особенностью процесса магнитоабразивного микрошлифования является то, что во время обработки зерна порошка контактируют преимущественно с выступами микронеровностей поверхности, которые являются концентраторами магнитного поля. Это приводит к избирательному микрорезанию металла до тех пор, пока не удалится верхний слой, равный по высоте исходной шероховатости. В результате формируется новый микропрофиль, дающий высокое качество поверхности изделия.

Основным технологическим параметром режима магнитоабразивного микрошлифования является время обработки. Так, детали из инструментальной стали (HRC 56...58), предварительно обработанные шлифованием до шероховатости поверхности $R_a = 1,6$ мкм, после магнитоабразивной обработки, проводившейся в течение 120 с, имели поверхность с шероховатостью $R_a = 0,04$ мкм. На качество поверхности также влияют ферромагнитные свойства обрабатываемого материала, вид, размеры порошка и состав СОЖ, которая в большей мере выступает в качестве носителя поверхностно-активных веществ.

Суперфиниширование – один из наиболее эффективных видов отделочной обработки рабочих поверхностей таких деталей, как коленчатые и распределительные валы, поршни, поршневые пальцы и др. Оно снижает шероховатость R_a до 0,02...0,16 мкм и повышает точность примерно на один квалитет. Припуск на обработку обычно составляет 5...20 мкм при исходной шероховатости $R_a = 0,63...1,25$ мкм шлифованных поверхностей по 5 квалитету точности.

Суперфиниширование – это доводка, осуществляемая абразивными брусками, которые совершают колебательные движения при взаимодействии с вращающейся заготовкой (рис. 7.21).

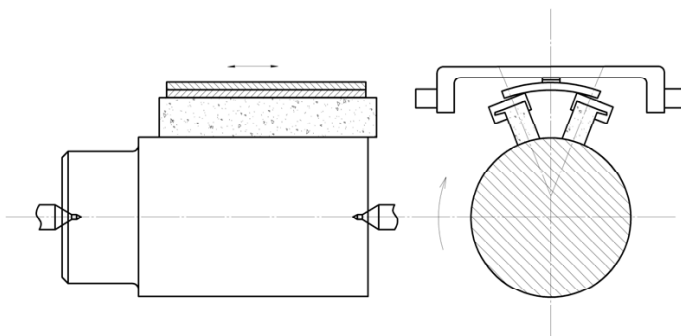


Рис. 7.21. Схема процесса суперфиниширования наружных поверхностей цилиндрических деталей

На производительность процесса суперфиниширования и качество обработанной поверхности влияют удельное давление на бруски, скорости колебательного и вращательного движений, высота исходной шероховатости, характеристики абразивных брусков и состав СОЖ.

Суперфиниширование проводится брусками из электрокорунда белого 24А, 25А, карбида кремния зеленого 63С, 64С и алмаза синтетического АС. При обработке закаленных сталей используются все перечисленные материалы, при обработке вязких, пластичных материалов применяются бруски из карбида кремния и алмаза синтетического.

В зависимости от требований, предъявляемых к шероховатости обработанной поверхности, суперфиниширование может быть одно-, двух- или трехкратным.

Притирка – это доводка поверхностей деталей с помощью специальных притиров. Целью притирки является обеспечение плотного контакта сопрягаемых поверхностей за счет идентичности их геометрии в зоне контакта. Материалом притира обычно является чугун. Структура чугуна способствует внедрению в поверхность притира абразивных зерен, которые срезают тонкие слои металла с поверхностей обрабатываемых деталей. Притиры изготавливают по принципу цанговых зажимов, что обеспечивает по мере необходимости изменение их размеров. Внутреннюю поверхность изделия обрабатывают притиром, вдвигаемым внутрь, а наружную – притиром, надвигаемым на поверхность. Обрабатываемая деталь вращается станком, а притир обычно вручную перемещают возвратно-поступательно. При окончательной притирке достигается высокая чистота поверхности ($R_a = 0,02$ мкм).

Разновидностью притирки является взаимная притирка двух деталей, когда одновременно и совместно обрабатываются поверхности, функционирующие в изделии в паре. В ремонтном производстве таким образом притирают, например, клапаны к гнездам газораспределительного механизма двигателей внутреннего сгорания. Обработка происходит при относительном возвратно-вращательном или поступательном движении притираемых деталей. В зону обработки подают абразивные зерна (электрокорунд, карбид кремния, алмазную пасту и т. п.) вместе с минеральным маслом или другой средой, транспортирующей абразив в зону притирки. Чтобы следы резания не налагались друг на друга, необходимо каждый последующий ход притирки начинать с нового относительного положения. О качестве притирки судят визуально по образующимся следам притирки на сопрягаемых поверхностях и по результатам испытаний на герметичность сопряжения притертых деталей.

Специфическим вариантом притирки является обработка прецизионных сопряжений плунжерных пар насосов высокого давления дизеля, золотниковых гидрораспределителей и т. п. В ремонтном производстве восстановление таких плунжерных пар производят обезличенным методом, при котором новые пары образуются из раскомплектованных плунжеров и гильз путем их подгонки с помощью притиров и абразивных паст.

Хонингование (притирочное шлифование) применяют для финишной обработки высокоточных отверстий после их предварительной обработки растачиванием. После хонингования на обработанной поверхности образуется сетка от пересечения следов резания, оставленных абразивными или алмазными зернами брусков при движении в разных направлениях. Для хонингования стали применяют бруски из электрокорунда; для чугуна – из карбида кремния и синтетического алмаза. Бруски изготавливаются на керамической и бакелитовой связках. Твердость брусков выбирается в зависимости от твердости обрабатываемого материала: чем выше его твердость, тем мягче должны быть бруски. Так, при обработке закаленной стали твердость брусков выбирают от М2 до СМ1; при обработке незакаленной стали и чугуна – от СМ2 до С2 и алюминия – от М3 до СМ2.

Отличительной особенностью процесса хонингования по сравнению со шлифованием является большая площадь контакта абразивных или алмазных брусков с обрабатываемой поверхностью. Поэтому новые бруски некоторое время прирабатывают на бракованных гильзах, используя при этом специальную приработочную абразивную смесь.

Хонингование гильз цилиндров выполняют алмазными брусками на вертикально-хонинговальных станках (рис. 7.22). Обработку проводят по схеме плавающего хона, при которой

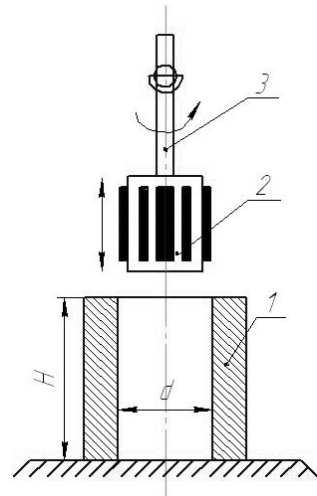


Рис. 7.22. Схема хонингования внутренних поверхностей цилиндрических деталей:
1 – обрабатываемая деталь;
2 – хонинговальная головка;
3 – шпиндель

шарнирно соединенная со шпинделем станка хонинговальная головка не требует особо точного совмещения с осью обрабатываемого отверстия. Хонингование должно сопровождаться обильным жидкостным охлаждением зоны обработки. В качестве СОЖ используют смесь керосина с машинным маслом и водно-мыльные эмульсии. Жидкости способствуют удалению из зоны резания абразивных частиц, металлической стружки и пыли, а также служат очищению обрабатываемой поверхности и инструмента.

В зависимости от требований, предъявляемых к точности и чистоте обработанной поверхности, хонингование может быть одно-, двух- или трехкратным. При черновом хонинговании, при котором точность обработки обеспечивается по 8...9 качеству с чистотой поверхности $R_a = 1,25...2,5$ мкм, припуск на обработку составляет 0,06...0,08 мм; при получистовом хонинговании, при котором точность обработки обеспечивается по 7...8 качеству с чистотой поверхности $R_a = 0,63...1,25$ мкм, припуск на обработку – 0,01...0,02 мм; при чистовом хонинговании, при котором точность обработки обеспечивается по 5...6 качеству с чистотой поверхности $R_a = 0,04...0,16$ мкм, припуск на обработку – 0,006...0,01 мм. Машинное время при двукратном хонинговании при снятии общего припуска 0,05 мм составляет в среднем 6 минут.

Для получения особого рельефа обрабатываемой поверхности, повышающего износостойкость и долговечность гильз, проводят плосковершинное хонингование, которое осуществляется в два этапа с использованием брусков разной зернистости.

В процессе хонингования на зеркало гильзы цилиндра могут быть нанесены приработочные покрытия, которые практически в 2 раза могут сократить длительность приработки поверхностей деталей.

В настоящее время для повышения износостойкости поверхностей деталей, работающих главным образом в условиях трения скольжения, получила распространение *финишная антифрикционная безабразивная обработка* (ФАБО). ФАБО проводится после чистовой механической обработки и после активации рабочей поверхности детали. Активация поверхности проводится химико-механическим способом, т. е. химическим воздействием активизирующим раствором (например, водным раствором соляной кислоты) с одновременным механическим удалением окисных пленок, например, щетками.

Сущность этого способа заключается в нанесении на рабочую поверхность тонкого слоя покрытия за счет трения о деталь стержня, изготовленного из антифрикционного материала (рис. 7.23). При трении происходит сцепление наносимого материала с основным металлом, которое обусловлено в основном межмолекулярным взаимодействием и металлической связью.

В качестве антифрикционных материалов применяют сплавы на свинцовой, оловянной, цинковой, алюминиевой и медной основе, а также композиции металл-пластмасса (например, пористая бронза, поры которой заполнены фторопластом). Приработочные покрытия обладают высокой пластичностью, прирабатываемостью и низким коэффициентом трения. Антифрикционный материал для ФАБО выбирают в зависимости от параметров режима трения. Так, сплавы на медной основе (бронзы, латуни) предназначены для поверхностей, функционирующих в условиях высоких удельных давлений, скоростей скольжения и рабочих температур.

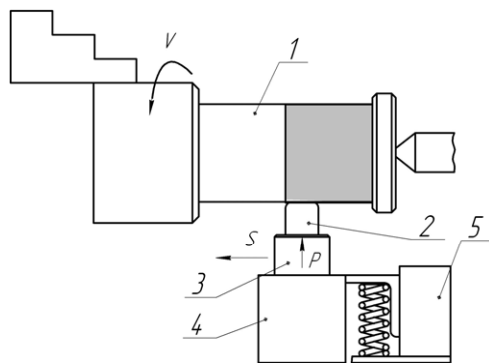


Рис. 7.23. Схема финишной антифрикционной безабразивной обработки цилиндрической поверхности: 1 — обрабатываемая деталь; 2 — наносимый материал; 3 — шпиндель; 4 — электродвигатель; 5 — прижимное устройство

Антифрикционное покрытие из бронзы толщиной в пределах 2...5 мкм повышает износостойкость рабочей поверхности детали в среднем в 2 раза.

Ультразвуковая обработка, применяемая в качестве отделочно-упрочняющей операции после механической обработки резанием, позволяет получить высокое качество рабочих поверхностей. Она осо-

бенно эффективна при обработке нежестких и тонкостенных деталей, так как практически не вызывает деформации системы ДИСП.

При обработке выглаживанием ультразвуковые колебания, создаваемые колебательной системой (генератором, магнитострикционным или пьезоэлектрическим преобразователем, концентратором), передаются через волновод на алмазный индентор и обеспечивают ему импульсивный характер воздействия на обрабатываемую поверхность (рис. 7.24). Такое воздействие деформирующего инструмента на поверхностный слой деталей при ультразвуковом выглаживании дает возможность кардинально повысить его прочность как за счет увеличения твердости, так и за счет формирования остаточных напряжений сжатия. Происходит это главным образом за счет резкого увеличения (по сравнению с алмазным выглаживанием) интенсивности пластической деформации, обусловленного динамической составляющей усилия деформирования при значительно меньшей статической силе ($P = 50 \dots 200 \text{ Н}$) со стороны инструмента. При ультразвуковой обработке частота колебаний составляет $20 \dots 40 \text{ кГц}$, амплитуда колебательных смещений индентора равна $10 \dots 20 \text{ мкм}$.

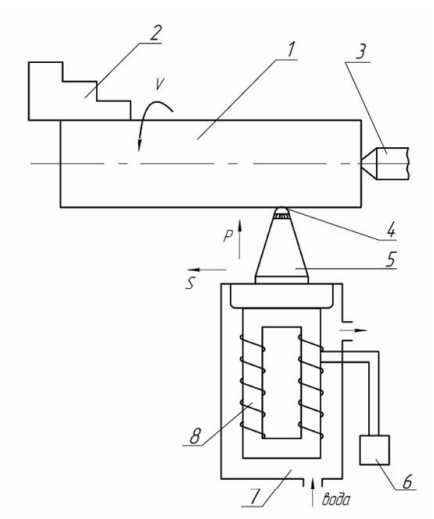


Рис. 7.24. Схема отделочно-упрочняющей ультразвуковой обработки:
1 – обрабатываемая деталь; 2 – кулачки патрона; 3 – задний центр токарного станка; 4 – индентор; 5 – концентратор; 6 – ультразвуковой генератор;
7 – система охлаждения; 8 – магнитострикционный преобразователь

В результате ультразвуковой обработки микротвердость поверхностного слоя закаленных сталей увеличивается на 50...71%, а чистота поверхности не уступает полированным деталям ($R_a = 0,1...0,3$ мкм).

Ультразвуковую обработку также применяют для прошивания отверстий, долбления полостей, отделки рабочих поверхностей зубьев прямозубых колес с эвольвентным профилем, дорнования и других видов обработки деталей, изготовленных из твердых и хрупких материалов.

В заключение раздела необходимо обратить внимание на то, что для получения качественных изделий при их восстановлении следует использовать оптимальное сочетание технологических операций механической и термической обработки.

Контрольные вопросы

1. С какой целью проводится предварительная механическая обработка при восстановлении деталей?
2. Как восстанавливают технологические базы изношенных деталей?
3. В каких случаях применяют точение и шлифование при восстановлении деталей?
4. Как осуществляют нарезание рваной резьбы на поверхности исходной заготовки?
5. В какой последовательности определяют параметры режима токарной обработки ремонтных заготовок?
6. Какие методы отделочной обработки поверхностей восстанавливаемых деталей вы знаете?

7.6. Термическая и химико-термическая обработка в процессах восстановления деталей

Термическая и химико-термическая обработка в процессах восстановления деталей представляет собой совокупность операций нагрева с заданной скоростью, требуемой выдержки и последующего охлаждения с регламентированной скоростью для достижения заданных структуры и свойств материала ремонтной заготовки.

Для получения при восстановлении высококачественных деталей ремонтные предприятия должны располагать возможностью проведения всех видов термической обработки.

Термическая обработка занимает достаточно большое место в технологических процессах восстановления деталей (см. раздел 6.3). Она применяется перед механической обработкой, перед и в процессе сварки, перед и после нанесения покрытий наплавкой или напылением, перед окончательной механической обработкой и др.

Термическая обработка во многих случаях используется для снятия в деталях остаточных напряжений, которые приводят к возникновению трещин, снижению прочности сцепления покрытия с основным материалом, деформационному изнашиванию (короблению) изделий. Кроме освобождения изделия от остаточных напряжений термическая обработка преследует и другие цели, связанные с повышением прочностных свойств металла, улучшением обрабатываемости материала резанием и др.:

- получение равновесной мелкозернистой структуры перекристаллизации металла;
- выравнивание структуры металла в нанесенном покрытии и по объему детали в целом путем нагрева всей детали до определенной температуры;
- выравнивание химического состава металла методом диффузии;
- придание нанесенному и основному металлу нужной структуры и необходимых механических свойств.

При восстановлении деталей машин наплавкой и напылением на различных этапах технологических процессов требуется обеспечение нужной структуры и свойств нанесенного и основного металла. Делается это с помощью основных видов термической обработки: отжиг, отпуск, закалка, нормализация и обработка холодом.

Отжиг — вид термической обработки, который включает нагрев стальной детали и выдержку при определенной температуре ниже точки протекания структурных превращений, а также последующее медленное охлаждение (обычно вместе с печью).

Отжиг проводят для устранения образующихся при наплавке закалочных структур и получения более равновесных (устойчивых) структур, снижения твердости, увеличения пластичности и вязкости, снятия остаточных напряжений, улучшения обрабатываемости материала резанием или давлением. На практике применяют следующие

виды отжига: полный, неполный, диффузионный, рекристаллизационный и отжиг для снятия остаточных напряжений.

Отпуск – вид термической обработки, который включает нагрев стальной детали до температуры превращения неравновесных структур в более равновесные, выдержку и последующее медленное охлаждение.

Отпуск в основном применяют в сочетании с нормализацией или закалкой для получения требуемых механических свойств путем равномерного снижения твердости и хрупкости, освобождения изделия от остаточных напряжений, повышения обрабатываемости наплавленного металла резанием, а также для повышения вязкости закаленной стали.

При отпуске закаленных сталей в результате нагрева происходит переход от более твердых, но менее устойчивых структур к менее твердым, но более устойчивым структурам. В зависимости от температуры нагрева различают следующие виды отпуска: низкий, средний и высокий.

Низкий отпуск заключается в нагреве закаленных стальных деталей до температуры 150...250°C, непродолжительной выдержке (30...90 мин) при этой температуре и последующем охлаждении деталей в машинном масле или на воздухе. При этом в структуре стали остается мартенсит с измененной кристаллической решеткой. После низкого отпуска твердость поверхности практически не изменяется, но зато уменьшаются остаточные закалочные напряжения и несколько повышается вязкость. Этот вид отпуска применяется для снятия остаточных напряжений у деталей, подвергнутых цементации и поверхностной закалке.

Средний отпуск состоит в нагреве закаленных стальных деталей до температуры 300...500°C, выдержке при этой температуре и последующем охлаждении. В структуре стали, обработанной при этих температурах, содержится в основном троостит отпуска. Детали приобретают упругие свойства при сохранении высокой прочности. Такому виду отпуска подвергают пружины, рессоры, мембраны и др.

Высокий отпуск включает нагрев закаленных стальных деталей до температуры 500...650°C, выдержку при этой температуре и охлаждение с любой скоростью для получения структуры сорбита отпуска. После этого отпуска детали приобретают повышенную ударную вязкость, пластичность, но несколько пониженную твердость поверхности. Вы-

сокому отпуску подвергают в основном все ответственные детали машин и механизмов (например, валы, оси, зубчатые колеса и др.).

Закалка – самый распространенный вид упрочнения термической обработкой, который включает нагрев стальных деталей до температуры аустенизации (при этой температуре исходная феррито-перлитная структура сталей превращается в аустенит), выдержку при этой температуре и последующее быстрое охлаждение с целью получения неравновесной структуры мартенсита, которая характеризуется высокой твердостью и пониженной вязкостью.

Мартенсит – основная структурная составляющая закаленной стали, представляющая собой перенасыщенный твердый раствор углерода в железе. В большинстве случаев стремятся получить именно эту структуру, так как сталь, закаленная на мартенсит, обладает высокой твердостью ($HRC_{\text{с}}$ 52...66), повышенной прочностью и износостойкостью.

Закалке подвергают практически все детали машин и механизмов. Эффективность закалки во многом зависит от важного свойства металлов – закаливаемости. Под закаливаемостью понимают способность сталей к повышению твердости в результате закалки. Закаленные стали имеют повышенные значения прочности, твердости и предела упругости, но при этом пониженные значения пластичности и вязкости.

Способ закалки выбирают в зависимости от марки стали, формы и размеров изделий, а также от технических требований, предъявляемых к этим изделиям.

По способу нагрева различают объемную закалку в электропечи и способы поверхностной закалки: в электролите, контактным электронагревом, токами высокой частоты, газовым пламенем (обычно прямым нагревом детали ацетиленокислородным пламенем), а по способу охлаждения – закалку в воде, масле, солях и на воздухе.

Скорость охлаждения стальных деталей, нагретых до температуры закалки, во многом зависит от состава и свойств охлаждающих сред и обуславливает степень упрочнения металла при проведении термической обработки.

Вода по сравнению с машинным маслом охлаждает сталь примерно в 6 раз быстрее при температуре нагрева 550...650°C и в 28 раз быстрее при температуре нагрева 200°C. Однако высокая скорость охлаждения в воде в области температур мартенситного превращения

является причиной образования поверхностных трещин и больших остаточных напряжений и деформаций деталей. Добавление к воде поваренной соли, щелочей и соды вызывает значительное увеличение ее охлаждающей способности и делает охлаждение более равномерным. Это позволяет применять воду для охлаждения углеродистых сталей, которым свойственна большая критическая скорость закалки, а масло – для охлаждения легированных сталей, имеющих малую критическую скорость закалки.

Преимущество масла как охлаждающей среды заключается в том, что оно обеспечивает небольшую скорость охлаждения в области температур мартенситного превращения, что снижает опасность образования трещин и коробления деталей. Недостатками машинного масла является легкая воспламеняемость, потеря жидкотекучести с течением времени и пригорание к поверхности изделий.

Для предотвращения образования трещин и значительного коробления деталей при получении высокой твердости ($HRC_{\text{с}}$ 46...56) применяют изотермическую закалку, которая заключается в быстром переохлаждении нагретой до аустенитного состояния стальной детали путем погружения в соляную ванну, имеющую температуру 200...350°C (температура, соответствующая наибольшей скорости мартенситного превращения), выдержке при этой температуре и дальнейшем охлаждении на воздухе до температуры 18...20°C. При указанных режимах охлаждения превращение аустенита в мартенсит идет совместно с процессом отпуска, что позволяет снизить уровень остаточных напряжений.

Закалка ТВЧ является наиболее распространенным и высокопроизводительным способом поверхностной закалки. Она позволяет получить требуемые свойства закаленного слоя и сердцевины при благоприятном характере переходной зоны. Передача электрического тока без соприкосновения с обрабатываемой деталью позволяет получить после закалки чистую, без окалины поверхность изделия.

При закалке ТВЧ деталь или участок детали, который необходимо закалить, помещают в индуктор, изготовленный из медной трубки, в которую подается охлаждающая вода. К индуктору через трансформатор от специального генератора подводится ток высокой частоты (8...500 кГц). Внутри индуктора возникает переменное магнитное поле, индуцирующее на поверхности детали электродвижущую силу,

под действием которой в металле возникают электрические вихревые токи. Эти токи и вызывают нагрев поверхности детали до высокой температуры в течение нескольких секунд. Достаточно часто в качестве охлаждающей среды при поверхностной закалке применяют водовоздушную смесь, подаваемую под давлением около 0,3 МПа. После закалки детали подвергают низкому отпуску для снятия остаточных напряжений. Толщина закаленного слоя может составлять 1,0...10 мм, причем её можно регулировать путем изменения частоты тока.

Закалка ТВЧ применима как для цилиндрических, так и для плоских деталей, работающих при трении скольжения или качения, а также в условиях динамического нагружения. Для таких деталей необходимы высокая твердость и износостойкость поверхностного слоя, а их сердцевина должна быть вязкой и иметь повышенную усталостную прочность. Способ закалки ТВЧ является весьма эффективным и высокоэкономичным в условиях серийного и массового производства, т. е. когда закалочная установка загружена полностью.

В закаленных сталях наряду с мартенситом всегда присутствует остаточный аустенит, поскольку мартенситное превращение никогда не происходит полностью.

В большинстве случаев наличие остаточного аустенита в стали нежелательно, поскольку оно приводит к снижению твердости и износостойкости. Устранение остаточного аустенита достигается *обработкой холодом*. Эта обработка представляет собой дополнительное охлаждение закаленных изделий из стали, в структуре которой имеется остаточный аустенит, до температуры -80°C с целью более полного превращения остаточного аустенита в мартенсит.

Обработка холодом целесообразна только для сталей, у которых температура окончания процесса мартенситного превращения ниже $18...20^{\circ}\text{C}$.

Закалку вместе с последующим высоким отпуском называют улучшением стальных деталей. Улучшению подвергаются углеродистые и легированные стали, так называемые улучшаемые стали. Стали после улучшения приобретают однородную дисперсную структуру сорбита, обладающую достаточной прочностью, высокой пластичностью и вязкостью.

Нормализация – вид термической обработки, заключающийся в нагреве стальных деталей до температур аустенитного состояния (примерно до 750...950°С), выдержке и последующем охлаждении на воздухе.

Нормализация, вызывающая перекристаллизацию металла, проводится с целью повышения прочности, пластичности и вязкости. В результате проведения нормализации в деталях происходит снижение и выравнивание остаточных напряжений, а также улучшение структуры. Нормализованные углеродистые и низколегированные стали содержат однородную мелкозернистую структуру перлита или троостита, которые характеризуются высокими механическими свойствами.

Достаточно часто нормализацию используют в качестве подготовительной операции под закалку. Вместе с тем нормализация может иметь самостоятельное значение как основная и окончательная термическая операция, заменяющая требующий длительного времени отжиг.

При термической обработке с высоким нагревом деталей в окислительной атмосфере происходит обезуглероживание поверхностного слоя изделий, т. е. выгорание в металлах углерода, которое приводит к снижению твердости после проведения закалки и усталостной прочности деталей. Следует отметить, что снижение усталостной прочности при обезуглероживании существенно зависит от исходной структуры материала деталей. Наибольшее снижение (до 40%) предела выносливости наблюдается у структуры мартенсита.

Для предотвращения нагреваемых деталей от окисления и обезуглероживания в рабочем пространстве печи создают защитную газовую среду, получившую название контролируемой атмосферы. Для закалки, нормализации и отжига применяют эндотермическую контролируемую атмосферу (20% CO , 40% H_2 , 40% N_2), получаемую в генераторе путем пропускания смеси углеводородных газов и воздуха через катализатор при температуре 1000...1200°С. При отсутствии контролируемых атмосфер для снижения обезуглероживания детали перед нагревом упаковывают в ящики с отработанным карбюризатором (насыщающей средой), в переженный асбест, чугунную стружку, погружают в насыщенный раствор буры или наносят на поверхность изделий специальную обмазку или электролитические покрытия, например электролитический слой меди.

Не допустить образование обезуглероженного слоя можно также путем проведения термической обработки в вакууме.

Наконец, если не удалось предотвратить обезуглероживание, то полученный дефектный обезуглероженный слой можно удалить с поверхности деталей механической обработкой при наличии достаточного припуска.

В ремонтном производстве для нагрева мелких и средних деталей применяют камерные и шахтные печи периодического действия. Чаще всего используют электрические печи.

Печи-ванны на ремонтных предприятиях используют для нагрева изделий при закалке, отпуске и химико-термической обработке. В них детали нагревают в расплавленных солях, щелочах, реже — в металлах, таких как силумин, сплавы свинца и др. Во избежание обезуглероживания материала деталей соляные растворы подвергают тщательному раскислению.

Наибольшее распространение получили электрические и газовые печи-ванны. Электрические печи-ванны, предназначенные для нагрева деталей под закалку, изготавливают двух типов:

- 1) с внешним обогревом тигля при помощи нагревательных элементов, изготовленных из проволоки или ленты;
- 2) с внутренним обогревом тигля при помощи нагревательных электродов.

В электродных ваннах предусмотрена активная циркуляция расплавленной соли, благодаря чему обеспечивается высокая скорость и равномерность нагрева.

Закалочные баки бывают двух типов:

- 1) немеханизированные, т. е. не имеющие специальных устройств для выдачи охлажденных изделий на воздух;
- 2) механизированные бесконвейерные и конвейерные.

Закалочные баки изготавливаются без системы охлаждения закалочной среды или с ее охлаждением тем или иным способом.

Закалку проводят в специальных закалочных машинах, которые обеспечивают равномерное охлаждение деталей, а также позволяют производить охлаждение их отдельных частей с различной скоростью. Для снижения остаточных деформаций при их закалке в таких маши-

нах детали зажимаются между роликами и штампами или в специальных приспособлениях.

Химико-термическая обработка стали (ХТО) заключается в поверхностном насыщении стальных деталей различными химическими элементами (например, углеродом, азотом, алюминием, хромом), которое осуществляется при нагреве и выдержке деталей при высокой температуре в активных газовых, жидких или твердых средах. В результате этого образуется поверхностный диффузионный слой детали, отличающийся от исходного материала по химическому составу, структуре и свойствам. Этот защитный слой способствует повышению поверхностной твердости детали, её эксплуатационных свойств: износостойкости, усталостной прочности, жаростойкости, коррозионной и кавитационной стойкости.

На практике для упрочнения стали широко применяют следующие виды ХТО: цементацию, азотирование, цианирование и диффузионную металлизацию.

Цементация – процесс насыщения поверхностного слоя стали углеродом при нагреве без доступа воздуха до температуры 900...950°С в среде углерода.

Цементацию проводят для получения высокой твердости поверхностного слоя при условии сохранения мягкой и вязкой сердцевины, а также для повышения износостойкости и усталостной прочности стальных деталей, которые обеспечиваются проведением после цементации дополнительной термической обработки, например закалки с низким отпуском.

Обычно цементации подвергают малоуглеродистые стали с содержанием углерода до 0,25%, в результате чего твердость внутренних слоев изделия после закалки не изменяется и остается равной *HRC* 30...45, а твердость поверхностного слоя повышается до *HRC* 59...63. Толщина упрочненного слоя после цементации для большинства деталей составляет 0,5...2 мм.

Различают цементацию твердым и газообразным карбюризатором. Цементация в твердых карбюризаторах в основном применяется для неотчетственных деталей. При цементации твердым карбюризатором детали после предварительной очистки от загрязнений укладывают в металлические ящики и засыпают карбюризатором, состоящим в ос-

новном из древесного угля с добавлением углекислого бария ($BaCO_3$), соды ($NaCO_3$), углекислого кальция ($CaCO_3$) и крахмала в количестве от 10 до 40% от массы угля. После обмазывания крышки ящика огнеупорной глиной его помещают в печь.

Продолжительность цементации в зависимости от размеров ящика и количества загруженных деталей составляет 10...20 ч. После цементации детали в ящиках охлаждают вместе с печью или на воздухе, а затем подвергают закалке и низкому отпуску.

Цементация в твердом карбюризаторе в большинстве случаев не отвечает современным требованиям технологичности и не позволяет получить высокое качество обработки. Поэтому более широкое применение нашла цементация в газовых средах. Газовая цементация по сравнению с цементацией твердым карбюризатором является более высокопроизводительным способом, длительность процесса сокращается в 2,5...3 раза.

Печи для газовой цементации должны быть герметичными, что достигается применением специальных жароупорных муфельей.

Для обеспечения высокой твердости деталей в процессе газовой цементации осуществляют регулирование концентрации углерода в поверхностном слое путем изменения состава газа. Делают это при помощи автоматических оптико-акустических газоанализаторов с инфракрасным излучением.

В качестве карбюризатора используют предельные и непредельные газообразные углеводороды, например природный газ – метан, пропан, бутан, – которые при нагреве диссоциируют с выделением атомарного углерода.

Азотирование – процесс насыщения поверхностного слоя азотом при нагреве деталей до температуры 500...520°C в среде аммиака (NH_3).

Азотирование проводят для повышения твердости поверхностного слоя, износо- и теплостойкости, а также коррозионной стойкости деталей. Оно снижает вязкость сталей и повышает их прочность, ослабляет влияние поверхностных дефектов на предел выносливости, повышает сопротивление изнашиванию схватыванием и существенно повышает усталостную прочность деталей, работающих в агрессивных средах. Азотированные детали отличаются от деталей, прошедших цементацию, более высокой твердостью при глубине упрочненного слоя

0,25...0,65 мм. Однако недостаточная толщина упрочненного слоя не позволяет эксплуатировать азотированные детали в условиях высоких удельных нагрузок.

Азотирование является эффективным, но низкопроизводительным процессом, так как цикл насыщения азотом составляет 30...90 ч, а последующее охлаждение деталей вместе с печью — 4...5 ч. Поэтому азотированию подвергают лишь ответственные изделия из легированных сталей, прошедшие термическую (закалку с высоким отпуском) и механическую обработку.

Перед азотированием участки деталей, не подлежащие упрочнению, защищают различного рода обмазками или электролитическими покрытиями, например электролитическим слоем олова. Затем детали укладывают равномерно в герметически закрывающийся муфель (реторту), который помещают в электропечь. В муфель из баллонов подается аммиак, который при нагреве разлагается, образуя атомарный азот. Азот, внедряясь в поверхностный слой деталей, взаимодействует с легирующими элементами *Cr*, *Al*, *Mo* с образованием твердых дисперсных нитридов.

Вместе с прочностным азотированием легированных сталей нашел применение процесс антикоррозионного декоративного азотирования мелких деталей из углеродистых сталей или чугуна, который проводят для повышения коррозионной стойкости при работе деталей во влажной атмосфере и пресной воде. Антикоррозионное азотирование в ряде случаев позволяет заменить гальваническое хромирование, никелирование, цинкование и др.

Подготовка поверхности деталей перед азотированием зависит от того, будут ли они после азотирования полироваться (тогда они перед азотированием также полируются) или будут эксплуатироваться с матовой поверхностью.

Процесс антикоррозионного азотирования, включающий нагрев деталей до температуры 620...700°C, выдержку при этой температуре в течение 40...60 мин, завершается образованием твердого слоя нитридов Fe_2N , Fe_4N на поверхности изделий.

Следует отметить, что в большинстве случаев азотирование выполняют перед окончательной механической обработкой и после его проведения детали больше не подвергают термической обработке.

Это позволяет снизить уровень технологических остаточных деформаций изделий.

Цианирование (нитроцементация) – процесс одновременного насыщения поверхности стальных деталей азотом и углеродом. Главным условием качественного цианирования является применение насыщающих сред с умеренной цементирующей и азотирующей способностью.

Цианирование проводят для повышения твердости и износостойкости поверхностного слоя деталей из сталей, содержащих 0,2...0,4% углерода. Высокая прочность нитроцементованных сталей позволяет применять цианирование для ответственных, тяжело нагруженных деталей, например для зубчатых колес, валов коробок передач и др.

Цианирование производится в твердых, жидких и газообразных средах. Твердое цианирование применяют крайне редко, так как оно менее эффективно по сравнению с жидким и газовым цианированием.

Наибольшее распространение получило цианирование в жидкой среде. Детали, прошедшие механическую обработку, погружают в специальную ванну с расплавом солей, состоящим из 20...25% $NaCN$, остальное – $NaCl$ и Na_2CO_3 .

В зависимости от необходимой толщины упрочненного слоя применяют низкотемпературное цианирование (мягкое азотирование), цианирование при средних температурах и высокотемпературное цианирование.

Низкотемпературное цианирование проводят для поверхностного упрочнения гильз цилиндров, поршневых пальцев, коленчатых валов, кулачков распределительных валов, шатунов, толкателей и других деталей, прошедших улучшение, окончательную и отделочную механическую обработку. Процесс осуществляют при температуре 560...580°C в течение 1...3 ч в неразбавленных другими веществами расплавах цианистых солей, содержащих 40% KCN и 60% $NaCN$, продуваемых сухим воздухом. Цианирование при указанных температурах, по существу, является азотированием в жидких средах, поскольку науглероживание, т. е. насыщение углеродом, практически не происходит. Низкотемпературным цианированием достигается высокая поверхностная твердость (микротвердость составляет 6000...8000 МПа) при глубине упрочненного слоя 0,15...0,2 мм. Это способствует зна-

чительному увеличению износостойкости и усталостной прочности ответственных изделий.

Одной из причин, препятствующей широкому применению низкотемпературного цианирования, является необходимость использования ядовитых цианистых солей.

Высокотемпературное цианирование применяют для средне- и малоуглеродистых сталей. Оно проводится при температуре 930...960°C в течение 10...40 мин с последующей закалкой и низким отпуском. В результате поверхностная твердость деталей возрастает до $HRC_{\text{э}}$ 59...63 при глубине упрочненного слоя до 2,0 мм.

Наибольшее распространение получило цианирование при средних температурах 850...870°C. При таких температурах расплава с применением эндотермической атмосферы (добавка природного газа не должна превышать 15%, а аммиака 10%) получают упрочненный слой толщиной до 0,35 мм. При более глубокой нитроцементации (свыше 0,5 мм) добавки природного газа и аммиака должны быть еще меньшими (не более 5% CH_4 и 3% NH_3).

Необходимо отметить, что из-за высокой склонности нитроцементованного слоя к обезуглероживанию недопустимо в процессе цианирования прерывать на длительное время добавку жидкого карбюризатора в садочных печах при включенной добавке аммиака.

Диффузионная металлизация – процесс насыщения поверхностей стальных деталей различными металлами. Наиболее часто применяют металлизацию алюминием (алитирование), хромом (хромирование), кремнием (силицирование), бором (борирование).

Диффузионная металлизация повышает жаростойкость (окалиностойкость) до 1100°C, микротвердость до 5000 МПа и, соответственно, износостойкость, коррозионную стойкость стальных и чугуновых деталей. Насыщение проводят в твердых, жидких и газообразных средах при температуре 1000...1200°C.

Процесс диффузии при металлизации происходит значительно медленнее, чем при других видах ХТО, поэтому получение даже очень тонких слоев требует много времени.

Алитирование преимущественно малоуглеродистых стальных деталей проводят с целью повышения жаростойкости (окалиностойкости) деталей, работающих при температурах до 900°C в агрессивных газо-

вых средах, в том числе содержащих сероводород. Поэтому алитированные изделия можно использовать вместо деталей, изготовленных из жаростойких (окалиностойких) сталей.

Алитирование деталей осуществляют в порошкообразной смеси, содержащей 49% алюминия, 39% оксида алюминия и 12% хлористого аммония. Смесь засыпают в стальной ящик с уложенными для алитирования деталями. Далее стальные ящики помещают в печь и нагревают до температуры 950...1050°C. После выдержки в течение 4...12 ч на поверхности алитированной детали образуется тонкая тугоплавкая (температура плавления более 2000°C) пленка оксида алюминия (Al_2O_3) толщиной 0,1...1,0 мм, предохраняющая металл от окисления. Алитированию подвергают топливники и колосники газогенераторных тракторов и автомобилей, выпускные клапаны, выпускные тракты двигателей внутреннего сгорания.

Диффузионное хромирование стальных деталей проводят с целью повышения их износостойкости, жаро- и коррозионной стойкости. При хромировании на поверхности деталей из средне- и высокоуглеродистых сталей образуется тонкий (0,02...0,03 мм) карбидный слой высокой твердости (микротвердость достигает более 10000 МПа).

Наибольшее применение нашло газовое хромирование в среде газообразного хлора или смеси водорода и хлористого водорода. В качестве карбюризатора используют феррохром или хром; температура нагрева в реторте или печи достигает 950...1050°C; продолжительность процесса составляет 4...6 ч. Хромированные изделия, например шарниры втулочно-роликовых цепей комбайнов, довольно хорошо работают в условиях абразивного изнашивания, в том числе в окислительных средах.

Огромное значение для получения необходимых эксплуатационных свойств изделий при их восстановлении имеют подготовительные операции и технологические приемы, применение которых обусловлено спецификой способов восстановления и материалом исходных заготовок. Поэтому достаточно часто термическая обработка в технологических процессах наряду с операциями термического упрочнения используется в качестве подготовительной операции (отжига или отпуска) перед нанесением покрытий и технологических приемов (предварительного, сопутствующего и последующего подогрева деталей) при восстановлении изделий наплавкой или напылением.

Предварительная термическая подготовка детали перед наплавкой или напылением проводится с целью устранения закалочной структуры металла исходных заготовок, снятия остаточных напряжений закалки и снижения вероятности образования трещин. Подготовительная операция представляет собой отпуск или отжиг изделий.

Устранение перед наплавкой закалочной структуры металла исходных заготовок необходимо по нескольким причинам:

- 1) при наплавке не представляется возможным сохранить прежние свойства закаленного слоя, так как под воздействием тепла дуги происходят структурные изменения в основном металле на достаточно большой глубине (5...6 мм);
- 2) закаленные слои металла, обладающие высокой хрупкостью и твердостью, снижают после наплавки ударную вязкость металла детали в целом;
- 3) неравновесная закалочная структура способствует при наплавке возникновению дополнительных остаточных напряжений и образованию трещин.

В том случае, когда ремонтное предприятие не располагает возможностью проведения термической обработки в полном объеме, рекомендуется наплавку закаленных и цементированных исходных заготовок проводить соответствующими электродами. Однако при этом следует иметь в виду, что наплавка деталей, содержащих повышенное количество углерода, приводит к подкаливанию основного металла. Процесс подкаливания перерастает в закалку по мере повышения содержания углерода в основном металле в пределах от 0,3 до 0,8%. Полученный при наплавке закаленный слой основного металла толщиной 1,0...2,5 мм имеет мелкозернистое строение с высокой твердостью *HB 285* (при содержании углерода 0,8%) и большими остаточными напряжениями, которые инициируют развитие трещин. Поэтому наплавку таких деталей следует проводить с предварительным подогревом, который способствует укрупнению зерна основного металла, снижению твердости и уровня остаточных напряжений. Предварительный подогрев способствует более легкому выделению газов и шлаков из наплавляемого металла, при этом нанесенный слой получается плотным и износостойким, без инородных включений и трещин.

Температура предварительного подогрева при наплавке твердыми материалами оказывает большое влияние на твердость наплавленного металла. При этом следует отметить, что недостаточная температура предварительного подогрева создает опасность возникновения трещин, а чрезмерный нагрев вызывает снижение скорости охлаждения и увеличение глубины проплавления основного металла, что не обеспечивает требуемой твердости наплавленного металла. Температуру предварительного подогрева, осуществляемого обычно газовыми горелками, выбирают в зависимости от химического состава и свойств основного металла.

Для получения качественного изделия кроме предварительного подогрева в ряде случаев необходимо применять последующий нагрев наплавленного изделия. Он позволяет снизить скорость охлаждения нанесенного металла и за счет этого предотвратить растрескивание и отрыв наплавленного слоя от основного металла. Обычно последующий нагрев осуществляют также газовой горелкой.

Во многих случаях детали из малоуглеродистых или низколегированных сталей наплавляют высоколегированными износостойкими сплавами, т. е. сплавами иного химического состава, чем основной металл. Соединение разнородных металлов происходит через зону сплавления, которая, как правило, представляет собой явно выраженную границу раздела между наплавленным слоем и основным металлом. Она является сильнейшим концентратором напряжений, приводящим к отслоению покрытия при воздействии на деталь внешних нагрузок.

Предварительный подогрев исходных заготовок способствует получению плавного перехода (диффузионного слоя) от наплавленного слоя к основному металлу и, как следствие, повышению прочности сцепления наплавленного покрытия с основой. Кроме того, структурная и химическая неоднородность зоны сплавления металлов наплавленных деталей в значительной степени может сглаживаться смягчающей термической обработкой (например, нормализацией), направленной на выравнивание структуры наплавленного слоя и повышение пластичности и вязкости материала. При этом за счет повышающейся обрабатываемости материала существенно облегчается механическая обработка наплавленных деталей. Однако происходящее при нормализации уменьшение твердости наплавленного слоя приводит к некоторому

снижению эксплуатационных свойств деталей. Поэтому для повышения твердости после механической обработки деталь дополнительно подвергают упрочняющей термической обработке (закалке).

Для упрочнения углеродистых сталей чаще всего применяют закалку, обеспечивающую повышение твердости путем фиксации пересыщенного твердого раствора углерода в железе. Углерод оказывает прямое влияние на формирование структуры стали, ее механические свойства и получаемую при закалке твердость. При повышении содержания углерода в металле происходит увеличение искажений решетки тетрагонального мартенсита. Это приводит к закономерному повышению твердости. При содержании углерода около 0,7...0,8% твердость достигает своего максимального значения *HRC* 60...62, которое обеспечивает наибольшую износостойкость деталей.

Термическая обработка деталей, восстановленных сваркой и наплавкой, является наиболее эффективным способом изменения в требуемом направлении структуры, свойств и напряженного состояния наплавленного и основного металлов. Это происходит в том случае, когда такая обработка выполняется правильно, без нарушений режимов термического воздействия на металл.

Неправильно проведенная термическая обработка значительно ухудшает прочность и износостойкость деталей или создает дефектную структуру сплавов (например, сетку карбидов химических элементов по границам зерен), которая приводит к разрушениям материала вследствие развития межкристаллитной коррозии.

При восстановлении деталей иногда необходимую термическую обработку заменяют способом наложения отжигающих валиков или местным нагревом детали ацетиленокислородным пламенем. Такие технологические мероприятия, направленные на снижение остаточных напряжений, не всегда достигают своей цели, поскольку не обеспечивают равномерности нагрева всей детали, так как температуру нагрева и глубину зоны термического влияния, зависящих от многих факторов, не всегда удается поддерживать в требуемых пределах при проведении указанных мероприятий. Поэтому местный нагрев рекомендуется применять при невозможности проведения объемной термической обработки путем нагрева детали в печи до заданной температуры.

Для полного снятия или значительного уменьшения остаточных напряжений в деталях во многих случаях достаточно ограничиться низкотемпературным отжигом с нагревом стальных деталей до температуры 500...600°C с последующим медленным охлаждением вместе с печью или высоким отпуском с нагревом до температуры 500...650°C, выдержкой при этой температуре в течение 2...3 ч и охлаждением на спокойном воздухе. При повышении или понижении этих температур должно быть соответствующим образом скорректировано время выдержки с учетом веса и конструкции нагреваемой детали.

В том случае, когда проведение отжига или отпуска деталей не представляется возможным, изношенные детали рекомендуется восстанавливать наплавкой электродами, дающими наплавленный металл умеренной твердости, который в дальнейшем будет способен к закаливанию. Такой металл удовлетворительно обрабатывается режущим инструментом и после закалки получает необходимую твердость и износостойкость.

Особое место термическая обработка занимает в технологических процессах восстановления нежестких деталей с высокими показателями точности и параметрами физического состояния поверхностного слоя. Дело в том, что такие детали сильно подвержены короблению при выполнении механической обработки и термические операции призваны снизить уровень остаточных напряжений.

В существующих технологических процессах восстановления нежестких деталей рекомендуется проводить несколько стабилизирующих термических обработок соответственно после чернового, получистового и чистового точения.

Практический опыт показывает, что минимальный уровень остаточных напряжений в деталях может быть получен при наименее термонасыщенных режимах и способах термической обработки. Одним из таких способов является стабилизирующий отпуск для снятия остаточных напряжений, при котором для уменьшения деформаций изделий их подвешивают в вертикальном положении.

Однако технологии восстановления нежестких деталей, основанные на термической стабилизации остаточных напряжений в сочетании с механической обработкой нанесенных покрытий, реализуют экстенсивный путь достижения точности, т. е. путем постепенного

снижения коробления от одной технологической операции к другой позволяют добиться минимальных остаточных деформаций. При этом необходимо отметить, что стабилизирующий отпуск для снятия остаточных напряжений является весьма энергоемким способом с достаточно продолжительным циклом, требующим применения дорогостоящего технологического оборудования. Поэтому его нежелательно применять в широкой практике, если он не предусматривает одновременное устранение метастабильных структур обрабатываемого металла или не предполагает совмещение процесса снижения остаточных напряжений с процессом устранения технологических остаточных деформаций, т. е. с правкой деталей в рамках одной технологической операции.

Основные направления достижения высокой точности изделий путем устранения технологических остаточных деформаций связаны не с использованием высокоточного оборудования, а с разработкой оригинальных технологических процессов, предусматривающих нестандартные решения. Поэтому для восстановления прецизионных нежестких деталей рекомендуется применять современные технологические способы термической обработки, такие как термосиловая правка, которая совмещает процесс правки детали с формированием необходимых физико-механических свойств материала изделий.

Для сохранения точности и снижения интенсивности деформационного изнашивания высокоточных деталей в процессе эксплуатации при восстановлении следует уделять особое внимание повышению твердости. Повысить твердость можно традиционными термическими (например, закалкой) и современными малодеформационными методами упрочнения, такими как ионная цементация, азотирование, лазерная закалка и др. Кроме того, по возможности следует применять традиционные методы химико-термического упрочнения. Так, достаточно часто для повышения твердости материала изделий их подвергают цементации или азотированию, обеспечивающим твердый слой ($HRC_{\text{с}}$ 52...56). Причем азотирование является более предпочтительной операцией, так как при нем не происходит значительного коробления изделий. Кроме того, азотированный слой обладает высоким сопротивлением изнашиванию, его износостойкость в 2...4 раза выше, чем износостойкость материала после цементации.

Необходимо отметить, что термические упрочняющие операции, такие как цементация и закалка, следует проводить перед операцией чернового шлифования, а азотирование – в конце технологического процесса перед чистовым шлифованием. Это обусловлено прежде всего объемным изменением размеров (до 0,03 мм) деталей, которое происходит в результате структурно-фазовых превращений в материале.

В большинстве случаев после напыления покрытие имеет пористую структуру с большим содержанием кислорода, азота и водорода. Кроме того, покрытия с такой структурой характеризуются низкой прочностью сцепления с основным металлом, слабым сцеплением частиц внутри покрытия и неудовлетворительной пластичностью. Для повышения эксплуатационных характеристик таких покрытий применяют термическую обработку в печи, в том числе с водородной атмосферой. Так, проведение отжига с нагревом деталей с покрытиями до температуры 600° С, длительной выдержкой при этой температуре и последующим медленным охлаждением является вполне достаточным технологическим мероприятием для снижения содержания кислорода в покрытии и повышения его механических свойств.

Комбинированная обработка напыленных покрытий, представляющая собой нагрев до температуры 900°С и кратковременное приложение давления (48 МПа), позволяет снизить пористость покрытия, а также существенно повысить его адгезионные и когезионные свойства.

Оплавление газовой горелкой или ТВЧ покрытий из самофлюсующихся сплавов позволяет также через совершенствование структуры напыленного материала уменьшить пористость покрытий, повысить их твердость и прочность сцепления с основным металлом. Статическая прочность оплавленных покрытий может превышать 295 МПа. Термически уплотненные таким образом покрытия обладают высокой коррозионной стойкостью, износостойкостью против абразивного изнашивания и хорошо работают в условиях высоких рабочих температур.

Термическая обработка с целью получения диффузионного слоя на границе покрытия с основным металлом также придает восстановленной детали высокую жаростойкость и коррозионную стойкость. Так, диффузионная термическая обработка напыленного на стальную деталь алюминиевого покрытия включает нанесение на поверхность покрытия смеси кремнийорганической смолы с алюминиевым

порошком и нагрев этого слоя до температуры 800...900°С, выдержку при этой температуре в течение 5...10 мин и медленное охлаждение на спокойном воздухе. Кроме того, на поверхность изделия могут наносить защитный слой жидкого стекла или раствора буры толщиной 0,3 мм с последующим нагревом до температуры 800...850°С и выдержкой при этой температуре в течение 30...180 мин. Во время выдержки при высокой температуре на границе раздела происходит взаимная диффузия алюминия и железа с образованием плавного перехода между напыленным слоем и основным металлом. При этом следует иметь в виду, что на участках пор и трещин, выходящих из покрытия на поверхность основного металла, слой взаимной диффузии алюминия – железа не образуется.

Контрольные вопросы

1. Какие способы термической и химико-термической обработки стальных деталей вы знаете?
2. Что представляет собой термический метод улучшения стальных деталей?
3. С какой целью проводится предварительная термическая обработка при восстановлении деталей?
4. Почему наплавку во многих случаях нужно проводить с предварительным подогревом исходной заготовки?
5. Какие термические и химико-термические методы используют для упрочнения стальных деталей?
6. Какие термические методы используют для снижения остаточных напряжений в деталях?

7.7. Контроль качества восстановленных деталей

Износостойкость, работоспособность и надежность восстановленных деталей должны обеспечить отремонтированным машинам возможность полностью отработать установленные межремонтные сроки. В этой связи восстановленные детали не должны уступать по качеству новым изделиям, а в некоторых случаях должны превосходить их.

Основной задачей контроля качества является обеспечение высокой надежности отремонтированных объектов, сдаваемых в эксплуатацию.

Качество восстановления деталей оценивают степенью соответствия полученных физико-механических свойств и геометрических параметров объекта ремонта требованиям ремонтных чертежей или технических условий на восстановление детали.

Контроль качества восстановленных деталей осуществляется различными способами, которые делятся на разрушающие с выводом из строя изделия и неразрушающие. Преимущественно применяют неразрушающие способы контроля, однако для получения более надежной и достоверной информации восстановленные детали иногда целесообразно подвергать разрушению.

Основное внимание при контроле качества деталей, восстановленных слесарно-механическим способом, уделяется геометрическим размерам. Измерение размеров в зависимости от точности производится универсальными измерительными инструментами – штангенциркулем, микрометром и т. п.

Для определения механических свойств (прочности, пластичности и др.) и структуры металла сварного соединения одновременно с ремонтируемым изделием на тех же технологических режимах сваривают образцы-свидетели для механических и металлографических испытаний. При этом материал образцов должен соответствовать материалу ремонтируемой детали, а размеры и форма образцов должны быть изготовлены в соответствии с требованиями ГОСТ.

У деталей, восстановленных наплавкой, в первую очередь контролируют твердость, цельность наплавленного металла (различного рода дефекты: трещины, непровары, раковины и т. п.) и толщину наплавленного металла. Твердость наплавленного слоя мелких деталей проверяется на прессах Роквелла и Бринелля, а у деталей больших размеров – приборами Польди и Виккерса. Проверка обычно проводится выборочно. Также рекомендуется проверять твердость первой наплавленной детали. Делают это с целью возможного корректирования режима наплавки.

Качество наплавленного слоя в первую очередь определяется внешним осмотром и простукиванием. Но в случае необходимости проводятся металлографические исследования, химический анализ и, например, электромагнитная дефектоскопия. Внешний осмотр, в том числе при помощи лупы с многократным увеличением, производится

после очистки наплавленной поверхности. Проверка осуществляется на предмет обнаружения различного рода дефектов, таких как кратеры, трещины, прожоги, непровары, свищи и т. п.

Металлографические исследования выполняются для определения строения и структуры наплавленного металла, а также для обнаружения мельчайших пор, внутренних трещин, шлаковых включений и других дефектов. Одновременно определяется глубина зоны термического влияния.

К химическому анализу прибегают для определения содержания в наплавленном металле различных химических элементов: углерода, кремния, марганца, серы, фосфора, никеля и др. Для анализа используется стружка наплавленной детали в количестве 25...35 г и толщиной около 1 мм.

Об уровне остаточных напряжений в нанесенном слое металла в большинстве случаев судят по контролируемым параметрам режима наплавки, напыления и др. Однако следует отметить, что в настоящее время существуют различные методы определения остаточных напряжений, которые можно разделить на физические, химические и механические.

Физические методы в большинстве своем являются неразрушающими методами определения остаточных напряжений, например оптический, магнитный, ультразвуковой, электросопротивления и др. Из физических методов наибольшее распространение получил метод рентгенографирования. Этот способ основан на явлении дифракции рентгеновских лучей при облучении кристаллической решетки материала исследуемого образца. С помощью рентгеновского метода можно определить напряжения первого рода в тонком поверхностном слое материала без его разрушения, а также определить напряжения второго и третьего рода. Однако для получения эпюры распределения остаточных напряжений в поверхностном слое необходимо последовательно удалять металл с исследуемой поверхности и определять остаточные напряжения в каждом новом слое.

Химический метод определения остаточных напряжений (проба на растрескивание) относится к качественным методам и применяется для контроля достаточно редко.

Механические методы можно разделить на три основные группы: расчетные, экспериментальные неразрушающие и эксперименталь-

ные разрушающие. Расчетные методы основаны на знании механизма реализации того процесса обработки, после которого определяют остаточные напряжения. На базе этих знаний определяют аналитические зависимости образования и распространения напряжений от действия всевозможных факторов, обусловленных методом обработки. Используя эти зависимости, теоретически рассчитывают эпюру распределения остаточных напряжений. Недостатком расчетных методов является то, что любая математическая модель описывает реальный процесс с некоторой неточностью, которая обусловлена принятыми допущениями. А это порой существенно сказывается на погрешности вычисления остаточных напряжений.

Экспериментальные неразрушающие методы основаны на измерении деформаций деталей, которые произошли в результате действия остаточных напряжений, образованных в поверхностном слое в процессе обработки. По величине деформации определяют уровень остаточных напряжений в детали. Одним из недостатков этих методов является невозможность определения распределения остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя.

Для определения остаточных напряжений первого рода по глубине поверхностного слоя наибольшее распространение получил механический разрушающий метод, разработанный проф. Н.Н. Давиденковым. Этот метод основан на том, что при постепенном удалении с поверхности образца напряженных слоев он получает деформацию. Зная величину, направление деформации образца и толщину снятого слоя, по формулам рассчитывают остаточные напряжения.

Преимуществами механических методов являются простота определения остаточных напряжений, доступность, легкость изготовления образцов, широкий диапазон измеряемых параметров и сопоставимость результатов, полученных на различных установках.

Для определения остаточных напряжений в гальванических покрытиях в настоящее время часто используются разные модификации метода деформации катода, который относится к экспериментальным неразрушающим методам. Сущность метода заключается в том, что уровень остаточных напряжений определяют по величине деформации катодной пластинки, которая происходит при осаждении металла на неизолированной стороне пластинки. Деформацию катодной

пластинки определяют в процессе электролиза, например, по шкале зрительной трубки, помещенной перед электролитической ячейкой. Деформация катода может происходить в обе стороны: при сжатии покрытия (при образовании остаточных напряжений растяжения) изгиб катодной пластинки происходит в сторону анода, при расширении покрытия — в противоположную сторону.

При измерении прочности сцепления покрытий с основным металлом применяют качественные и количественные методы контроля. На практике обычно используют качественные методы испытаний. Они не требуют особой подготовки образцов, но дают лишь более или менее относительные результаты. При этом результаты испытаний в значительной степени зависят от аккуратности и наблюдательности работника, проводящего их.

Качественные методы контроля прочности сцепления покрытий с основой (полирование, крацевание, изгиб, навивка, растяжение, нанесение сетки царапин, нагрев, опиловка, вдавливание и др.) основаны на различии физико-механических свойств металла покрытия и основного металла. Метод контроля выбирают в зависимости от вида покрытия с учетом свойств основного металла и металла покрытия, типа и назначения изделия. У деталей, которые после нанесения покрытия подвергают обработке с применением механических воздействий (шлифование, точение, полирование и т. п.), контроль прочности сцепления не проводят, так как эти способы обработки сами являются мероприятиями, контролирующими адгезионные свойства покрытий.

При исследовании прочности сцепления покрытия с основой методом сетки царапин (методом рисков) на поверхности контролируемого покрытия с помощью чертилки, твердость которой выше твердости покрытия, наносят четыре—шесть параллельных рисков глубиной до основного металла на расстоянии 2...3 мм одна от другой и столько же рисков, перпендикулярных первым. Риски наносят в одном направлении острием, установленным под углом 30° к поверхности. При этом возникают боковые силы, действующие на покрытие. При удовлетворительной прочности сцепления после нанесения сетки царапин не должно быть отслаивания покрытия в ячейках сетки. Этот метод применяют в основном для медных, никелевых, цинковых, кадмиевых и лакокрасочных покрытий толщиной не более 20 мкм.

Количественные методы определения прочности сцепления покрытий имеют преимущества по сравнению с качественными методами, так как дают абсолютные значения вместо относительных. Однако их применение в производственных условиях сдерживается трудностью изготовления специальных образцов и высокой стоимостью испытательного оборудования.

На практике среди количественных методов наибольшее распространение нашли методы Олларда (рис. 7.25), Жаке, штифтовой и клевой пробы, метод среза и др. Все они основаны на определении силы, необходимой для отрыва покрытия от основы или срезания с неё. Прочность сцепления определяют отношением модуля отрывающей или срезающей силы к площади контакта их граничных поверхностей.

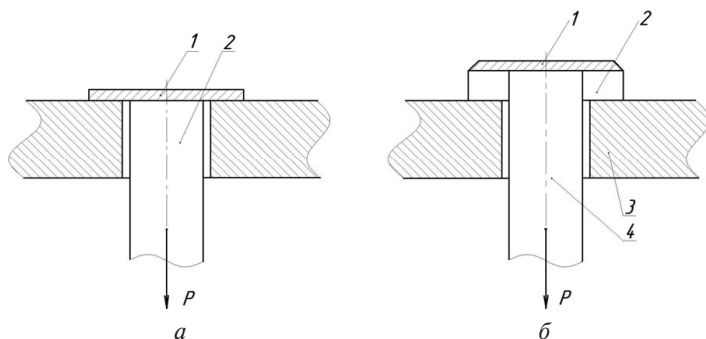


Рис. 7.25. Схемы определения прочности сцепления покрытий с основным металлом: *a* – методом Олларда; *б* – методом штифтовой пробы: 1 – покрытие; 2 – основной металл; 3 – матрица; 4 – штифт

Для оценки адгезионных свойств ионно-плазменных покрытий, обладающих высокой твердостью и анизотропией свойств, широко используется склерометрический метод.

Сущность метода заключается в определении площади сколов (рис. 7.26), которые образуются на поверхности детали при процарапывании покрытия ребром трехгранной пирамиды Берковича. Царапанье покрытия производится до обнажения подложки при нагрузках 0,2 и 0,5 Н на приборе, который называется склерометром.

Прочность сцепления определяют по коэффициенту адгезии, который рассчитывается по формуле

$$HSC = \frac{S_{ц}}{S_{ц} + S_{ск}}, \quad (7.6)$$

где $S_{ск}$ – площадь сколов; $S_{ц}$ – площадь царапины.

Чем меньше площадь сколов, тем ближе коэффициент адгезии к 1, тем выше адгезионная прочность сцепления. С помощью коэффициента адгезии можно оптимизировать технологические параметры режима нанесения покрытия.

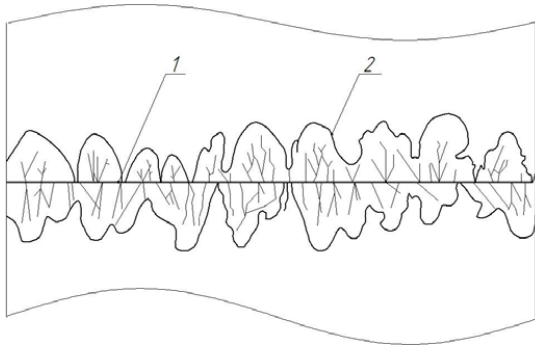


Рис. 7.26. Схема определения прочности сцепления покрытия с основным металлом склерометрическим методом: 1 – царапина; 2 – сколы

Для твердых покрытий, работающих в тяжелых условиях, весьма важными с точки зрения формирования эксплуатационных свойств являются характеристики вязкости и пластичности. При исследовании вязкости покрытий достаточно часто используют методику Палмквиста, которая заключается в определении длины микротрещин, возникающих в углах отпечатка при вдавливании в покрытие индентора на приборе Виккерса. Вязкость рассчитывают по формуле

$$\bar{W} = \frac{P}{\bar{L}_c}, \quad (7.7)$$

где \bar{W} – среднеарифметическое значение вязкости, полученное при разных нагрузках на индентор; P – нагрузка; \bar{L}_c – среднеарифметическое значение длин трещин в углах отпечатка.

Пластичность материала покрытия оценивают с помощью коэффициента пластичности $k_{пл}$ методом непрерывного вдавливания на приборе МТИ-2М. Прибор изготовлен на базе твердомера типа ПМТ

и позволяет автоматически регистрировать изменение свойств покрытия в диапазоне малых нагрузок (до 0,2 Н) по кинетической диаграмме вдавливания (рис. 7.27).

По этой диаграмме определяют коэффициент пластичности $k_{пл}$ как отношение площадей остаточного (S_{ABC}) и упругопластического деформирования (S_{ABO}):

$$k_{пл} = \frac{S_{ABC}}{S_{ABO}} \cdot 100\%. \quad (7.8)$$

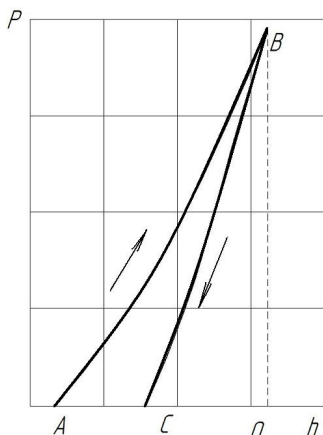


Рис. 7.27. Кинетическая диаграмма вдавливания индентора при определении пластичности материала покрытия

В большинстве случаев пористость покрытий контролируют коррозионными методами. Они основаны на взаимодействии основного металла или подслоя с реагентом в местах сквозных пор с образованием хорошо видимых окрашенных соединений – продуктов химической реакции (коррозии). Полученные таким образом отпечатки пор подсчитывают, наблюдая их невооруженным глазом или с применением лупы. Среднее число пор на квадратном сантиметре поверхности вычисляется по формуле

$$n = \frac{N}{S}, \quad (7.9)$$

где N – общее число пор на контролируемой поверхности; S – площадь контролируемой поверхности.

Согласно требованиям ГОСТ это число не должно превышать 3 на 1 см^2 .

Для контроля пористости медных, никелевых, хромовых, оловянных, свинцовых гальванических покрытий на деталях из стали применяют раствор следующего состава:

- калий железосинеродистый – 3 г/дм³;
- натрий хлористый – 10 г/дм³.

Коррозионные методы не годятся для контроля пористости износостойких хромовых покрытий, так как в них поры и каналы не являются сквозными и имеют большую извилистость и протяженность. Для контроля их пористости применяется метод контактных фотоотпечатков, сущность которого заключается в подсчете на фотобумаге количества отпечатков плато (горизонтальных площадок), по которым определяют пористость. На поверхность покрытия наносится паста следующего состава:

- сернистый натрий (20...50%-ный раствор) – 15 см³;
- тальк – 10 г;
- глицерин – 2 капли.

Для получения на фотобумаге четких отпечатков пасту тщательно уплотняют в каналах и порах и полностью удаляют с плато. Получение отпечатков на фотобумаге основано на взаимодействии сернистого натрия и бромистого серебра бумаги с образованием сернистого серебра, имеющего черный цвет.

Проверку качества восстановленных изделий осуществляют как непосредственные исполнители ремонтных работ, так и инженеры отдела технического контроля.

Примечательно, что при решении некоторых технических вопросов, связанных с модернизацией объектов ремонта (например, частичное изменение конструкции отдельных узлов), непосредственное участие также принимают инженерно-технические работники отдела технического контроля. Это обстоятельство предъявляет особые требования к их квалификации. Поэтому штат отдела технического контроля, как правило, комплектуется из числа ремонтников, имеющих достаточную техническую подготовку и опыт ремонтных работ. По сравнению с работниками отдела технического контроля, занятых в основном производстве, работники отдела технического контроля по ремонту машин должны иметь более высокую квалификацию и более разностороннюю подготовку, поскольку круг объектов контроля

и технических вопросов, с которым им приходится иметь дело, значительно шире и разнообразнее, чем у первых.

Контрольные вопросы

1. Какая основная задача стоит перед операцией контроля качества восстановленных изделий?
2. Какие параметры восстановленных изделий подвергают контролю?
3. Какие методы контроля качества восстановленных изделий вы знаете?
4. Как определяют качество наплавленного слоя восстановленных изделий?
5. Для чего необходимо контролировать уровень остаточных напряжений в восстановленных изделиях?
6. Какие методы используются для контроля прочности сцепления покрытий с основным металлом?

7.8. Сборка, обкатка и испытание машин и агрегатов

Сборка является заключительным этапом производственного процесса ремонта машин и агрегатов. Сборочные работы составляют, как правило, большую долю в общей трудоемкости работ, выполняемых при ремонте. При этом в их составе значительное место занимают слесарные пригоночные работы. С помощью пригоночных работ достигается необходимое взаимное положение узлов и в ряде случаев требующийся характер сопряжений и посадок. От качества пригоночных работ в большой степени зависят точность отремонтированной машины, жесткость и стабильность размеров ее конструкции. При этом качество пригоночных работ во многом обусловлено квалификацией, навыками и интуицией рабочих. Поэтому при ремонте машин качеству выполнения слесарных работ со стороны работников отдела технического контроля уделяется большое внимание.

Технологический процесс сборки – это совокупность операций по соединению деталей в определенной последовательности с целью получения изделия, отвечающего заданным эксплуатационным требованиям.

Сборочная операция – это технологическая операция установки и получения соединений сборочных единиц (узлов) изделия. Сборку начинают с установки и закрепления базовой детали. Поэтому в каждой сборочной единице должна быть заранее определена базовая де-

таль, с которой начинают сборку изделия, присоединяя к ней другие детали и сборочные единицы.

По последовательности выполнения различают:

- промежуточную сборку, под которой понимают сборку мелких элементов на слесарно-механических участках или сборку двух деталей перед окончательной обработкой;
- узловую сборку, под которой понимают сборку сборочных единиц изделия;
- общую сборку, под которой понимают сборку изделия в целом.

При сборке объекта ремонта большое внимание уделяется восстановлению точности заложенных конструктором размерных цепей.

Размерной цепью называют систему взаимосвязанных размеров (звеньев размерной цепи), определяющих относительное положение поверхностей детали, деталей в узле или узлов в машине. В каждой размерной цепи один из размеров является замыкающим, а все остальные – составляющими. Замыкающим называют размер, величина которого в порядке выполнения технологических операций восстановления (изготовления) детали или сборки узла является функцией величин всех остальных размеров (составляющих). Составляющие размеры делятся на увеличивающие, которые при своем возрастании увеличивают замыкающий размер, и на уменьшающие, которые при своем возрастании уменьшают замыкающий размер. К точности замыкающего размера предъявляются особо высокие технические требования.

В процессе эксплуатации агрегатов установленная при их изготовлении точность размерных цепей нарушается вследствие изнашивания поверхностей или деформации деталей. Причем, как правило, в конкретной размерной или кинематической цепи изнашивание и деформация происходят у нескольких составляющих ее звеньев.

Восстановление точности размерной цепи (рис. 7.28) сводится к восстановлению точности ее замыкающего размера, которое может быть выполнено тремя методами: путем восстановления всех изношенных звеньев до их первоначальных размеров и отклонений, заданных конструктором; методом компенсации износа посредством перераспределения допусков и отклонений между составляющими размерами; методом введения при ремонте компенсирующих звеньев.

Первый метод, очевидно, наиболее трудоемкий и наименее технологичный, так как с увеличением деталей в размерной цепи уменьшается допуск на каждую деталь. Для его реализации весь объем работ, связанный с конструкторской, технологической, организационной подготовкой изготовления новых деталей, аналогичных изношенным звеньям, дополняется объемом работ, связанных с восстановительными операциями. Поэтому данный метод можно реализовать лишь в условиях крупносерийного или массового ремонтного производства или когда иные методы восстановления точности размерной цепи неприемлемы из-за условия, например, сохранения ее кинематической точности.

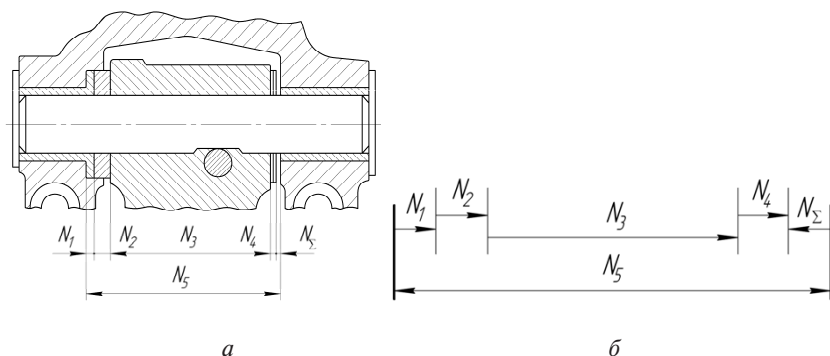


Рис. 7.28. Схема восстановления точности размерной цепи шкворневого соединения передней оси автомобиля ЗИЛ: *а* – шкворневое соединение; *б* – размерная цепь

В тех же случаях, когда выполнение последнего условия необязательно, а главным условием является достижение первоначальной точности замыкающего звена размерной цепи, применяют второй или третий методы.

Метод компенсации износа путем перераспределения допусков между составляющими размерами реализуется в два этапа. На первом этапе выполняется инженерный анализ размерной цепи: выявление замыкающего размера цепи; установление составляющих звеньев, подверженных механическому изнашиванию; выбор звена цепи, за счет которого можно восстановить ее точность; расчет номинального ремонтного размера звена, изменением которого восстанавливается точность цепи.

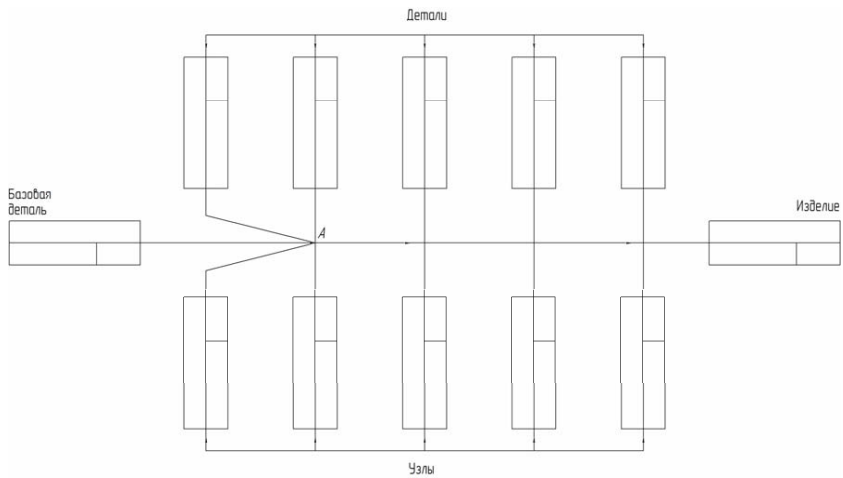


Рис. 7.29. Технологическая схема общей сборки агрегата

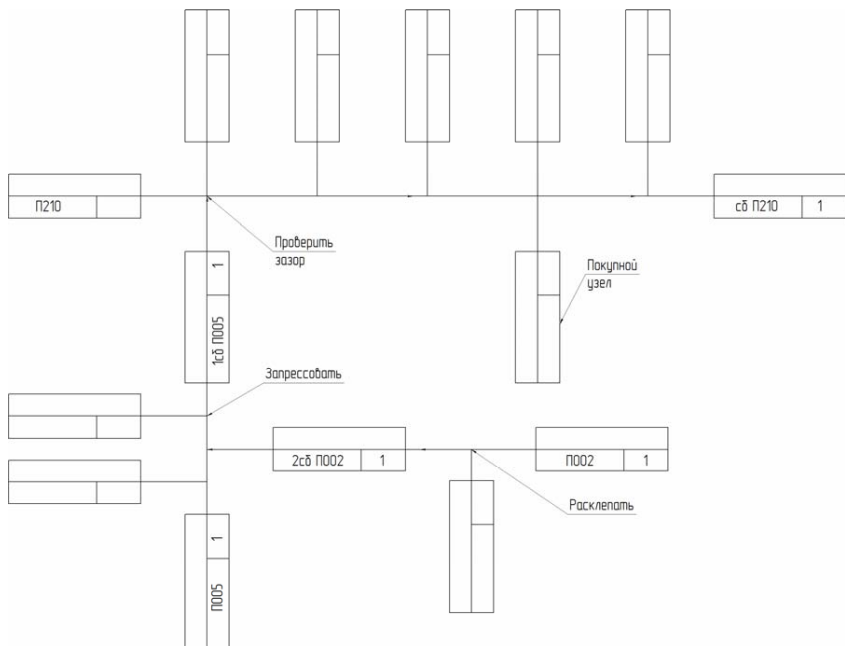


Рис. 7.30. Технологическая схема узловой сборки агрегата

В ремонтном производстве наиболее часто для восстановления точности размерных цепей применяют метод пригонки и регулирования, предусматривающий наличие в размерной цепи компенсирующего звена, положение которого регулируется в процессе сборки (регулировка зазоров, прокладки и т. п.). В этом случае инженерный анализ сводится к определению величины компенсатора.

Разработке технологических схем общей (рис. 7.29) и узловой сборки (рис. 7.30) предшествует изучение сборочных чертежей объекта ремонта, рабочих чертежей деталей, технических требований на сборку и приемку собираемых машин и агрегатов. На технологических схемах сборки каждый сборочный элемент изделия обозначается прямоугольником, разделённым на три части (рис. 7.31). Перед числовым индексом сборочной единицы изделия ставятся буквы *сб* (сборка) и номер порядка: 1сб, 2сб и т. д.

Название (А)	
N (Б)	Кол (В)

Рис. 7.31. Условное изображение сборочных единиц

Процесс общей сборки изображают на схеме горизонтальной линией. Её проводят в направлении от базовой детали изделия к собранному объекту.

В верхней части технологических схем в порядке последовательности сборки располагают условные обозначения всех непосредственно входящих в изделие деталей, в нижней части — сборочных единиц. На технологических схемах узловой сборки сборочные единицы разделяют на сборочные единицы высших порядков и детали.

Технологические схемы сборки по мере необходимости снабжают надписями-сносками, поясняющими характер сборочных работ (например, «Запрессовать», «Паять», «Клепать», «Регулировать» и др.) и выполняемый при сборке контроль (например, «Проверить зазоры» и др.). Контроль слесарных работ осуществляют с целью проверки полноты и качества их выполнения.

Технологические схемы отражают возможность одновременной установки нескольких составных частей изделия на его базовую деталь (рис. 7.29, точка А), что позволит повысить эффективность и

сократить длительность процесса сборки. В прямоугольнике, обозначающем сборочную единицу, в части А указывается наименование элемента, в части Б – числовой индекс согласно спецификации, в части В – число элементов, входящих в данное соединение.

После общей сборки проводят контроль агрегатов и машин с целью проверки комплектности, качества сборочных, регулировочных и крепежных работ.

Необходимо отметить, что эксплуатация собранных после капитального ремонта агрегатов с полной нагрузкой недопустима, так как относительно небольшая опорная площадь профиля механически обработанных рабочих поверхностей деталей приводит к высоким контактным давлениям. Эти давления вызывают разрыв разделяющей поверхности масляной пленки. В результате поверхности трущихся деталей на начальном этапе эксплуатации автомобиля попадают в состояние задира, которое сопровождается интенсивным износом деталей и сокращением их ресурса. Поэтому после сборки агрегаты подвергают обкатке и испытанию, задачами которых являются:

- подготовка агрегатов и машин к восприятию эксплуатационных нагрузок;
- выявление возможных дефектов, возникающих при недостаточно качественном восстановлении деталей и сборке агрегатов;
- выявление соответствия технических характеристик агрегатов и машин требуемым значениям.

Под обкаткой понимают подконтрольный процесс изменения геометрических и физико-механических параметров поверхностей трения деталей с целью получения их оптимальных значений, которым соответствуют наибольшая износостойкость и долговечность.

Сформировать оптимальные значения параметров качества рабочих поверхностей изделий (прежде всего шероховатости) и сократить время обкатки можно за счет применения специальных приработочных (обкаточных) масел.

Обкаточные масла, содержащие серу, олеиновую кислоту и другие вещества, способствуют быстрому формированию износостойкой поверхности трения за счет «омыления» металла. Имеется опыт использования обкаточных масел с добавлением мелкодисперсной алмазной пудры, позволяющей при обкатке узла на особых нагрузочных

и скоростных режимах быстро подготовить трущиеся поверхности к нормальной работе. Сам эффект обкатки собранных узлов автомобиля заключается в том, что в эксплуатацию они поступают с поверхностями трения, подготовленными для восприятия рабочих нагрузок.

Процесс обкатки делится на кратковременную обкатку на стендах и последующую, которая завершается в первоначальный период эксплуатации (в период подконтрольной эксплуатации).

Обкатка двигателей, как правило, состоит из следующих стадий: холодная обкатка (обкатка на холостом ходу), горячая обкатка без нагрузки, горячая обкатка под нагрузкой. В процессе обкатки проводят все необходимые регулировки и устраняют выявленные неисправности. После стендовой обкатки двигатель подвергают испытаниям на соответствие техническим требованиям.

Перед обкаткой двигателя проверяют возможность проворачивания коленчатого вала. Если коленчатый вал не проворачивается, двигатель снимается со стенда и отправляется на специальный стенд для устранения данной неисправности.

Обкатка двигателей может производиться на стендах, оборудованных электрическим асинхронным двигателем с фазным ротором и устройствами для измерения мощности двигателя, его крутящего момента и расхода топлива. Стендовая обкатка на холостом ходу начинается при температуре масла не менее 50°C. В начале холодной обкатки проверяют герметичность уплотнений форсунок и головок цилиндров, надежность работы систем смазывания и охлаждения. При испытании на холостом ходу обкатку проводят последовательно на всех режимах, начиная с низших и заканчивая высшими скоростями. Обкатку на малых скоростях без нагрузки осуществляют при обильном смазывании не менее получаса, после чего меняют масло.

При холодной обкатке асинхронный двигатель работает как электродвигатель, который приводит во вращение коленчатый вал, а при горячей, когда частота вращения коленчатого вала превышает синхронные обороты (1400 об/мин), – как генератор, приводимый во вращение испытуемым двигателем, создающий тормозной момент. При этом энергия двигателя внутреннего сгорания рекуперируется и передается в электрическую сеть. Для плавного повышения оборотов коленчатого вала двигателя обычно используют частотный регулятор.

В начальный период обкатки, когда происходит интенсивное изнашивание и формирование оптимальной, с точки зрения износа, шероховатости рабочих поверхностей, контролируют частоту вращения коленчатого вала, температуру масла в картере двигателя, потери на трение и др.

Необходимо отметить, что при стендовой обкатке двигателя не должны слышаться резкие стуки и шумы, выделяющиеся из общего шума работы двигателя. Также не допускается резкое изменение нагрузки и частоты вращения двигателя, течь масла и прорыв отработавших газов в картер. Горячую обкатку завершают при стабилизации контролируемых параметров.

После обкатки двигателя на холостом ходу и под нагрузкой проводят испытания автомобиля на стенде тяговых качеств, который позволяет оценить его техническое состояние по тягово-экономическим характеристикам. Основное влияние на эти характеристики оказывает техническое состояние двигателя. Если в процессе испытания на стенде выявлено несоответствие технических показателей требуемым значениям, то для определения неисправности двигателя проводятся углубленная диагностика и устранение неисправностей.

Необходимо отметить, что для испытаний автомобилей в основном применяют стенды тяговых качеств, оснащенные тормозными устройствами, расходомером топлива и беговыми барабанами, на которые устанавливают ведущие колеса. Стенды позволяют оценить мощность двигателя, тяговое усилие на ведущих колесах, расход топлива на различных скоростных и нагрузочных режимах, путь и время разгона до заданной скорости, потери мощности на трение в трансмиссии и др.

Для оценки мощностных характеристик двигателя могут также использоваться динамические стенды, содержащие большие инерционные массы, по интенсивности раскручивания которых колесами автомобиля можно судить о мощности двигателя и общем состоянии силового агрегата и трансмиссии.

Мощность двигателя может быть оценена и по его реакции на нагрузку при поочередном кратковременном отключении цилиндров (прекращение подачи топлива форсункой дизеля или искры – для карбюраторного двигателя). Степень уменьшения частоты вращения коленчатого вала будет характеризовать вклад отключенного цилиндра в общую мощность двигателя.

Информативным показателем состояния цилиндропоршневой группы является давление в камере сгорания на такте сжатия, которое измеряют компрессометром. Компрессию измеряют при подключении прибора к цилиндру через отверстие для свечи зажигания или форсунки.

Для оценки технического состояния топливной аппаратуры и системы зажигания вместо расходомера можно использовать газоанализатор и по наличию токсичных компонентов в выхлопных газах работающего двигателя делать заключение о состоянии двигателя. Действие серийно выпускаемых газоанализаторов основано:

- на определении теплового эффекта сгорания окиси углерода на предварительно нагретой каталитически активной платиновой нити (принцип дожигания CO до CO_2). Чем больше концентрация окиси углерода, тем выше температура платиновой нити и выше ее электрическое сопротивление, что и является сигналом концентрации CO ;
- на поглощении инфракрасной энергии излучения анализируемым компонентом газа (CO или углеводородами), в результате чего последний нагревается тем больше, чем выше его концентрация в газовой смеси. Оптико-абсорбционным датчиком температурные изменения преобразуются в электрические сигналы, которые фиксируются измерительным прибором;
- на методах газовой хроматографии, позволяющих определить число компонентов, входящих в состав отработавших газов. Это возможно благодаря различной скорости движения каждого из компонентов вдоль оси адсорбента.

Степень задымленности выхлопных газов дизеля определяют дымомером, принцип работы которого основан на фотоэлектрической регистрации поглощения светового потока мерным объемом отработавших газов. Прибор содержит рабочую трубу, в которую поступает анализируемый газ, и эталонную трубу, куда вентилятором нагнетается чистый воздух. При расположении электрической лампы и фотоэлемента по торцам эталонной трубы показания прибора настраивают на нулевое значение поглощения (0%). После этого поворотом рукоятки лампы и фотоэлемент переводят к торцам рабочей трубы и производят измерение дымности. Полное поглощение светового потока соответствует 100% дымности.

Контроль состояния двигателей с системой электронного управления впрыском топлива осуществляется специальными тестерами и компьютерными программами, позволяющими выявлять ошибки в работе датчиков, сигналы которых используются при задании режимов работы двигателя. На рис. 7.32 показано диагностическое оборудование, используемое для контроля современных автомобилей.



Рис. 7.32. Диагностическое оборудование для электронных систем автомобилей

Диагностируемые неисправности определяются системой самодиагностики установленного на автомобиле блока управления и отображаются появлением кода ошибки при проведении диагностики с помощью подключаемых к блоку управления тестеров (сканеров). Считываемые тестерами с электронного блока управления параметры могут представляться в текстовом или графическом виде. Для обработки данных диагностики автомобиля и введения базы данных тестеры работают в режиме использования компьютера типа IBM®PC. Обмен ведется через канал связи тестера с помощью специального адаптера или без его применения в зависимости от конструкции тестера.

Проще всего определить неисправность, связанную с выходом из строя (поломкой) какого-либо элемента системы управления. Такие ошибки, как правило, относятся к простым неисправностям, потому что имеют четкий алгоритм их выявления и последующего ремонта. Эти алгоритмы приведены в книгах по руководству и обслуживанию электронных систем управления. Однако не всегда появление кода ошибки однозначно определяет причину сбоя в работе двигателя или автомобиля.

Гораздо труднее понять, что датчик или элемент системы не удовлетворяет техническим требованиям и его работа приводит к сбоям в функционировании системы. Неопределенные неисправности не отображаются системой самодиагностики блока управления, об их возникновении можно судить только по поведению двигателя или автомобиля.

В управляющей программе электронного блока управления подсистема самодиагностики позволяет при появлении аварийных отклонений вызывать переход на резервные режимы работы системы управления, которые призваны сохранить работоспособность двигателя и возможность движения автомобиля при отказах элементов системы управления. Например, при отказе датчика температуры блок управления включает электродвигатель вентилятора, и он постоянно работает вне зависимости от температурного режима двигателя.

Для проверки и обслуживания стартера используют специальное оборудование, с помощью которого измеряют максимальный крутящий момент в режиме полного торможения ротора, величину потребляемого тока, частоту вращения ротора в режиме холостого хода. При испытании генератора на специальном стенде определяют напряжение и величину генерируемого тока при номинальной скорости вращения и в режиме начала отдачи. Для проверки работы приборов системы зажигания также имеется серийно выпускаемое технологическое оборудование, позволяющее оценивать бесперебойность искрообразования, момент подачи искры, проверять работу центробежного и вакуумного регуляторов распределителя зажигания.

Стендовая обкатка собранной коробки передач осуществляется с целью проверки правильности работы шестерен на всех передачах, легкости включения и отсутствия самопроизвольного выключения шестерен, а также определения виброустойчивости агрегата.

Следует отметить, что в процессе обкатки допускается равномерный шум без стуков и ударов. Проверка на вибрацию и шум позволяет оценить качество восстановления деталей и выполнения сборочных работ зубчатых передач, качество балансировки вращающихся деталей и узлов, выявить неисправность и неточность подшипников качения и т. п.

Для проверки на вибрацию и шум используют различные приборы: виброметры, вибрографы, микровибрографы, шумомеры и т. п.

При отсутствии соответствующих норм отремонтированный агрегат проверяют на вибрацию и шум путем сравнения замеренных величин с данными, относящимися к этому же или аналогичному агрегату в новом состоянии.

Сначала обкатку коробки передач производят на всех передачах без нагрузки. При этом на высшей передаче коробка должна проработать до достижения установленной температуры подшипников, но не менее 1 часа. Потом агрегат обкатывают при постоянной нагрузке с частотой вращения ведущего вала в пределах 1000...1400 об/мин.

Для испытания коробок передач под нагрузкой применяют стенды различной конструкции: электромагнитные, стенды с асинхронным электродвигателем, стенды с нагрузкой внутренними силами (по замкнутому контуру) и с гидравлическим тормозом.

При обкатке коробок передач, а также задних мостов на стендах с замкнутым силовым контуром их электродвигатель предназначен для преодоления сил трения в зубчатых передачах и подшипниках. Нагружение агрегатов производится за счет внутренних сил системы, например упругих сил закрученного торсиона.

Эффективность тормозной системы автомобиля может быть оценена по результатам испытаний на тормозных стендах. Простейший стенд, позволяющий производить экспресс-контроль, представляет собой четыре установленные на уровне пола подвижные площадки, датчики для контроля усилий, прилагаемых к площадкам при их сдвиге, и измерительную аппаратуру. Расположение подвижных площадок соответствует колесной базе и ширине колеи испытываемых автомобилей.

Автомобиль со скоростью 6...8 км/час наезжает на площадки, и в этот момент производится его торможение. Возникающие на колесах тормозные силы, гасящие инерцию движущейся массы, воспринимаются датчиками подвижных площадок, что позволяет судить о величине этих сил и равномерности тормозных сил по разным колесам автомобиля.

На другом тормозном стенде, принцип работы которого основан на использовании инерционных сил, автомобиль устанавливается всеми колесами на массивные ролики (или барабаны), связанные между собой приводом. Автомобиль начинает движение и раскручивает ролики до скорости 80...100 км/час. После отключения привода от вращающихся по инерции роликов начинается торможение колес. Об эффективности торможения каждого колеса судят по угловому замедлению вращающихся роликов или общему числу оборотов до их остановки. Для того чтобы учесть возможную разницу трения в подшипниках роликов стенда, его периодически тарируют, раскручивая соединенные приводом ролики электродвигателем с последующим отключением привода и замером выбега свободных от автомобиля роликов.

Конструкция рассмотренного динамического стенда позволяет оценивать работу тормозной системы в реальном диапазоне скоростей автомобиля и производить испытания тормозов с антиблокировочной системой.

В соответствии с требованиями ГОСТ стендовые испытания тормозной системы автомобилей на роликовых стендах (рис. 7.33) необходимо проводить при скорости вращения колес не более 3...5 км/час, контролируя поочередно тормозные силы колес каждой оси автомобиля (рис. 7.34).



Рис. 7.33. Общий вид тормозного стенда

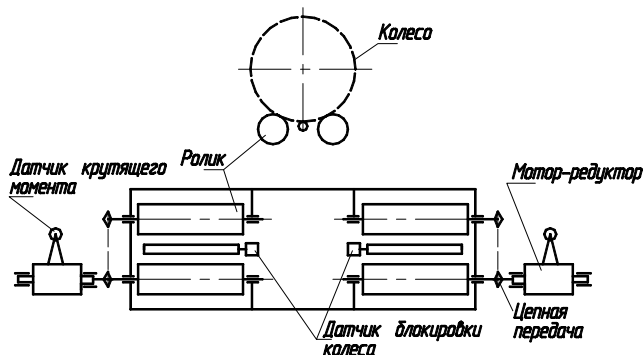


Рис. 7.34. Схема тормозного стенда силового типа

Каждая пара замкнутых цепной передачей роликов для левого и правого колеса приводится в движение электродвигателем (мотор-редуктором), о величине тормозной силы судят по реактивному моменту балансирного мотор-редуктора. Для выключения привода при полной остановке испытуемого колеса к нему упруго поджимается ролик с датчиком блокировки колеса, как только ролик прекращает вращаться, мотор-редуктор отключается.

Испытания тормозной системы начинают при «холодных» тормозах, накачанных до нормального давления чистых и сухих шинах, работающем на малых оборотах двигателя (это необходимо, если в системе имеется вакуумный усилитель). На педаль тормоза легковых автомобилей прикладывают усилие, равное 490 Н, а грузовых и автобусов — 686 Н (величину усилия контролируют специальным датчиком, устанавливаемым на педаль, и ногой давят на этот датчик). Аналогично испытывают эффективность стояночного тормоза.

Удельная тормозная сила, определяемая как отношение суммы тормозных сил к весу автомобиля, в соответствии с требованиями ГОСТ должна быть равна 0,53 для легковых автомобилей (категория M_1 по действующей классификации), 0,46 — для пассажирских автомобилей с числом мест более 8 и грузовых автомобилей, 0,45 — для многоосных прицепов. Неравномерность тормозных сил колес одной оси выражают отношением разницы сил к величине максимальной

тормозной силы (в процентах). Для осей с дисковыми тормозами допустима неравномерность в 20%, для барабанных тормозов – 25%.

Контроль состояния рулевого управления производится серийно выпускаемым люфтомером, который состоит из пружинного динамометра, устанавливаемого на рулевом колесе, соединенной с ним шкалы для контроля угла поворота руля и стрелки, закрепляемой на рулевой колонке. Прибор позволяет замерять трение в рулевом управлении, для чего передние колеса вывешивают, и руль за рукоятку динамометра медленно поворачивают от крайнего левого до крайнего правого положения, наблюдая за показаниями динамометра. Для определения люфта правое колесо фиксируют в положении прямолинейного движения и, воздействуя на рукоятку динамометра, покачивают рулевое колесо вправо и влево, наблюдая за положением неподвижной стрелки относительно перемещающейся с рулевым колесом шкалы.

Суммарный люфт в рулевом управлении не должен превышать предельных значений, установленных изготовителем автомобиля в эксплуатационной документации, а при отсутствии таких данных – следующих предельных значений:

- легковые автомобили и созданные на базе их агрегатов грузовые автомобили и автобусы.....10°
- автобусы.....20°
- грузовые автомобили.....25°.

Суммарный люфт в рулевом управлении можно также определить серийно выпускаемым научно-производственной фирмой «МЕТА» электронным люфтомером ИСЛ-М (рис. 7.35), состоящим из телескопического захвата, который крепится на ободе рулевого колеса; приборного электронного блока, где размещаются оптико-механический преобразователь угла поворота, буквенно-цифровой индикатор и микропроцессорный преобразователь сигналов; датчика движения колеса, связанного с приборным блоком; тяги, необходимой для обеспечения проведения измерений при наклонах оси рулевой колонки менее 30° от вертикальной оси.

Принцип действия прибора ИСЛ-М основан на измерении угла поворота рулевого колеса автомобиля посредством преобразования импульсного сигнала оптико-механического датчика угла поворота в интервале срабатываний индуктивного датчика движения управляе-

мых колес при выборе люфта рулевого управления в обоих направлениях вращения руля.

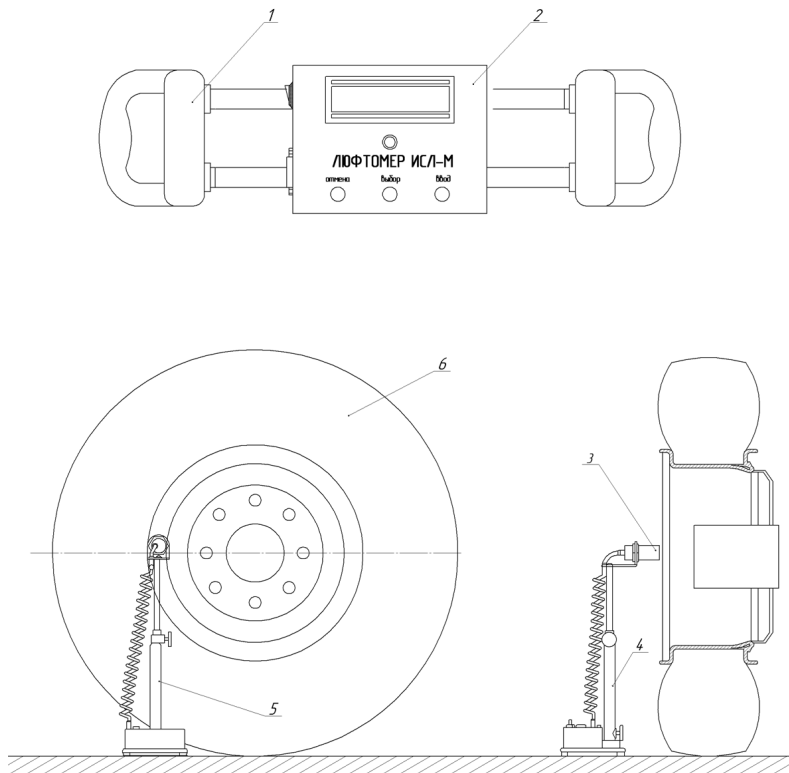


Рис. 7.35. Схема определения суммарного люфта в рулевом управлении:
1 – захват; 2 – приборный блок; 3 – индуктивный преобразователь перемещения; 4 – стойка; 5 – датчик движения; 6 – управляемое колесо

Для визуального наблюдения источников повышенного люфта в рулевом управлении могут быть использованы специальные стенды, состоящие из поворачивающихся площадок, на которые устанавливаются передние колеса автомобиля. Под действием привода, в качестве которого могут использоваться пневматические камеры тормозной системы, площадка поворачивается вправо и влево, а слесарь, находящийся под автомобилем, наблюдает, в сопряжении каких элементов обнаруживается люфт.

Автомобили после испытаний на соответствие техническим требованиям проходят предварительную техническую приемку, а после подконтрольной эксплуатации в дорожных условиях — окончательную приемку. При сдаче отремонтированных агрегатов и машин отделу технического контроля их качество должно соответствовать техническим условиям на выдачу автомобилей из ремонта.

Подконтрольная эксплуатация в дорожных условиях, например, автомобилей КамАЗ производится на дорогах с твердым покрытием на расстояние 40...50 км с максимальной скоростью движения не более 40 км/ч и нагрузкой, не превышающей 75% номинальной грузоподъемности автомобиля.

В процессе обкатки в дорожных условиях проверяются исправность и надежность работы всех систем, узлов и агрегатов автомобиля. Так, контроль эффективности тормозной системы в дорожных условиях помимо измерения тормозного пути может включать измерение установленного замедления, которое для грузовых автомобилей должно быть $4,5 \text{ м/с}^2$. Контроль замедления осуществляют устанавливаемым в автомобиле механическим деселерометром или прибором, датчик которого состоит из пьезокристалла с приклеенной к нему некоторой массой. Как известно, произведение ускорения на массу выражает силу инерции, при воздействии которой на гранях кристалла возникает электрический потенциал, являющийся сигналом замедления.

После обкатки автомобиль тщательно осматривают, устраняют все выявленные неисправности и проводят дополнительные регулировки. В паспорте автомобиля заносят отметки о выполненном ремонте, фиксируют его комплектность, техническое состояние и соответствие отремонтированного автомобиля техническим условиям на капитальный ремонт. Соответствие техническим условиям гарантирует работоспособность автомобиля в течение определенного времени эксплуатации при проведении соответствующего технического обслуживания и ремонта.

В настоящее время гарантийный срок эксплуатации автомобилей составляет 12 месяцев со дня выдачи из ремонта при пробегах:
не более 20 тыс. км — для автобусов;
не более 16 тыс. км — для прочих автомобилей.

Передача автомобилей, прошедших капитальный ремонт, автотранспортным предприятиям производится на основании приемосдаточного акта.

Контрольные вопросы

1. Какие виды сборки автомобилей и агрегатов вы знаете?
2. Какие задачи решаются при выполнении сборочных работ автомобилей и агрегатов?
3. Какие задачи ставятся перед обкаткой и испытаниями автомобилей и агрегатов?
4. Из каких стадий состоит испытание двигателя внутреннего сгорания?
5. Как испытывают коробки передач под нагрузкой?
6. Какие технологические методы и оборудование применяют для испытаний автомобилей и агрегатов?

8. РЕМОНТ КУЗОВА АВТОМОБИЛЯ

8.1. Общие сведения о кузовном ремонте

В процессе эксплуатации в кузове легкового автомобиля и в кабине грузового могут появляться различные дефекты: усталостные трещины, коррозионные повреждения панелей, деформации силовых элементов и панелей, повреждение резьбы приваренных гаек и шпилек, разрушение остекления, нарушение шумоизолирующих, герметизирующих и лакокрасочных покрытий. Дефекты могут являться результатом процессов естественного старения автомобиля или перегрузок, возникающих при дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) и других нарушениях условий эксплуатации автомобиля. Виды ремонтных воздействий определяются комплексом имеющихся дефектов и наличием технологических возможностей (оборудование и квалификация исполнителей).

Повреждения кузова автомобиля, полученные в результате ДТП, можно разделить на три категории:

- очень сильные повреждения, в результате которых необходима замена кузова, так как его восстановление нецелесообразно;
- средние повреждения, приведшие к нарушению геометрии кузова и взаимного расположения точек крепления агрегатов автомобиля;
- менее значительные повреждения (пробоины, разрывы на лицевых панелях, вмятины, царапины, что не нарушает функционирование автомобиля, хотя портит его внешний вид).

Наиболее разрушительные повреждения кузова наблюдаются при фронтальных столкновениях (рис. 8.1), т. е. при соударениях, нанесенных автомобилю непосредственно в переднюю часть кузова или под углом не более $40...45^\circ$ в районе передних стоек.

Как правило, такие столкновения происходят между двумя движущимися навстречу друг другу транспортными средствами, скорости которых при ударе складываются, что создает высокие нагрузки. Большое количество энергии (около $80...100$ кДж для автомобиля массой $950...1000$ кг) поглощается при деформации элементов кузова за время менее $0,1$ с. При этом разрушается не только передняя, но и задняя часть кузова, так как действующие большие нагрузки в про-

дольном, поперечном и вертикальном направлениях передаются всем смежным деталям каркаса кузова.

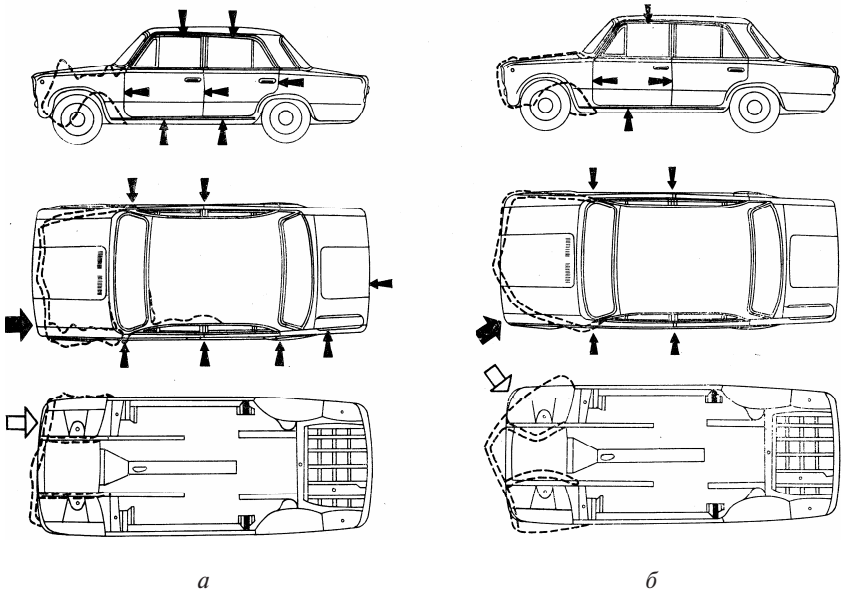


Рис. 8.1. Деформации кузова в результате аварии: *а* – фронтальный удар передней левой частью; *б* – удар передней частью под углом 40...45°

При нанесении удара сбоку в переднюю часть кузова автомобиля в районе сопряжения передней панели с передними частями лонжерона и левого крыла разрушительные повреждения получают оба передних крыла, панель передка, брызговики, лонжероны и капот. Растягивающие усилия нарушают проем левой передней двери, сжимающие усилия вызывают деформацию в проеме правой двери и в боковине левой передней двери. Передние и центральные стойки также получают значительные силовые перегрузки и отклоняются от своего номинального положения. При боковых ударах обычно наблюдается трудно устранимое скручивание (как пропеллер) днища кузова.

Выполняя внешний осмотр аварийного кузова в случаях, аналогичных приведенным выше, можно установить наличие перекосов по выступанию (западанию) дверей, крышки багажника и капота относи-

тельно неподвижных поверхностей кузовных деталей. Нарушение равномерности зазоров (свыше допустимых размеров, оговоренных в нормативно-технической документации) по линиям сопряжения навесных и неподвижных деталей также свидетельствует о наличии деформации в деталях каркаса кузова. При этом следует помнить, что внешним осмотром нельзя определить фактические отклонения линейных размеров проемов кузова и геометрических параметров по базовым точкам основания кузова. Для этих целей необходимо применять измерительные средства, контрольные приспособления и стенды.

При организации осмотра рекомендуется последовательно осматривать переднюю и заднюю части автомобиля, отвечая на следующие вопросы.

Передняя часть. Есть ли изгибы, трещины, вмятины деталей передней подвески? Есть ли деформации деталей рамки радиатора, крыльев? Имеются ли деформации стоек, брызговиков, лонжеронов, щитка передка, пола? Плотны ли прилегают сопрягаемые детали передка? Имеется ли скручивание передней части кузова? Нет ли подвижки передних крыльев, в норме ли зазоры с капотом и с дверями? Нарушено ли сопряжение ветрового стекла с рамкой ветрового окна? Есть ли деформация в районе верхней части центральной стойки и панели крыши? Есть ли повреждения (скручивание) внутри автомобиля (сопряжение панели приборов, облицовок салона и туннеля пола)? Есть ли повреждения деталей рулевого управления? Есть ли течи масла, охлаждающей жидкости, тормозной жидкости и топлива? Не повреждены ли трубопроводы, шланги? Нет ли повреждений электропроводки? Есть ли посторонний шум при работе двигателя, коробки передач, раздаточной коробки и мостов? Есть ли следы контакта узлов трансмиссии с деталями кузова?

Задняя часть. Имеются ли складки, вмятины на заднем полу, поперечинах? Есть ли вмятины на задних крыльях, задней панели, арках, полу? Плотны ли прилегают сопрягаемые детали задней части кузова? Есть ли перекос в проеме двери задка? Есть ли следы ударов, повреждения деталей заднего моста?

Следует иметь в виду, что неисправности автомобиля, влияющие на безопасность движения, обнаруженные при приемке или в процессе ремонта, подлежат обязательному устранению. Не рекомендуется

принимать в ремонт кузова, имеющие сквозную коррозию по линиям соединения несущих элементов, исключаящую возможность присоединения (сварки) ремонтных вставок (одновременно по передним и задним лонжеронам и усилителям пола); аварийную деформацию с одновременной сквозной коррозией элементов основания кузова, исключаящую возможность их правки; деформацию после пожара со смещением двух и более контрольных точек в разных зонах основания кузова более чем на 30 мм.

Существует практика присвоения номера сложности ремонта кузова в зависимости от объема ремонтных работ, степени повреждения, деформации и коррозионного разрушения.

Ремонт № 1. Выправление повреждений поверхности площадью до 20% в легкодоступных местах.

Ремонт № 2. Выправление повреждений со сваркой или ремонт № 1 на поверхности площадью до 50%.

Ремонт № 3. Выправление повреждений со вскрытием и сваркой, с частичным восстановлением до 30% площади поверхности; частичное восстановление деталей вытяжкой и правкой с усадкой металла, вырезкой участков, не подлежащих ремонту; изготовление ремонтных вставок из бракованных деталей кузова или из листового металла с приданием ему формы восстанавливаемой детали.

Ремонт № 4. Частичное восстановление деталей на поверхности площадью свыше 30%.

Ремонт № 5. Замена поврежденной части детали кузова ремонтной вставкой из номенклатурных запасных частей завода-изготовителя или изготовленной по его чертежам.

Ремонт № 6. Крупноблочный ремонт, предусматривающий замену поврежденных частей кузова блоками деталей отбракованных кузовов, с разметкой, отрезкой, подгонкой, вытяжкой, рихтовкой и сваркой.

Организационно последовательность действий при ремонте автомобильного кузова следующая.

1. Мойка кузова, чистка и сушка.
2. Приемка кузова в ремонт.
3. Определение вида необходимого ремонта.
4. Разборка кузова полная или частичная.

5. Ремонт кузова или его элементов (дверей, капота и т. п.) правкой деформированных участков либо заменой поврежденных деталей кузова ремонтными вставками.
6. Контроль качества ремонта кузова перед окраской.

Полная разборка кузова определяется его конструкцией, но общая последовательность разборки сводится к снятию сидений, внутреннего оборудования и обивки салона, стекол кузова, электропроводки, дверей и оперения. Разборка кузовов несущей конструкции требует разборки автомобиля, так как некоторые детали и узлы снимаются до отсоединения электрооборудования и агрегатов ходовой части автомобиля, а некоторые – только после снятия агрегатов.

Дефектация как составная часть технологического процесса восстановления производится при приемке кузова в ремонт, а также непосредственно при выполнении каких-либо ремонтных операций. Дефектация кузова необходима для обнаружения дефектов (в том числе и скрытых), определения вида ремонта и способов устранения имеющихся повреждений. Для дефектации, как правило, необходим пост, оснащенный подъемником автомобиля и контрольно-измерительным инструментом для определения технического состояния кузова.

Контрольные вопросы

1. Какие дефекты автомобильного кузова возникают при дорожно-транспортных происшествиях?
2. С какими дефектами не рекомендуется принимать кузов в ремонт?
3. По какому признаку проводится классификация ремонта?
4. Какова последовательность технологических операций, проводимых при ремонте кузова?

8.2. Восстановление геометрии несущих элементов кузова

Технология правки сложных перекосов зависит от типа применяемых ремонтных (рихтовочных) стенов (стапелей), поэтому в каждом конкретном случае планирование ремонта следует производить как с учетом конструкции кузова и вида повреждения автомобиля, так и с учетом возможностей и особенностей применения ремонтного стенода. Перед началом восстановления геометрии кузова необходимо определить области недеформированной части кузова и направления

удара при деформации кузова. Следует помнить, что в идеале именно приложение правочного усилия в направлении, обратном удару, позволяет восстановить исходные размеры с минимальным количеством ремонтных воздействий (рис. 8.2).

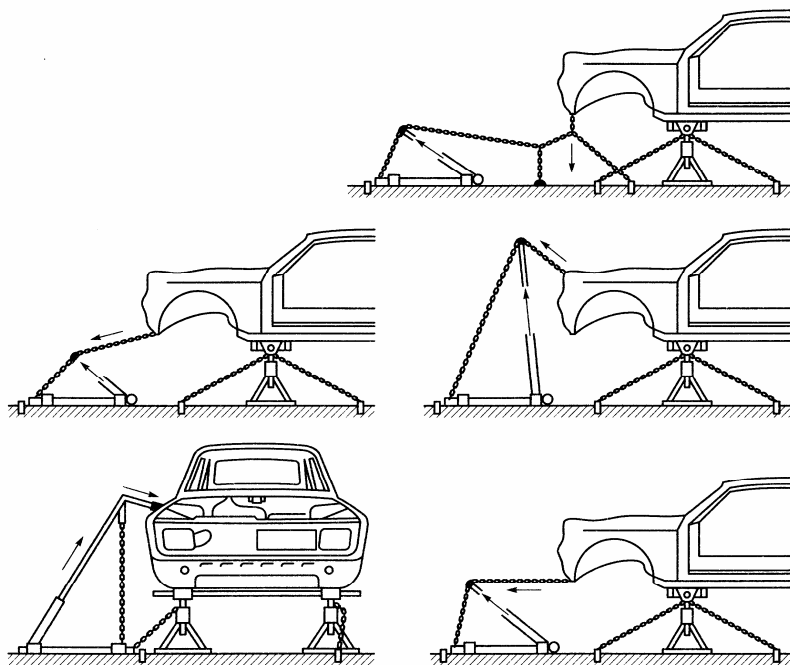


Рис. 8.2. Схемы вариантов приложения усилий при правке кузова

Как правило, ремонтный стенд состоит из рамы, гидравлического привода, комплекта рычагов, гидроцилиндров, цепей, набора инструмента для ручной правки, приспособлений для установки и крепления кузова автомобиля и пр. Для выполнения ремонтных операций методами гидравлической и ручной правки аварийный кузов или автомобиль устанавливают по центру стенда и закрепляют на подставках. В зависимости от характера и места расположения повреждения в кузове на стенд может быть установлен либо автомобиль в сборе, либо автомобиль без заднего моста или передней подвески, либо только кузов автомобиля (рис. 8.3).

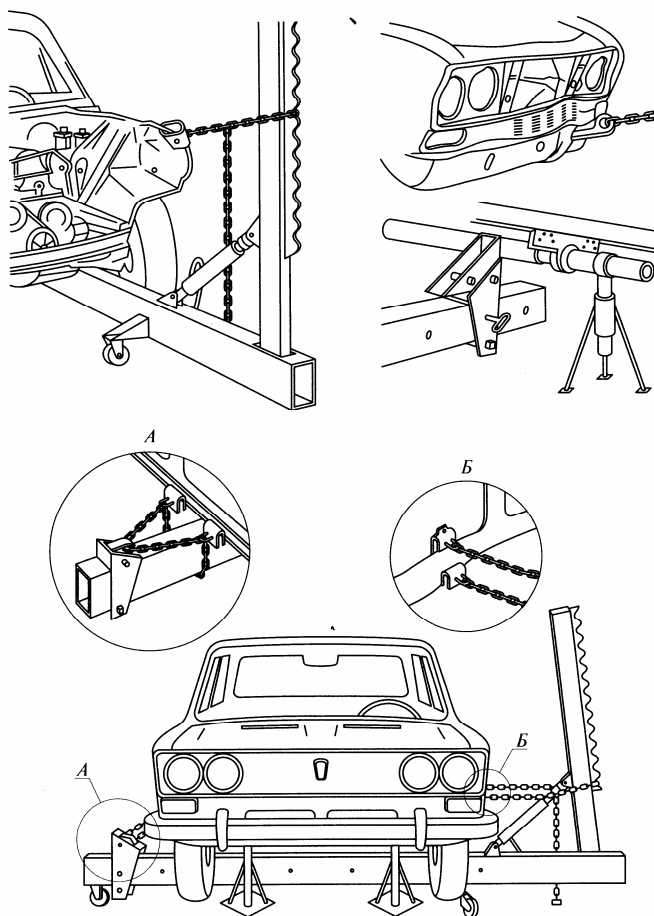


Рис. 8.3. Закрепление на автомобиле растягивающих элементов стандартного силового устройства при вытяжке деформированных участков кузова

При использовании стенда с анкерными устройствами автомобиль закрепляют на стойках (рис. 8.4). Если стенд рамной конструкции, то автомобиль (кузов) устанавливают на раму и вывешивают на подставках с помощью гидравлических домкратов. На подставки опираются силовые поперечные трубы, закрепляемые губками своих зажимов за ребра жесткости порогов кузова. Кузов автомобиля к фундаментной раме прикрепляют расчалочными приспособлениями за поперечные трубы в их опорных точках.

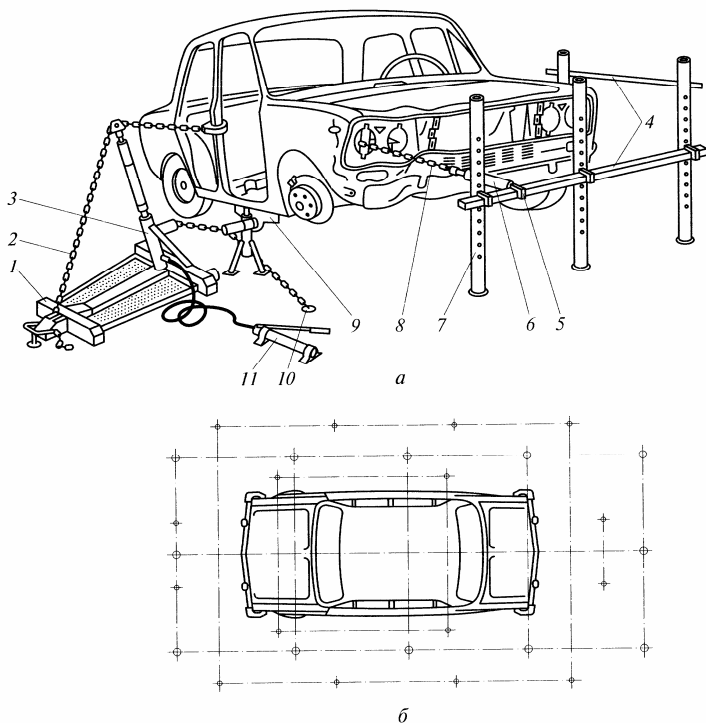


Рис. 8.4. Рихтовочный стенд с анкерными устройствами (а) и схема расположения анкерных устройств и гнезд под вертикальные опоры (б):

- 1 – силовая установка; 2 и 8 – цепи; 3 и 6 – силовые цилиндры;
 4 – поперечные траверсы; 5 – ползушка; 7 – переносные вертикальные опоры; 9 – силовая поперечная труба; 10 – анкерное устройство;
 11 – гидравлический насос

Применение стендов позволяет проводить правку кузова методом растяжки. Правку поврежденных участков кузова методом выдавливания выполняют с помощью силовых устройств, устанавливаемых внутри автомобиля с упором на элементы кузова (рис. 8.5). Различают два типа силовых приспособлений – механические и гидравлические.

К механическим силовым устройствам относятся конструкции винтового типа двухстороннего действия (рис. 8.6). Получение усилия основывается на принципе работы винтовой пары, когда вращение одной втулки с правой и левой резьбой, внутри которой перемещаются винтовые стержни, создает стягивающее или растягивающее усилие.

Втулки и стержни имеют устройства для монтажа различных захватов, упоров и струбцин. При наличии удлинителей зона действий винтового устройства может достигать 700...1500 мм, что позволяет провести правку проемов дверей, моторного отсека, багажника и крыши кузова.

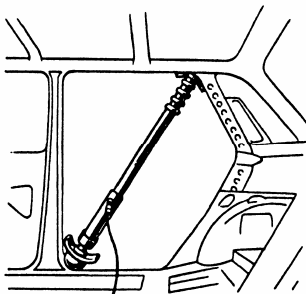


Рис. 8.5. Правка проёма задней двери кузова гидравлическим устройством

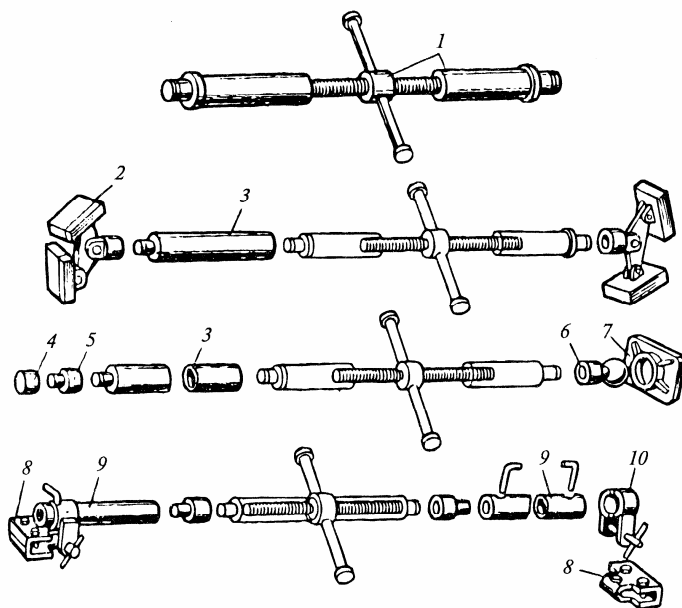


Рис. 8.6. Комплект винтовых растяжек: 1 – винтовая растяжка; 2 – шарнирные упоры; 3 – удлинители; 4 – цилиндрический упор; 5 – переходник; 6 – сферический упор; 7 – опорная пята; 8 – струбцина; 9 – проставка; 10 – угловой переходник

К гидравлическим силовым устройствам относятся конструкции, в которых усилие растяжки создается гидравлическим насосом, от него жидкость под давлением передается по шлангу высокого давления к рабочему гидроцилиндру (рис. 8.7).

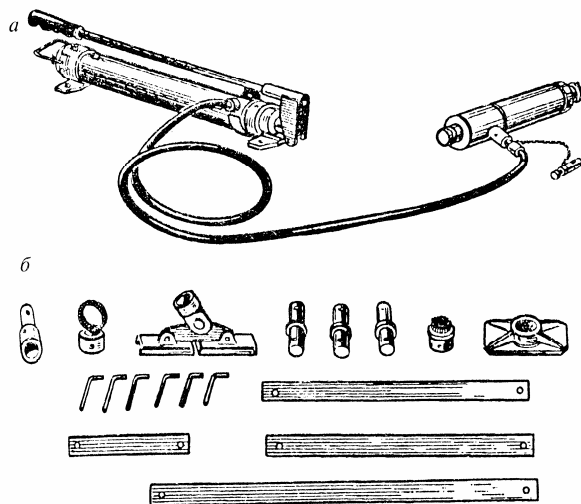


Рис. 8.7. Оснастка для правки кузова: *а* – гидравлическое устройство; *б* – набор приспособлений

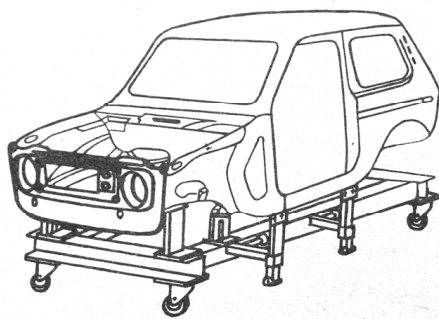


Рис. 8.8. Установка кузова на стенде для контроля геометрии

Набор приспособлений, входящих в комплект домкрата, обеспечивает большой фронт выполняемых работ. Для каждого конкретного

случая собирают свой вариант домкрата, состоящего из силового цилиндра, переходников, муфт, удлинителей, опор и воротков. Направление растягивающих усилий должно быть выбрано под тем же углом, под которым была направлена сила, вызвавшая повреждение кузова.

Стенды правки кузовов могут быть универсальными или специализированными для работы только с конкретными моделями автомобилей. Кузов фиксируется на раме стенда с помощью шаблонов (кронштейнов) во многих точках, определяемых заданным чертежом расположением на кузове базовых и технологических отверстий (рис. 8.8).

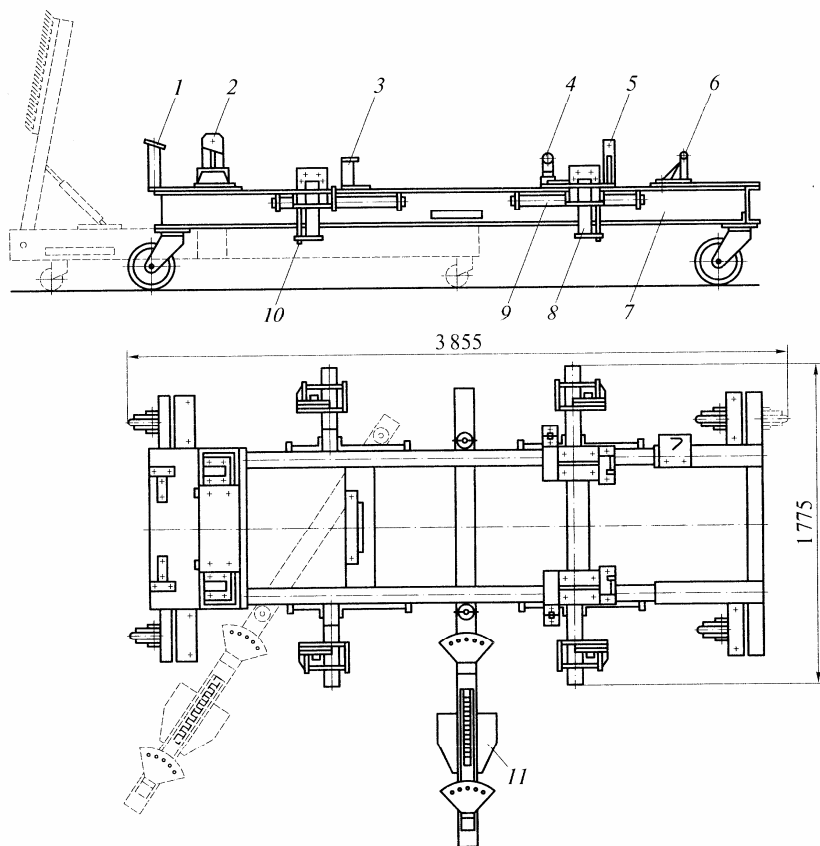


Рис. 8.9. Передвижная установка БС-123.000 для правки и контроля кузовов легковых автомобилей: 1...6 – съемные опорные кронштейны; 7 – рама; 8 – стойки с зажимными приспособлениями; 9 – эксцентриковые валы; 10 – регулировочные винты; 11 – силовой элемент (устройство БС-124.000)

Кузов как бы насаживается своей нижней частью на колодку. При необходимости производят вытягивание деформированных участков с помощью силового устройства (рис. 8.8, 8.9, 8.10). Так восстанавливается конфигурация нижней платформы. Затем от нее как от базы воспроизводится геометрия верхней части кузова.

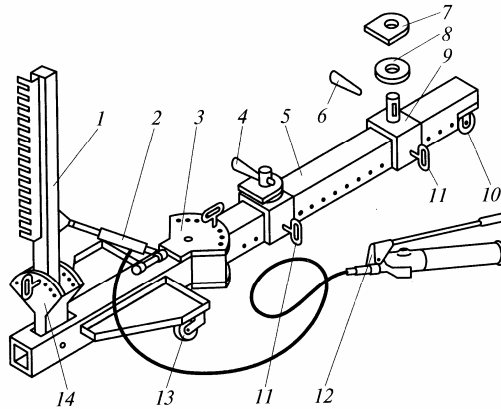


Рис. 8.10. Силовое поворотное устройство БС-124.000 для правки кузовов:
 1 – качающийся рычаг; 2 – силовой гидроцилиндр; 3 – поворотная балка; 4 – зажимное устройство; 5 – основная балка; 6, 7, 8, 9, 11 – детали зажимного устройства; 10, 13 – колеса; 12 – гидронасос; 14 – серьга

Применение шаблонов значительно упрощает работу, обеспечивая наглядность в процессе вытяжки; шаблоны без пропусков повторяют сеть контрольных точек поврежденного кузова, что позволяет выявить деформированные участки без проведения контрольных обмеров. Кроме того, многоточечное крепление деформированного кузова на раме стенда с помощью шаблонов, являющихся силовыми элементами, значительно повышает жесткость и обеспечивает сохранение геометрии кузова при приложении к нему любых тяговых усилий. При этом во время проведения работы по восстановлению геометрии кузова нет необходимости заботиться о том, чтобы не деформировались неповрежденные участки кузова, что упрощает и ускоряет процесс правки. Жесткая схема крепления деформированного кузова и ремонтных деталей облегчает трудоемкую работу по подгонке и приварке новых панелей и силовых элементов.

У шаблонного метода есть и недостатки: повышенная трудоемкость установки кузова на стенде; необходимость иметь для каждой модели автомобиля индивидуальный комплект шаблонов, что сильно удорожает оборудование, поскольку каждый шаблон представляет собой силовую конструкцию, выполненную с высокой точностью из качественной легированной стали.

Ремонт легких и средних повреждений удобнее всего выполнять на правочных стендах напольного типа. Их основные преимущества — относительная дешевизна, многофункциональность и компактность (рис. 8.11).

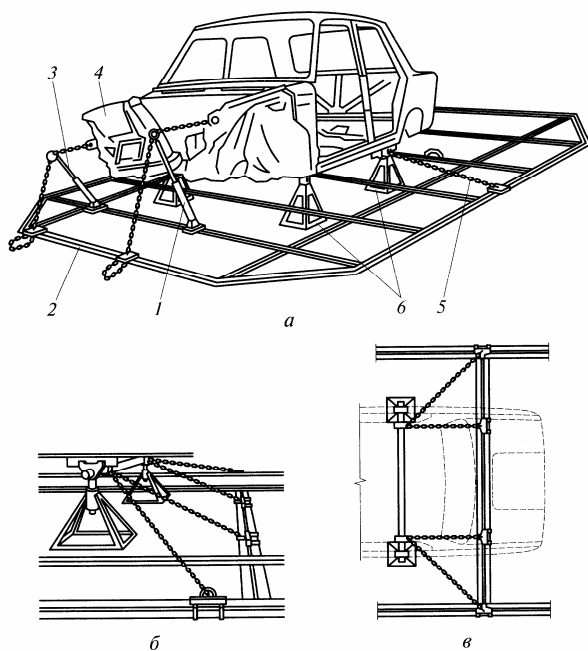


Рис. 8.11. Напольная стапельная рама Р-620 для правки кузова легкового автомобиля: *а* — общий вид; *б* — схема закрепления за пороги кузова; *в* — схема запасовки цепей; 1, 3 — рабочие гидроцилиндры; 2 — основание; 4 — кузов; 5 — расчалочное приспособление; 6 — подставки

Вмонтированная заподлицо в пол фундаментная стальная рама служит основанием стенда. Она предназначена для установки и закрепления четырех стоек для фиксации кузова, силовых стоек, натяж-

ных устройств векторного типа, выполненных в виде гидроцилиндров с усилием 100 кН. Рама изготовлена из набора швеллеров, образующих пересечения коробчатого профиля, в которых проделаны пазы шириной 20 мм, расположенные вдоль и поперек всей площади рамы. Усилия растяжения создаются с помощью силовых стоек или гидродомкратов. Механическое воздействие передается от рабочих гидроцилиндров на деформированные участки кузова через различные опоры, подставки, удлинители и цепи.

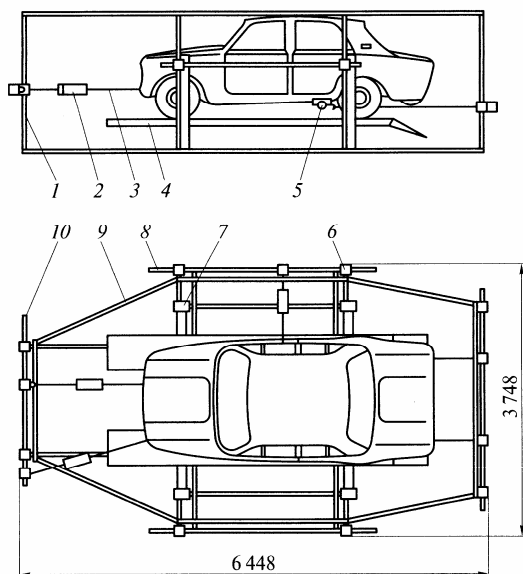


Рис. 8.12. Пространственная рама БС-167.000 для восстановления аварийных кузовов легковых автомобилей: 1 – вертикальная опора прямоугольного сечения; 2 – силовой гидравлический цилиндр; 3 – расчалочная цепь; 4 – подъемная платформа; 5 – захватывающее приспособление; 6 – ползушка; 7 – колонна стоечного подъемника; 8, 10 – продольная и поперечная траверсы; 9 – горизонтальная связка

Для устранения серьезных нарушений геометрии кузова требуется рабочий пост, оборудованный рамным стандом-стапелем для правки, основой которого является прочная рама, которая может быть передвижной или смонтированной на подъемнике (рис. 8.12). Конструк-

тивная прочность такой рамы должна быть достаточно высокой, чтобы выдержать без деформации нагрузки в десятки тонн, которые применяют при вытягивании кузова. К раме с помощью зажимов крепятся деформированный кузов и необходимые для правки устройства и приспособления. Это могут быть гидравлические тяговые устройства (одно или несколько) либо элементы измерительной системы. Местами крепления кузова к платформе подъемника служат элементы буксирных устройств, домкратные гнезда или ребра жесткости порогов кузова.

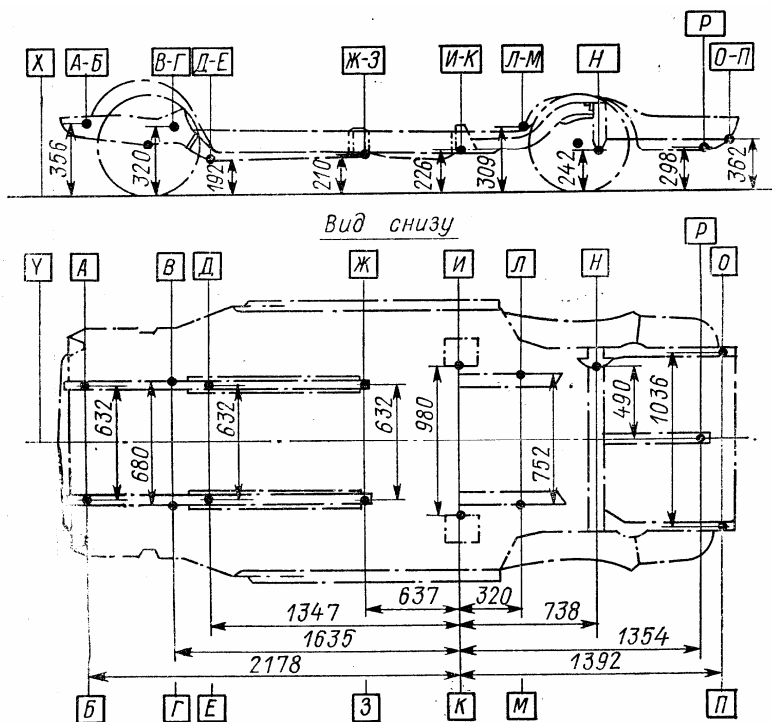


Рис. 8.13. Контрольные точки и размеры для проверки пола кузова автомобиля «Жигули»

Контроль геометрии кузова при его правке осуществляют путем замеров положения контрольных точек задаваемых чертежом кузова или его отдельных элементов (рис. 8.13). Заводы – производители автомобилей выпускают размерные карты нижней и верхней частей кузова,

в которых содержится информация о расположении контрольных точек. Элементы кузова, принятые за контрольные точки, по которым можно определять его геометрию, расположены в основном в доступных для замеров местах, их легко найти при использовании размерных карт.

Простейшие измерительные устройства – это специальные линейки (рис. 8.14), с помощью которых можно проверять размеры проемов капота, багажника, дверей и окон (рис. 8.15). Для контроля скрученности и изгиба пола кузова могут быть использованы подвесные линейки. Две линейки крепятся на недеформированном участке кузова, и поэтому они располагаются параллельно, а третья линейка, закрепленная в зоне деформации кузова, позволяет заметить скрученность кузова, а по сдвигу визиров – погнутость (рис. 8.16).

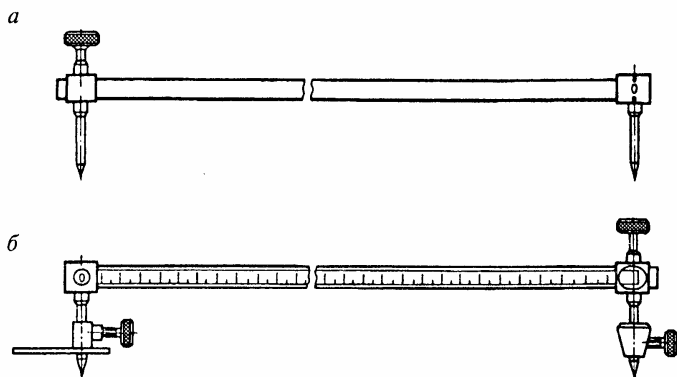


Рис. 8.14. Линейки для контроля проёмов кузова: *a* – без шкалы; *б* – с измерительной шкалой

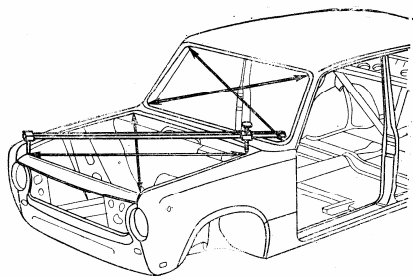


Рис. 8.15. Контроль размеров проёмов кузова

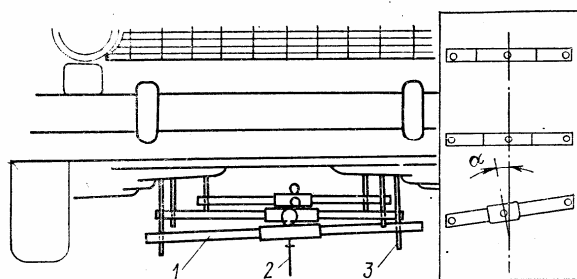


Рис. 8.16. Контроль базовых точек пола кузова подвесными линейками:
1 – линейка; 2 – визир; 3 – подвеска; α – угол отклонения оси линейки

Другим вариантом контроля геометрии кузова является использование оптических устройств с лазерным лучом, который направляется на подвешенные вертикально градуированные линейки (часто – прозрачные). Места крепления линеек устанавливаются размерными картами кузова, а луч лазера, попадающий на линейки, позволяет определять координаты точек подвеса, т. е. контрольных точек кузова.

На рис. 8.17 показан вариант использования электронной контрольно-измерительной системы на правочном стенде напольного типа.

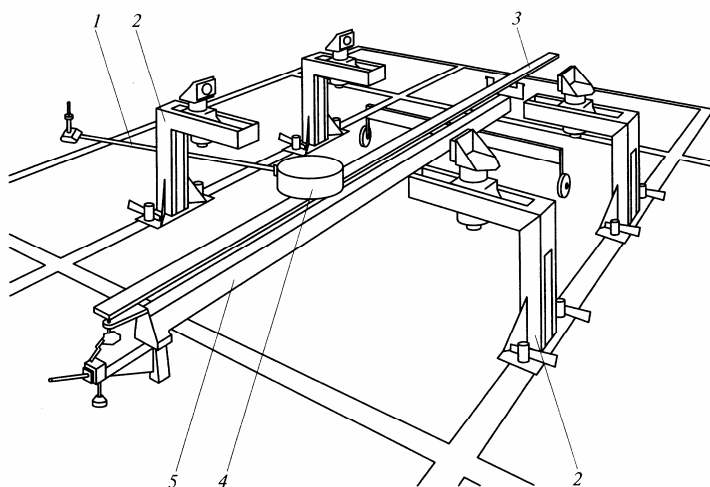


Рис. 8.17. Механическая часть электронной контрольно-измерительной системы: 1 – шарнирный удлинитель; 2 – кронштейны; 3 – линейка; 4 – измерительная головка; 5 – направляющая

Принцип работы современной электронной контрольно-измерительной системы относительно прост: после установки системы на стапеле (рис. 8.18) либо на подставке для работы на подъемнике (рис. 8.19) и ее включения необходимо определить координаты 3...4 точек недеформированной части платформы кузова.

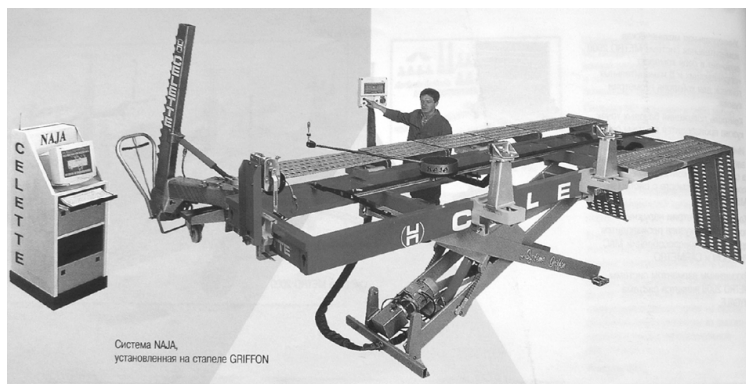


Рис. 8.18. Установка компьютерной системы на стапель для правки кузова

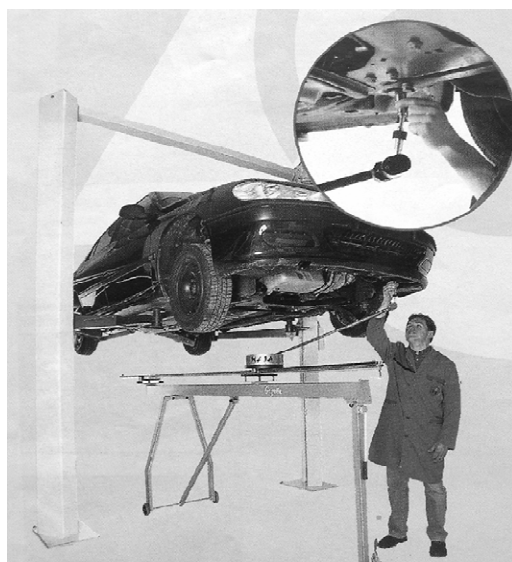


Рис. 8.19. Контроль геометрии кузова автомобиля, установленного на двухстоечный подъемник

Это достигается подведением рукой измерительного наконечника к контрольным точкам кузова, что сопровождается перемещением измерительной головки и шарнирного удлинителя. Все перемещения и повороты контролируются датчиками, сигналы которых поступают в компьютер. После этого компьютером рассчитывается взаимное расположение измеренных точек и направляющей линейки относительно кузова. При этом отпадает необходимость в тщательной юстировке линейки относительно автомобиля перед проведением измерений, поскольку расчетная программа сама оценивает начальное положение измерительной головки. По окончании этой операции система полностью готова для проведения измерений и определения степени деформирования кузова, которое рассчитывается путем сравнения замеренных значений с хранящимися в базе данных компьютера координатами кузова.

Наиболее надежным средством связи измерительного блока с компьютером является радиоканал с частотой, максимально защищенной от помех и не оказывающей вредное влияние на здоровье обслуживающего персонала. Система позволяет контролировать все три координаты любой точки кузова автомобиля в процессе вытяжки в режиме реального времени. После попадания точки в зону допуска ее координат на экране значения высвечиваются зеленым цветом, и подается звуковой сигнал.

Современные стапелы для кузовного ремонта оснащаются датчиками предельных деформаций силовых элементов кузова. Датчики перед началом вытяжки устанавливаются на кузов и при возрастании механических напряжений до значений, опасных для прочности, сигнализируют о невозможности дальнейшей деформации. Это предотвращает разрывы элементов кузова в процессе правки.

Вытягивание элементов кузова, если это необходимо, производят поэтапно, последовательно воздействуя на разные элементы. Следует помнить, что после снятия нагрузки могут произойти упругая отдача (обратная деформация) и релаксация остаточных напряжений, приводящие к частичному возвращению геометрии металлоконструкции в прежнее положение, которое было до вытяжки. Поэтому при восстановлении геометрии кузова целесообразно использовать эффект ползучести металла и оставлять кузов в нагруженном состоянии на длительное время.

Если возникает необходимость, то при восстановлении геометрии кузова могут срезаться некоторые стойки или лонжероны, а после правки их вновь приваривают. Места сварки могут быть усилены накладыванием дополнительных пластин, при этом, однако, не следует сильно менять жесткость элементов кузова. Кузов является сложной статически неопределимой конструкцией, поэтому изменение жесткости одного из элементов может существенно перераспределять нагрузку в других элементах.

Для полностью собранного кузова проводят проверку сопряжений лицевых деталей по величине зазоров, выступания или западания панелей дверей, капота и т. д., которые замеряют металлической линейкой или штангенциркулем. При ремонте необходимо стремиться к равномерности зазоров по линиям сопряжения между подвижными и неподвижными лицевыми деталями. Двери кузова, крышка багажника и капот должны быть подогнаны по посадочным местам, не иметь перекосов, надежно закрываться и легко открываться. Выступание подвижных лицевых деталей относительно неподвижных поверхностей должно быть минимальным.

Контрольные вопросы

1. Как учитывается при ремонте кузова направление удара, в результате которого произошла его деформация при дорожно-транспортном происшествии?
2. Какие основные виды оборудования для контроля геометрии кузова вы знаете?
3. По каким параметрам осуществляют контроль геометрии кузова?
4. При помощи каких измерительных инструментов осуществляют контроль геометрии кузова?
5. Каков принцип работы оборудования, используемого при восстановлении геометрии кузова?
6. Назовите основные виды стенов для правки кузова.

8.3. Удаление поврежденных элементов кузова, замена и ремонт кузовных деталей

Деформации, встречающиеся при ремонте аварийных автомобилей, настолько разнообразны, что найти кузова с одинаковой степенью повреждений почти невозможно. Многие аварийные кузова при восстановлении требуют механических воздействий, т. е. отрезку тех или других деталей, которые мешают снять с автомобиля тот или иной агрегат или узел (например, переднюю подвеску, радиатор, двигатель, топливный бак, запасное колесо и многие другие детали в зависимости от места и величины повреждения). В этих случаях на стадии разборки автомобиля необходимо отделить деформированную часть кузова или целые панели, являющиеся частью всего корпуса сварной конструкции. Для выполнения этих операций используется механизированный инструмент или ручная ножовка, зубило и т. п.

Последовательность операций при разборке и удалении отдельных поврежденных элементов кузова должна быть такой, чтобы ремонтируемый узел не получил дополнительных деформаций, вызывающих искажение геометрических параметров за счет ослабления места ремонта. В ходе ремонта рекомендуется использовать кондукторы и распорки, устанавливаемые в проемы кузова и удерживающие в нормальном положении узел, лишившийся опоры в результате удаления деформированного элемента кузова (например, при замене панелей боковин и центральных стоек).

Технология удаления негодных для восстановления панелей кузова, подвергшихся коррозии или сильно деформированных, зависит от способа их крепления к корпусу. Наибольшие трудности вызывает удаление панелей, являющихся частью сварного кузова, как правило, соединяемых между собой сваркой (контактной, электродуговой или газовой).

Панели, являющиеся элементами цельнометаллических кузовов сварной конструкции, вырубается ручным зубилом или пневмозубилом (рис. 8.20), вырезаются пилами, ножницами или газовыми резаками. Часто для этих целей используются электрические и пневматические отрезные машинки с абразивными отрезными дисками (рис. 8.21). Перед выполнением работ по удалению поврежденных элементов кузова производится разметка границ удаляемого участка.

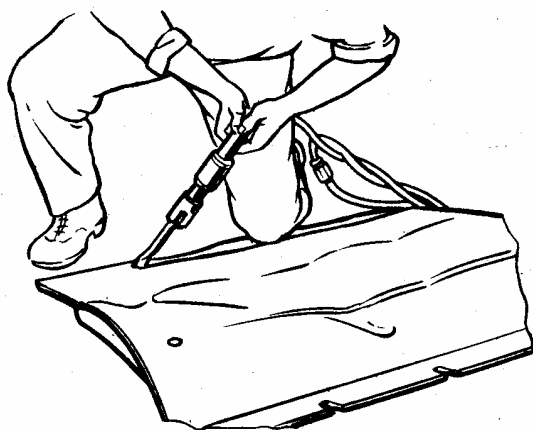


Рис. 8.20. Вырубка дефекта пневматическим зубилом

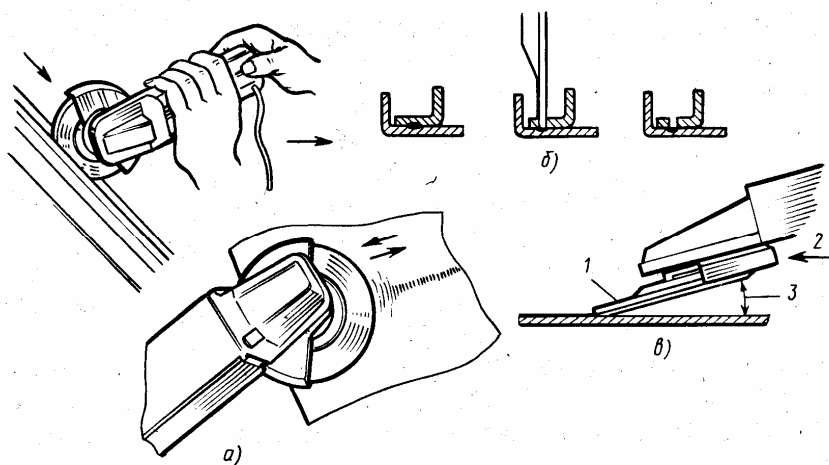
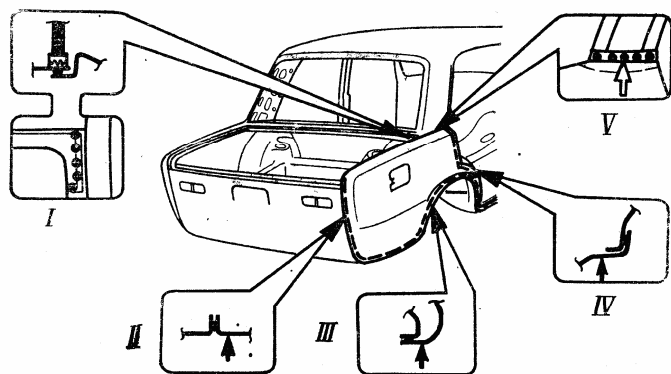


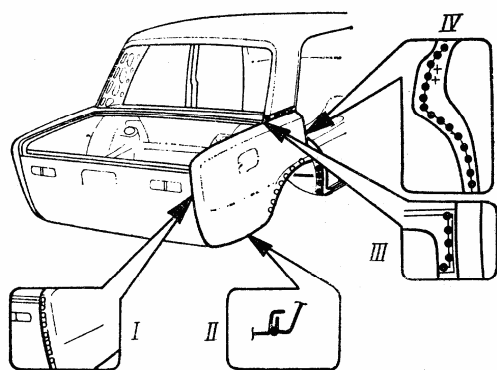
Рис. 8.21. Применение ручных шлифовальных машинок: *а* – заравнивание сварного шва; *б* – резка по линии точечной сварки; *в* – расположение шлифовального круга (1 – шлифовальный круг; 2 – защитный кожух; 3 – угол наклона около 15°)

Основным способом сборки кузова в процессе производства современного автомобиля является контактная сварка, и для снятия панели требуется убрать точки сваренных участков (рис. 8.22). Удале-

ние точек сварки производится пальчиковой фрезой или специально заточенным сверлом с помощью дрели путем высверливания на толщину листа снимаемой панели, после чего панели разъединяются с помощью зубила ударами молотка (рис. 8.23).



а



б

Рис. 8.22. Замена заднего крыла:

а – удаление (штриховыми линиями обозначены места, по которым крыло срубается); *б* – сварка ремонтной детали



Рис. 8.23. Процесс снятия приваренной панели

Для разделения деталей по месту шовной сварки на одной из деталей стачивается часть или вся зона сварного соединения, как это показано на рис. 8.21. Когда доступ инструмента возможен со стороны удаляемой детали с минимальным воздействием на остающуюся деталь, стачивается только часть зоны сварного соединения. Операция выполняется твердосплавной шарошкой диаметром 4...6 мм с помощью высокооборотной шлифовальной машинки или дрели со специально заточенным сверлом. Если доступ к сварочным точкам со стороны удаляемой детали невозможен, то пользуются обычным сверлом, высверливая точки сварки насквозь с удобной стороны, предварительно наметив центры керном.

Для разделения деталей по месту точечной сварки часто используется следующий прием: предварительно отрезается удаляемый участок так, чтобы осталась лишь полоса шириной 15...20 мм с точечной сваркой, которая затем отделяется клещами или кусачками.

Снятые с кузова детали – панели, а иногда и силовые элементы (стойки, лонжероны), очевидно, удобнее править отдельно от кузова в сборе. Целесообразность снятия элементов кузова определяется условием обеспечения необходимой прочности кузова после ремонта и общей трудоемкостью выполняемых ремонтных работ.

Контрольные вопросы

1. Какие инструменты применяют для удаления поврежденных элементов кузова?
2. Почему при вытягивании несущих элементов кузова полезно оставлять его в нагруженном состоянии на длительное время?
3. Как производят замену панелей кузова?

4. Для чего используются кондукторы и распорки при ремонте кузова?
5. Каким условием определяется целесообразность снятия элементов кузова при ремонте?

8.4. Рихтовка кузовных панелей

После восстановления геометрии кузова производят рихтовку его панелей. Для рихтовки применяют широкий набор ручного инструмента: молотки различной формы, резиновые и деревянные киянки, рычаги и прижимы, различные зубила, ножницы, ножовку, ручные наковальни разной формы и т. д. (рис. 8.24, 8.25, 8.26). Для восстановления поврежденной поверхности с сохранением лакокрасочного покрытия применяют молотки-гладилки или молотки с вставной ударной частью из мягких металлов (медь, свинец) и синтетических материалов. Рабочая часть всех рихтовочных молотков выполняется по радиусу и не должна иметь повреждений (забоин, царапин, рисунок).

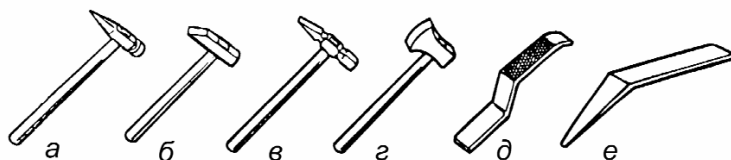


Рис. 8.24. Молотки для правки кузова: *а* – рихтовочный; *б* – облегченного типа; *в* – для загибки фланцев; *г* – с выпуклой ударной частью; *д* – специальный с насечкой рабочей части; *е* – молоток-гладилка

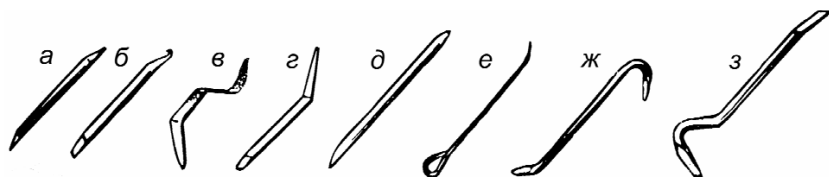


Рис. 8.25. Рычаги и прижимы для исправления вмятин: *а* – рычаг для исправления дефектов штамповки; *б* – рычаг для рихтовки крыльев после окраски; *в* – рычаг-прижим; *г* – рычаг для исправления вмятин; *д* – рычаг пластинчатый для исправления вмятин в труднодоступных местах; *е* – рычаг для исправления разных дефектов; *ж* – рычаг для предварительной правки; *з* – рычаг для устранения больших деформаций

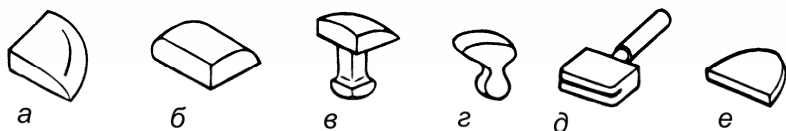


Рис. 8.26. Фасонные плиты, оправки, наковальни: *a* – плита для чистовой отделки поверхности лицевых деталей; *б* – плита для исправления вмятин; *в, з* – наковальни для восстановления профиля деталей; *д*) оправка для исправления фланцев и желобов; *е* – плита для отделки плоских поверхностей

Для правки деталей из тонколистового металла, имеющих большие деформации, используют деревянные молотки (киянки). Фасонные плиты и ручные наковальни используют в качестве поддержек, располагая их под деформированными участками панели (рис. 8.27).

Когда молоток и наковальня используются вместе, то наковальня служит для поднятия металла на вдавленном участке, а молоток – для придания панели правильной формы. Рабочие поверхности этих инструментов всегда должны быть хорошо отполированы и храниться соответствующим образом. Некоторые из них дополнительно хромируют и доводят их поверхность до идеальной чистоты, что позволяет проводить рихтовку небольших вмятин или выпуклостей на лицевых панелях кузова без повреждения окрасочного слоя.

На рис. 8.28 показаны приемы рихтовки незначительных вмятин с использованием ручной наковальни и молотка; на рис. 8.29 – с использованием рычагов-прижимов. Для удаления вмятин панелей в тех случаях, когда удары обычным молотком изнутри кузова невозможны, может быть использован вытягивающий молоток, который состоит из стержня, рукоятки и массивной втулки, надетой на стержень. Конец стержня имеет зажим для закрепления проволоки. Проволока прива-

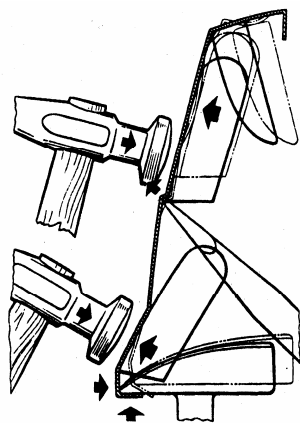


Рис. 8.27. Рихтовка поверхности крыла кузова в легкодоступном месте

ривается в центре вмятины панели, к рукоятке прикладывают одной рукой вытягивающее усилие, а другой рукой двигают массивную втулку и наносят удары по рукоятке (рис. 8.30). После вытягивания панели приваренную проволоку срезают.

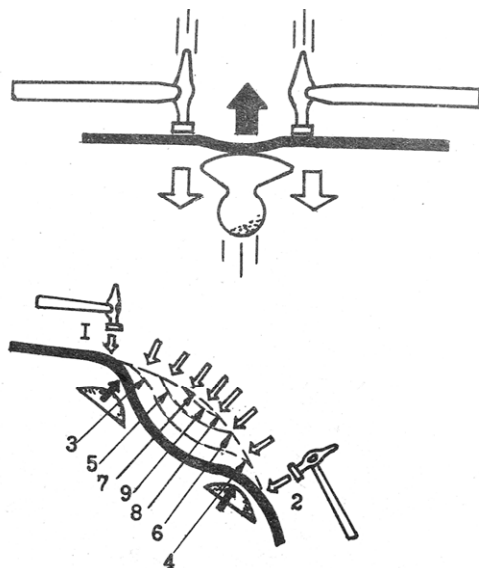


Рис. 8.28. Схема устранения вмятин на плоской и выпуклой поверхностях (цифрами показана последовательность нанесения ударов)

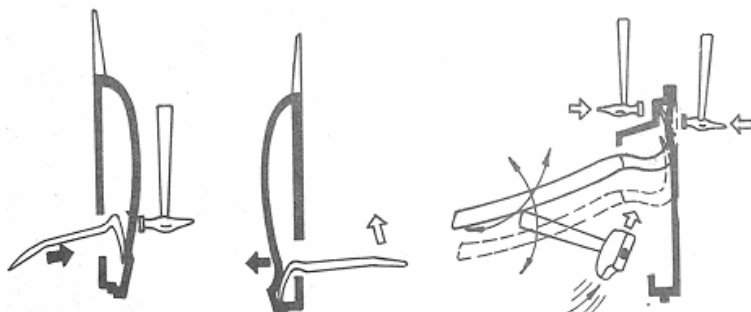


Рис. 8.29. Правка панелей с использованием прижимов и рычагов

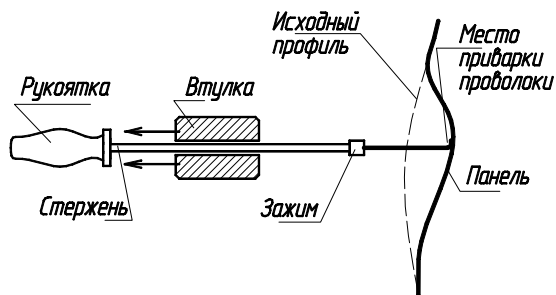


Рис. 8.30. Схема вытягивания вмятины

Существуют комплекты оборудования, которые позволяют вытягивать вмятины большой площади. В основе этой технологии правки принцип плавного приложения деформирующего усилия только снаружи панели (рис. 8.31). Это позволяет не разбирать панель автомобиля изнутри, что обычно отнимает достаточно много сил и времени, требует значительных материальных затрат на замену испорченных пластиковых деталей, пистонов и прочих отделочных элементов. Плавное нагружение зоны деформации позволяет точно дозировать усилие и контролировать процесс выправления, при необходимости одновременно производить рихтовку молотком или локальный нагрев.

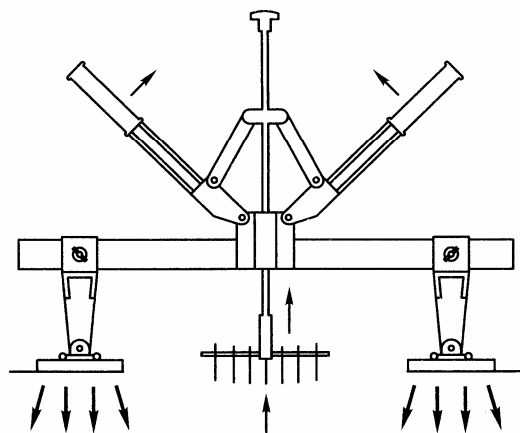


Рис. 8.31. Схема вытяжки с использованием рычажного прихвата

В комплект специальных приспособлений и инструмента входят споттер, насадка-электрод, шайбы разной формы, обрезиненные опорные площадки, оснастка различной конструкции для создания тянущего усилия на основе принципа работы рычага или винта (рис. 8.32).

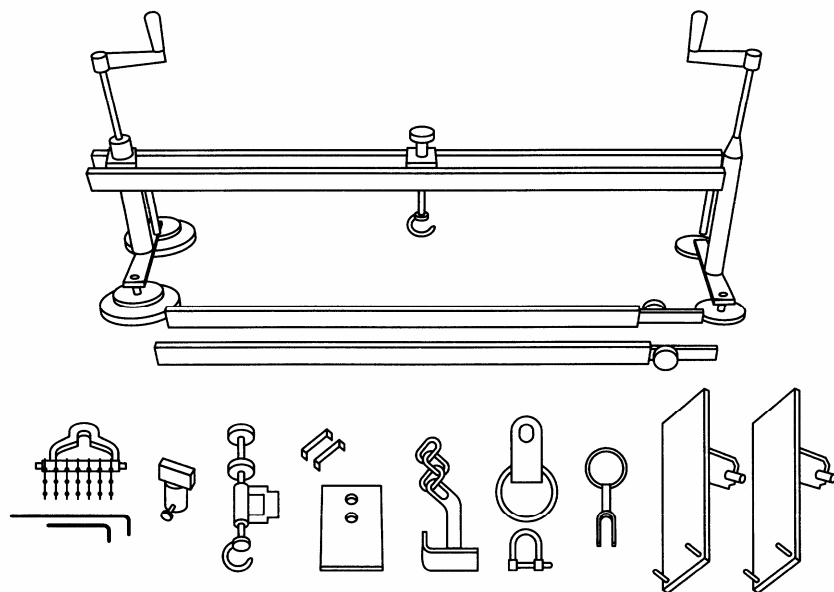


Рис. 8.32. Комплект оснастки для вытяжки с винтовым прихватом

Принцип вытяжки с прихватом заключается в следующем. Специальную шайбу (насадку) контактной сваркой «прихватывают» к поврежденному месту. Специальный маломощный аппарат для сварки (споттер) позволяет оплавливать металл панели на глубину 0,1...0,2 мм. Это обеспечивает в дальнейшем легкое срывание насадки практически без повреждения поверхностного слоя металла и возможность многократного ее использования. Аппарат снабжен также электродом для локального нагрева выправляемого участка в сложных ситуациях. После этого рычажным или винтовым устройством через точки опоры вытягивают вмятину до линии первоначального профиля.

Существует также технология устранения кузовных дефектов, когда ремонтный прихват не приваривается, а приклеивается к панели

кузова, с приложением к нему плавного и точно дозированного усилия правки. Такая технология восстановления повреждений позволяет снизить трудозатраты на жестяные и малярные работы, применима для правки алюминиевых панелей. Оснастка и расходные материалы дешевле, чем споттер и аксессуары к нему. В ряде случаев, если в зоне дефекта декоративное покрытие не повреждено, после правки можно обойтись вообще без малярных работ. Весь комплект инструмента и материалов для работы размещается в небольшом чемоданчике.

Главное внимание при этой технологии необходимо уделить операции приклеивания. На торец прихвата с помощью теплового пистолета наносится горячий клей. Через 2...5 с прихват плотно прижимается к поврежденному участку и удерживается в таком положении около пяти минут. После охлаждения клея до комнатной температуры образуется прочное соединение. Далее с помощью регулируемого двухопорного приспособления с учетом особенностей повреждения выполняется вытяжка вмятины. Винты-регуляторы позволяют установить устройство в любом месте панели кузова. Срыв приклеенного прихвата может быть произведен при его нагреве.

В некоторых случаях рихтовку панели удобнее вести после того, как она будет снята с кузова. На рис. 8.33 показана такая операция при использовании стационарной плоской наковальни или в комбинации с ручной наковальней.

Очень часто при ДТП удар по панели кузова приводит к остаточной пластической деформации листового металла, проявляющейся в виде выпучины. Рихтовка такой панели должна обеспечить осаживание металла выпучины и получение исходного профиля панели. Это достигается

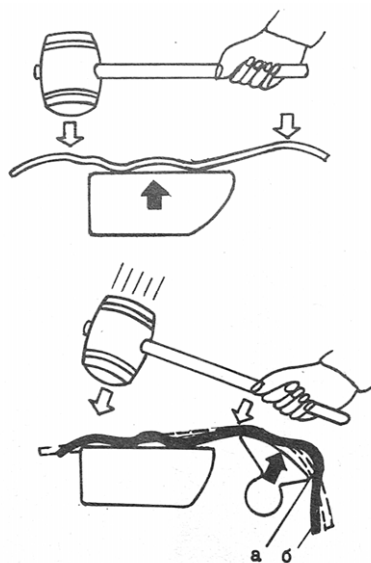


Рис. 8.33. Исправление деформации снятой с кузова панели:
a – исходный (требуемый) профиль панели;
б – профиль панели после деформации

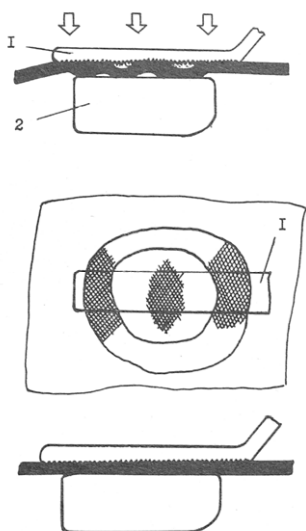


Рис. 8.34. Осаживание выпучины на наковальне: 1 – пластина с насечками; 2 – наковальня

различными методами. На рис. 8.34 показана рихтовка снятой панели с использованием наковальни и особого инструмента в виде пластины с насечками, по которой наносят удары молотком. Острые насечки в момент удара удерживают металл от расплывания, и лист металла опускается плоскопараллельно вниз.

Часто осаживание выпучины производят без снятия панели методом выстукивания специальным молотком с заостренным бойком, напоминающим кернер. Каждый удар приводит к образованию лунки, при большом числе таких лунок их общая поверхность становится равной поверхности выпучины, что приводит

к возвращению контура панели к исходному профилю (рис. 8.35). Удары наносят кругообразно по всей поверхности выпучины, начиная с ее центра. В дальнейшем выравнивание обработанного таким образом участка панели обеспечивается шпатлеванием.

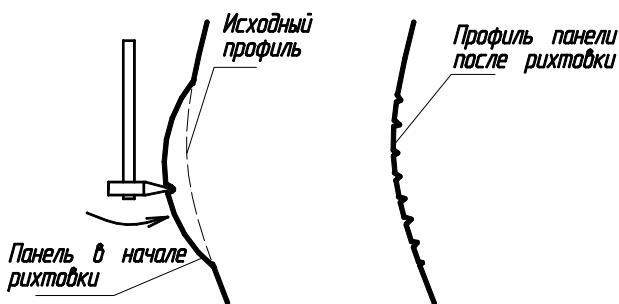


Рис. 8.35. Осаживание выпучины «выстукиванием»

Следующим методом устранения выпучины является точечный нагрев металла с последующим быстрым охлаждением. Нагрев металла

докрасна производят электродуговой сваркой с использованием угольного или неплавящегося вольфрамового электрода (может использоваться и газовая горелка). При точечном нагреве небольшого участка до пластичного состояния прилегающие к нему зоны хотя и меньше, но тоже нагреваются, что сопровождается температурным расширением металла. Расширяющийся металл не может вдвигаться в зону холодного твердого металла, а пластичная зона не оказывает сопротивления, и расширяющийся металл вдвигается в эту зону. При охлаждении нагретого точечного участка металл перестает быть пластичным, а при дальнейшем охлаждении нагретой зоны возникают растягивающие напряжения, под действием которых выпучина стягивается.

Для ускорения процесса охлаждения нагретых точек используют обдув панели воздухом или смачивание водой (зимой — льдом). Точечный нагрев производят по спирали, двигаясь от периферии к центру выпучины (рис. 8.36). Если с первого раза выпучина не устраняется полностью, то операцию повторяют.

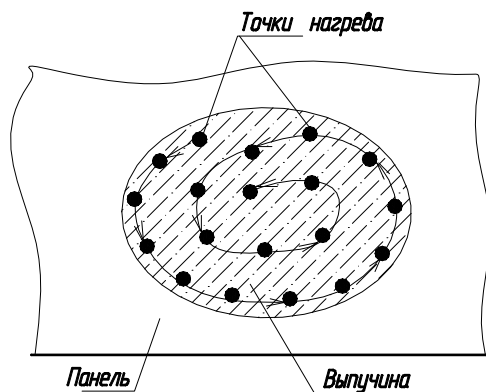


Рис. 8.36. Последовательность точечного нагрева панели при устранении выпучины

Эффективность осаживания выпучины может быть повышена, если параллельно с нагревом использовать метод прямойковки, т. е. обстукивать выпучину алюминиевым молотком.

Тепловой способ может быть использован для устранения на панелях крыши, капота и т. д. мелких впадин — «повреждений градом».

Газовой горелкой панель в зоне вмятины спиралеобразно, начиная с периферии и двигаясь к центру, нагревают, пока не начнется температурное изменение цвета лакокрасочного покрытия. За счет расширения металла в зоне нагрева впадина испытывает сжимающие напряжения, происходит как бы излом ее кромок, и она приподнимается над общей поверхностью панели (рис. 8.37). После этого приподнятые кромки начинают обрабатывать холодным напильником, зубья которого, врезаясь в металл, интенсивно отводят тепло, что приводит к охлаждению кольца металла вокруг вмятины и его отверждению. Остывающий чуть позже металл внутри кольца также сужается, что приводит к возникновению растягивающих напряжений и вытягиванию вмятины. Операция может быть повторена несколько раз. При правильно подобранном режиме тепловой обработки окрашенный слой на другой стороне панели не нарушается и отклеивание элементов обивки не происходит. Время, необходимое для устранения вмятины, составляет около 5 мин. После устранения вмятины панель подлежит окраске.

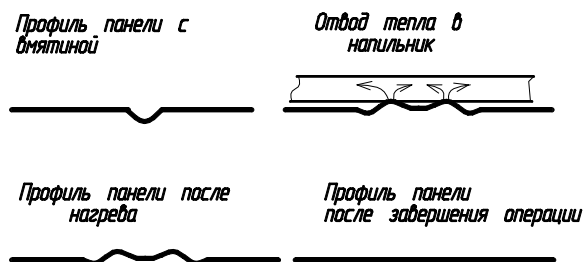


Рис. 8.37. Устранение точечной вмятины тепловым способом

Устранение небольших вмятин на панели без необходимости последующей окраски производится с помощью специального приспособления рычажного типа с тросовым приводом (по принципу ручного тормоза велосипеда). При нажатии на рукоятку привода из корпуса устройства выдвигается шток с магнитным наконечником. Приспособление устанавливают с внутренней стороны деформированной панели и винтовыми упорами в усилители, ребра жесткости дверей и другие элементы кузова закрепляют в таком положении. О том, что выдвигной шток с магнитным наконечником расположен

строго на вмятине, судят по положению стального шарика диаметром 0,5...0,7 мм, который удерживается силой магнита на наружной стороне панели. После этого, нажимая на рукоятку тросового привода, выталкивают вмятину, наблюдая за бликами света на блестящей окрашенной поверхности.

Контрольные вопросы

1. Какие требования предъявляются к ручному инструменту жестианщика?
2. Какие инструменты и оборудование используются для правки панелей кузова?
3. Назовите основные технологические приемы, применяемые для рихтовки панелей кузова.
4. Как осуществляется правка панелей кузова при помощи прижимов и рычагов?
5. Каким образом может быть осажена выпучина, возникшая при пластической деформации панели кузова?
6. В чем заключается технология устранения выпучины путем нагрева металла с быстрым охлаждением?

8.5. Сварка кузовных элементов

Для устранения повреждений кузовов в результате аварии или коррозии применяются различные способы сварки (рис. 8.38). Правильный выбор способа сварки важен с позиций качества сварного шва и производительности процесса.

В современной сварочной технике (применительно к автомобильной промышленности) в основном используют следующие способы сварки: электроконтактную, газовую ручную и электродуговую. При изготовлении кузовов легковых автомобилей на заводах массового производства предпочтение отдается электроконтактной точечной сварке (около 80%) как самой производительной для деталей из тонколистовой малоуглеродистой стали, 15% кузовных деталей соединяют точечной и шовной сваркой в среде защитного газа и около 5% – ручной газовой сваркой и твердой пайкой.

Широко применять контактную сварку для восстановления кузовов почти невозможно из-за характерных повреждений, весьма

сложной конфигурации узлов несущего кузова и трудного доступа к местам сварки. Поэтому в ремонтной технологии кузовов легковых автомобилей основными методами соединения кузовных деталей и узлов являются ручная газовая сварка и электродуговая сварка в среде защитных газов.

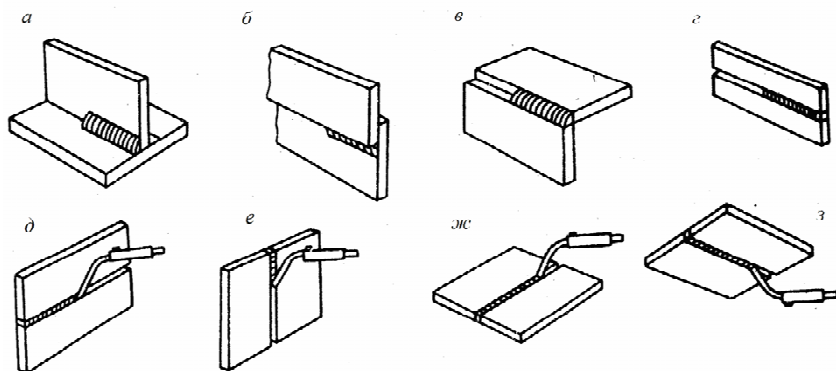


Рис. 8.38. Способы выполнения сварочных швов, их виды:
а – тавровый; *б* – нахлесточный; *в* – угловой; *г* – стыковой;
д – горизонтальное выполнение шва; *е* – вертикальное;
ж – нижнее; *з* – потолочное выполнение шва

Газовая сварка применяется для прихватки панелей друг к другу при сборке кузова, нанесения латунных припоев в местах концентрации напряжений и выполнения ряда других операций. Основными недостатками газовой сварки являются значительное коробление свариваемых деталей, их перегрев и высокая трудоемкость доводки поверхности. В то же время простота технологии и доступность используемого оборудования до сих пор обуславливают широкое применение газовой сварки при ремонте кузовов.

При ремонте кузовов сваркой в среде защитного газа в качестве последнего используют углекислый газ CO_2 (рис. 8.39). А поскольку он не является нейтральным, то в целях уменьшения окислительного действия свободного кислорода применяют электродную проволоку с повышенным содержанием раскисляющих примесей (марганца, кремния). При этом получается беспористый шов с хорошими механическими свойствами.

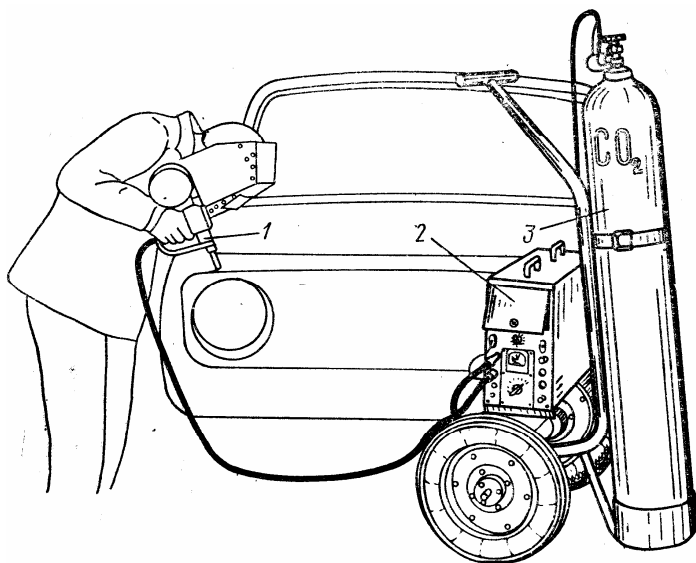


Рис. 8.39. Сварка кузова с помощью полуавтоматической установки:
1 – сварочная горелка; 2 – источник питания; 3 – баллон с защитным газом

Независимо от вида применяемой сварки существуют два способа соединения кузовных панелей и их фрагментов – внахлестку и встык. Перед сваркой кромки тщательно зачищаются и выполняется антикоррозионная обработка закрываемых поверхностей специальными токопроводящими пастами или грунтами.

При соединении лицевых панелей внахлестку их кромки предварительно профилируются и тщательно подгоняются так, чтобы они плотно прилегали друг к другу. Затем детали фиксируются в этом положении быстродействующими зажимами и свариваются прерывистым или сплошным швом за край одной из деталей.

При соединении панелей встык производится сварка их кромок без подкладной ленты или с лентой. При соединении без подкладной ленты детали подгоняются так, чтобы зазор в месте соединения не превышал полутора диаметров присадочной проволоки. Накладка краев деталей в этом случае не допускается. После примерки и окончательной подгонки детали фиксируются быстродействующими зажимами. При соединении панелей встык с подкладной лентой соблюдение точного зазора между кромками деталей не требуется. Прочность со-

единения достигается за счет перекрытия зоны соединения подкладочной лентой шириной 30...40 мм.

Поскольку при ремонте возможность использования точечной сварки ограничена, приварку новой панели осуществляют сварочным полуавтоматом проволокой в среде защитных газов через отверстия диаметром 5 мм, которые с шагом 40...50 мм выполняют специальным дыроколом или путем сверления по кромке крепления панели. Такой вид соединения часто называют электрозаклепкой. В тех случаях, когда заменяют часть панели, ее отрезают ножницами, а кромку оставшейся части отформовывают специальными клещами (рис. 8.40).

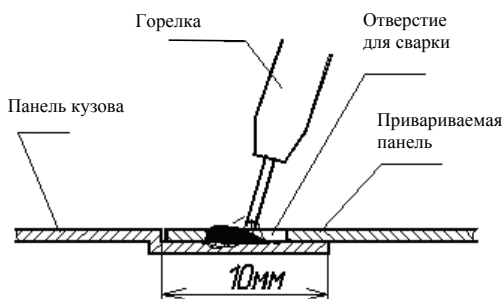


Рис. 8.40. Соединение панели с отформованной кромкой

Предварительное крепление панели на кузове производят с использованием специальных монтажных скоб, струбцин и т. п. Если положение заменяемой панели влияет на условия сопряжения с ней других элементов кузова (крышки багажника, капота и т. п.), то панель вначале «наживляют» пайкой латунию в 3...4 точках с использованием газовой горелки. Убедившись в том, что положение панели на кузове правильное, производят её окончательную приварку. После завершения сварки наплывы по точкам сварки зачищают шлифовальной машинкой заподлицо с плоскостью панели.

В случае необходимости для воспроизведения соединения, выполненного на заводе-производителе с отбортовкой кромок на величину 8...10 мм под углом 90°, одну из кромок перфорируют (пробивают отверстия) и проводят сварку электрозаклепками.

Сварку несущих элементов кузова (лонжеронов, стоек и т. д.) производят встык, после чего шов зачищают и усиливают накладкой

из листовой стали толщиной 1,5...2 мм. Для изготовления накладки предварительно ножницами вырезают из ватмана выкройку, форму которой подгоняют к месту установки накладки. Далее по выкройке вырезают заготовку накладки, при необходимости сверлят в ней отверстия под шпильки или винты и отверстия диаметром 8 мм под сварку (электрозаклепку). Используя слесарный инструмент, заготовке придают нужную форму и приваривают ее к кузову.

Следует отметить, что недопустимо соединять точками два конца прямолинейного шва, а затем выполнять промежуточные точки, так как при этом возникает расширение в противоположных направлениях, которое ведет к деформации кромок. Также нельзя начинать сварку с края детали, поскольку кромки расходятся. Сварку следует начинать с внутренней (серединой) части шва и вести в направлении одного из концов детали. Затем производится сварка оставшейся части детали – от выполненной части шва с постепенным перемещением к другому концу детали (рис. 8.41).

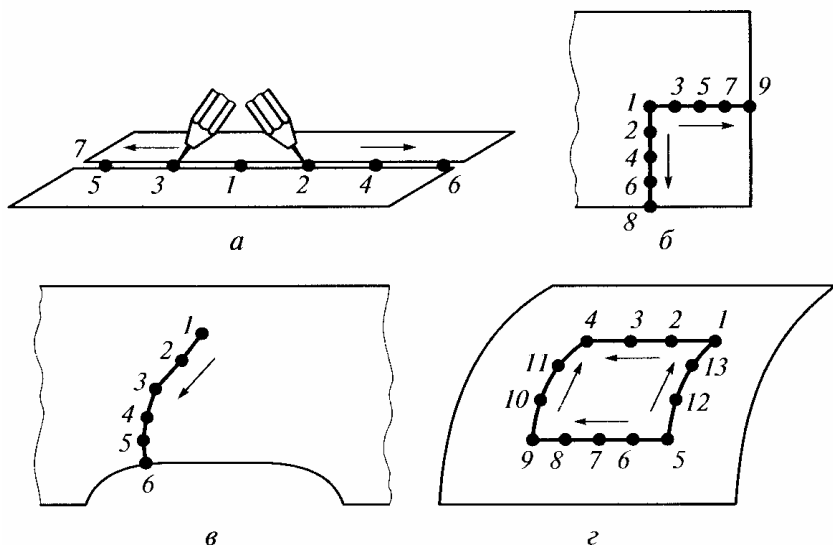


Рис. 8.41. Последовательность выполнения сварных точек:
a – при наложении прямолинейного шва; *б* – формирование угла
 прихваткой точками; *в* – прихватка трещин и изломов;
г – сварка точками замкнутого шва

Полуавтоматическая сварка в среде защитного газа технологически достаточно проста. Главными задачами сварщика являются поддержание постоянного вылета электрода, равномерное перемещение горелки вдоль шва, сохранение определенного наклона газового наконечника относительно детали и направления перемещения электрода. Этим требованиям отвечают сварочные наконечники нескольких типов: для сварки непрерывным швом, для точечной сварки, для подварки шпилек, используемых при правке кузова автомобиля.

Внутренняя изоляция наконечников позволяет вести сварку даже при касании ими свариваемой детали. Некоторые современные газовые наконечники имеют специальное покрытие, уменьшающее налипание брызг металла на внутреннюю поверхность наконечника. С этой же целью используются специальные пасты и спреи, регулярное применение которых позволяет значительно увеличить срок службы наконечника.

Качество сварного шва зависит и от степени износа внутреннего отверстия токового наконечника. При изношенном отверстии ухудшается электрический контакт, что приводит к нестабильности дуги и повышенному разбрызгиванию металла. Токовый наконечник является таким же расходным материалом, как сварочная проволока или газ. Недостаточная скорость подачи сварочной проволоки или слишком малый расход защитного газа приводят к сильному перегреву наконечника и быстрому его износу. Недостаточная подача газа в зону сварки вызывает перегрев сварочной ванны с возможным прожиганием металла, а избыток — повышенное растекание и перегрев периферийных областей шва с возникновением механических напряжений.

При сварке листов металла толщиной около 1 мм расход газа не должен превышать 8...12 л/мин. Стандартного баллона в малогабаритном полуавтомате обычно хватает на один час непрерывной работы, что позволяет выполнить шов длиной 40...50 м.

Техника полуавтоматической сварки в среде защитного газа строится с учетом следующих положений:

- при вертикальном положении газового наконечника металл прогревается достаточно равномерно, но при этом затрудняется наблюдение за дугой и мелкие капли металла из зоны сварки попадают на газовый наконечник, что уменьшает срок его службы;

- при наклоне электрода в сторону, противоположную направлению перемещения (углом вперед), разбрызгивание снижается. В этом случае глубина проплавления уменьшается, шов становится шире, снижается вероятность прожигания тонкого металла;
- при наклоне горелки в противоположную направлению перемещения сторону (углом назад) за счет дополнительного нагрева металл дольше остается в жидком состоянии, глубина проплавления увеличивается, ширина шва уменьшается. Сварку вертикальных швов следует вести углом назад, направляя дугу на переднюю часть сварочной ванны, что предотвращает стекание металла вниз, способствует увеличению проплавления корня шва и исключает потеки по его краям;
- при сварке листов различной толщины выбирается такое положение горелки, при котором отходящий газ направляется в сторону более массивной детали;
- потолочные швы ведутся углом назад на максимально возможных токах. Дуга и поток газа направляются непосредственно в ванну жидкого металла, что уменьшает его стекание. С этой целью увеличивают расход газа;
- увеличить массу шва можно путем зигзагообразных движений горелки. Можно положить металл и поверх уже остывшего шва;
- при точечной сварке (электрозаклепками) положение горелки должно быть вертикальным;
- для каждого диаметра проволоки свои параметры режима сварки (напряжение и ток). Ток сварки пропорционален произведению площади сечения проволоки и скорости ее подачи.

Тонкая настройка параметров режима сварки сводится к регулированию скорости подачи сварочной проволоки при среднем значении напряжения, взятом из справочника. Регулирование заканчивается при достижении устойчивого горения дуги. Уточнить параметры настройки можно путем анализа формы и качества полученного шва. Решающую роль здесь играет опыт сварщика.

Общим положением для проведения сварочных работ на всех режимах является надежное соединение заземляющего кабеля с ремонтируемым кузовом. Место заземления должно быть минимально удалено от места сварки. Кроме того, необходим надежный контакт между проволочным электродом и первым листом, между двумя на-

ложенными листами и между вторым листом и массой. Величина нахлестки зависит от толщины металла свариваемых деталей – она должна быть равна 15 толщинам верхнего листа.

Сварочные полуавтоматы обеспечивают получение качественных швов во всех пространственных положениях, что особенно важно при ремонте кузова легкового автомобиля. На качество шва влияет тщательность очистки кузовных деталей от краски, ржавчины и масла перед проведением сварочных работ.

При выполнении точечной сварки конец горелки с опорными ножками приставляется к свариваемой поверхности панели и слегка прижимается для обеспечения плотного контакта между деталями (рис. 8.42). Выключатель горелки необходимо нажать и быстро отпустить. Образовавшаяся дуга расплавляет металл верхней детали, проходит его насквозь, затем расплавляет металл нижней детали.

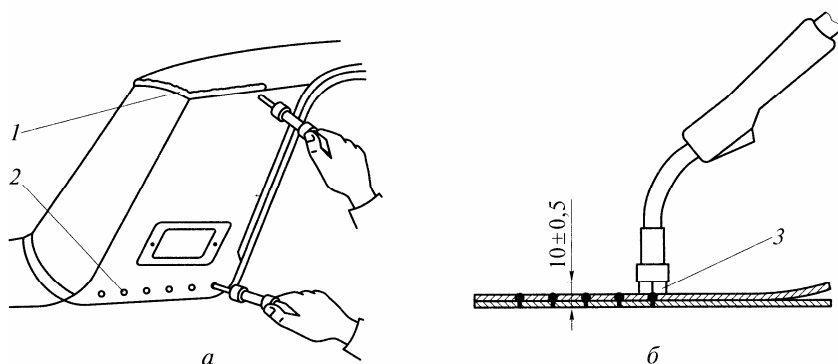


Рис. 8.42. Способы сварки (а) и установка горелки при точечной сварке по отверстиям (б): 1 – сварка сплошным швом; 2 – сварка внахлестку по отверстиям; 3 – опорные ножки газового сопла

Благодаря высокому качеству сварки и незначительному выступанию сварочных точек над поверхностью основного металла этот способ эффективен для сварки лицевых панелей, так как значительно сокращает затраты на шлифование поверхностей в местах сварки. При выборе шага сварочных точек ориентиром может служить число точек, которыми деталь была приварена к кузову на заводе-производителе. Сварка выполняется по отверстиям, полученным при отсоединении поврежденных деталей.

Электроконтактная точечная сварка, выполняемая с помощью специального оборудования, является наиболее перспективной при ремонте кузовов автомобилей (рис. 8.43). По сравнению со сваркой в среде защитного газа свариваемые детали нагреваются меньше, в результате исключается необходимость выполнения подготовительных операций (перфорирования фланцев). Места соединения почти незаметны, что позволяет сократить трудоемкость операций по подготовке к окраске. При электроконтактной точечной сварке практически не меняется качество металла в соединении, что обеспечивает длительную эксплуатацию отремонтированного узла кузова.

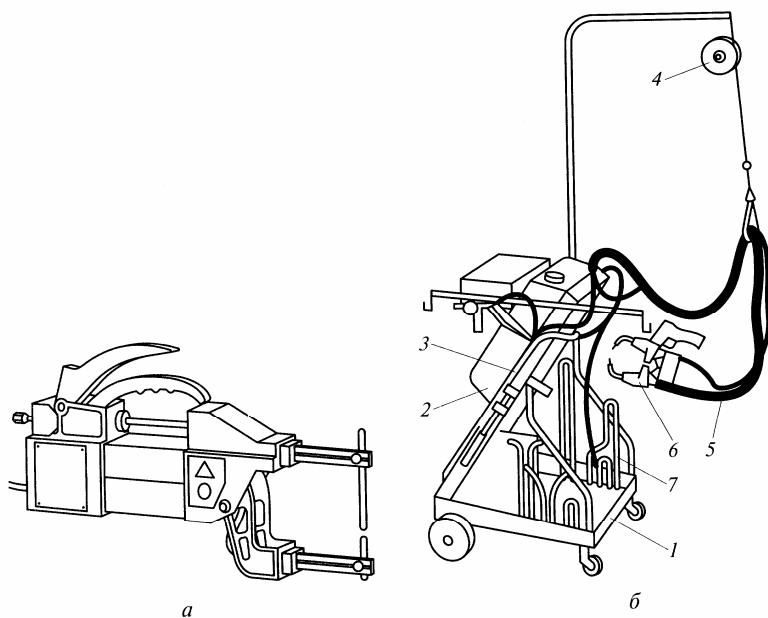


Рис. 8.43. Ручные сварочные клещи (а) и универсальный аппарат контактной сварки (б): 1 – тележка; 2 – внешний источник тока; 3 – споттер; 4 – балансир; 5 – гибкий кабель; 6 – сварочные клещи; 7 – сменные электроды

Однако этот вид сварки имеет и ряд недостатков:

- повышенные требования к чистоте свариваемых поверхностей;
- необходимость большого набора сменных специальных держателей с электродами для обеспечения двустороннего доступа к различным участкам кузова;

- необходимость обеспечения требуемого усилия сжатия;
- достаточно большая масса клещей для точечной сварки по сравнению с массой горелки сварочного полуавтомата, что несколько усложняет проведение сварочных работ.

Для получения сварочной точки хорошо зачищенные свариваемые детали необходимо собрать внахлестку, сжать с определенным усилием и пропустить через место контакта импульс тока необходимой длительности (0,01...0,5 с). В этом случае на границе контакта деталей образуется зона расплава, которую называют ядром точки. По завершении протекания тока, кристаллизуясь под воздействием сжимающего усилия, ядро образует прочное соединение.

К параметрам режима сварки, обуславливающим прочность сварного соединения, относятся диаметр электродов, сила тока, усилие сжатия, время сварки. Помимо этого на качество сварки влияет шаг сварочных точек и их расстояние до края листа.

Все параметры режима сварки устанавливаются в зависимости от толщины свариваемых панелей, их шероховатости и сопрягаемых свариваемых кромок. Практика показывает, что при правильном выборе режимов сварки после отключения сварочного тока поверхность более тонкой из свариваемых деталей на короткое время краснеет. Сохранение покраснения в течение продолжительного времени означает, что длительность импульса либо сила тока слишком велика.

Проверка качества сварного соединения производится при испытании точки на разрыв. Если при отрыве точки на одной из деталей остается столбик металла, по диаметру равный ядру, а на другой детали – сквозное отверстие, то соединение (в этой точке) считается качественным. Для обеспечения гарантированного качества сварки перед началом работы проводятся регулирование сварочного аппарата и настройка параметров режима сварки при выполнении пробных сварных образцов.

Даже при высокой квалификации рихтовщика не всегда удается достаточно хорошо выровнять панели кузова. В этом случае на месте выполнения сварочных работ может быть проведено выравнивание панелей оловянным припоем (обычно 25% олова, остальное – свинец). Оловянный припой обладает хорошей адгезией, не отслаивается под действием вибраций и меняющихся температур кузова, защищает

его от коррозии, т. е. является ценным материалом для ремонта кузова. Температура лужения кузова находится в интервале 186...260°C. В качестве флюса для пайки используют специальную пастообразную полуду или хлористый цинк — «паяльную кислоту», которую кисточкой наносят на место лужения после тщательной зачистки его металлической щеткой (иглофрезой).

Нагрев кузова производят горелкой для газовой сварки с избытком ацетиленом (светло-голубое пламя длиной около 5 см), конец прутка припоя также нагревают горелкой. После разогрева выравниваемого участка кузова его протирают хлопчатобумажной ветошью, очищая от остатков флюса, и к впадинам прижимают припой до тех пор, пока все углубления не будут заполнены им. Припой для равномерного распределения и уплотнения разравнивают деревянной колодкой, выполненной по форме выравниваемого участка кузова. Необходимо учитывать, что слишком большой подвод тепла приведет к стеканию припоя, а слишком слабый не позволит его хорошо разгладить. После того как поверхности кузова придали надлежащую форму, ее необходимо охладить и выровнять напильником, обеспечивая отсутствие уступов на границе луженого участка.

Контрольные вопросы

1. Какие основные способы сварки используют при ремонте кузова?
2. В каком случае применяется газовая сварка при ремонте кузова?
3. Опишите комплект оборудования для газовой сварки.
4. Какие инструменты используются для крепления панели на кузове перед сваркой?
5. Как снижают разбрызгивание при сварке в среде защитного газа?
6. Какие недостатки имеет электроконтактная точечная сварка?
7. Как осуществляется выравнивание панели кузова путем использования технологии лужения?

8.6. Особенности ремонта кузовов, изготовленных с использованием нетрадиционных материалов

При проведении ремонтных работ следует учитывать, что в конструкции кузовов современных автомобилей наряду с классической хорошо штампуемой сталью для некоторых элементов используют

высокопрочную кузовную сталь и другие материалы, например пластмассу и алюминий. Отличительной особенностью высокопрочного стального листа является повышенный предел текучести при растяжении по сравнению с обычными марками кузовной стали. Высокие прочностные свойства стали достигаются за счет ее состава и методов формования листа. Элементы кузова из высокопрочной стали плохо деформируются не только при ударах в эксплуатации автомобиля, но и при ремонте кузова.

Следует учитывать, что при нагреве некоторых марок высокопрочной стали уже при 400°C происходит существенное изменение их свойств. Стойкость фрез, используемых для удаления сварочных точек высокопрочного листового материала, значительно ниже, чем при обработке обычной стали. На более тонких листах высокопрочной стали могут возникнуть небольшие вмятины в области точечных сварных соединений после интенсивного нагрева панелей инфракрасными нагревателями, используемыми для сушки краски при ремонте кузова (рис. 8.44).

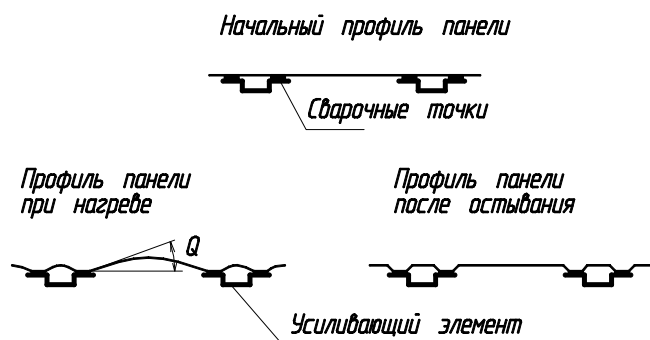


Рис. 8.44. Схема образования вмятин на окрашенной панели после интенсивного нагрева

Под действием нагрева тонкая панель, соединенная точечной сваркой с усилителями, расширяется. Поскольку координаты точек сварки не меняются, листовой металл вынужден выгибаться, образуя к кромке сварочной точки угол Q . Напряжения в металле в зоне кромки могут оказаться больше предела текучести, т. е. будет происходить

пластическая деформация, сопровождающаяся наклепом (упрочнением в интервале напряжений от σ_T до σ_B). При остывании панели металл сжимается, образуя напряжения, которые стягивают панель. Однако этих напряжений оказывается недостаточно для выпрямления изогнутого листа в зоне кромки сварочной точки, что и обнаруживается в виде небольших углублений на лицевой стороне панели.

Некоторые производители автомобилей вводят в кузов алюминиевые элементы. При сварке алюминиевых деталей кузова следует учитывать, что при нагреве алюминий не начинает светиться, как сталь, и не меняет своего серебристо-белого цвета, поэтому сварщику трудно уловить момент начала плавления. Для контроля температуры могут использоваться специальные термокраски, наносимые на детали в зоне сварки в виде паст или наклеек. Меняющийся цвет термокраски при нагреве детали позволяет сварщику безошибочно выдерживать требуемую температуру.

Наиболее эффективной является аргонодуговая сварка алюминия, которую производят, как правило, полуавтоматами в среде защитного газа аргона с применением проволоки СвА97, СвАМц или СвАК. Возможно применение и ручной дуговой сварки в среде аргона неплавящимся вольфрамовым электродом с присадочной проволокой близкого химического состава к свариваемому металлу.

При отделке панелей из алюминия следует помнить, что вкрапления другого металла вызывают ускоренную коррозию алюминия, поэтому ремонт алюминиевых и стальных деталей не следует производить одними и теми же рихтовочными и шлифовальными инструментами.

Технология ремонта пластмассовых деталей кузова (бамперов, корпусов зеркал, молдингов и т. п.) зависит от типа пластмасс, из которых они изготовлены.

Для ремонта пластиковых деталей используются две основные технологии: склеивание и сварка. Выбор технологии зависит от типа материала: термопласты ремонтируются сваркой, терморективные – склеиванием, поэтому перед началом ремонта следует идентифицировать материал. Тип пластмассы обычно маркируется на внутренней части детали. При отсутствии маркировки рекомендуется провести тест на сгорание с небольшим осколком материала. Другой способ проверки – пробное шлифование машинкой восстанавливаемой

детали. При этом термопласты при нагревании сначала становятся пластичными, затем переходят в вязкотекучее состояние, зона шлифования становится липкой. Термореактивы же при нагревании, вызванном шлифованием, сохраняют первоначальную твердость, при этом они хорошо шлифуются.

Большинство пластиковых деталей автомобиля изготовлены из термопластических пластмасс. Температура плавления разных термопластов не превышает 400°С, что позволяет нагревать их потоком горячего воздуха, создаваемым специальными ручными нагревателями. Основной принцип сварки термопластов тот же, что и металла: кромки трещины или свариваемых деталей обрабатываются для придания V-образного профиля, затем место сварки разогревается до плавления и в сварочную ванну вводится присадочный материал в виде прутка или ленты.

При ремонте кузова следует учитывать, что на автомобиле могут быть установлены подушки безопасности. В этом случае следует выполнять определенные условия.

1. Необходимо избегать сильных ударов молотком или другим инструментом при ремонте щитка передка. Нельзя нагревать эти участки открытым пламенем горелки.
2. Жгут проводов к модулю подушки безопасности водителя обычно проложен по рулевой колонке внутри кожуха рулевого вала, к модулю подушки безопасности пассажира – внутри панели приборов. При ремонте данного участка следует быть осторожным, чтобы не повредить жгут.
3. Окрашенные поверхности кузова в районе расположения элементов подушек безопасности нельзя сушить при температуре выше 80° С.
4. Если все же необходима высокая температура или нанесение сильных ударов рядом с элементами подушек безопасности, то перед проведением таких работ следует демонтировать соответствующие детали.
5. Если какие-либо элементы подушек безопасности повреждены или деформированы, то их необходимо заменить.

В целом при выполнении кузовных работ следует выполнять требования безопасности при ремонте кузова, которые описаны в «Межотраслевых правилах по охране труда на автомобильном транспорте ПОТ Р М-027-2003». Исполнение этих требований является

обязательным для автотранспортных предприятий, а также СТО, предоставляющих услуги по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей.

Контрольные вопросы

1. В чем специфика ремонта кузова, в конструкции которого использованы панели из высокопрочной стали?
2. Какие технологии применяются для ремонта пластиковых деталей автомобиля?
3. Как можно идентифицировать тип пластмассы?
4. Каковы особенности сварки алюминиевых деталей?
5. Каковы требования безопасности при проведении электрогазосварочных работ?
6. Назовите особенности ремонта кузова автомобиля, оборудованного подушками безопасности.

9. ОКРАШИВАНИЕ КУЗОВА АВТОМОБИЛЯ

После ремонта кузов автомобиля окрашивается. Технологический процесс окрашивания кузовов включает следующие операции: подготовка поверхности к окрашиванию (снятие старых лакокрасочных покрытий, удаление продуктов коррозии), грунтование, шпатлевание, шлифование грунтованной и шпатлеванной поверхности, нанесение антикоррозионной и противоржавной мастик, нанесение первого (выявительного) слоя краски, выравнивание выявленных неровностей шпатлеванием, шлифование шпатлеванной поверхности, окрашивание поверхности и сушка кузова.

9.1. Основные свойства лакокрасочных и других материалов, используемых для отделки кузова

Лакокрасочное покрытие автомобильного кузова выполняет защитную и декоративную функции. На качество покрытия большое влияние оказывают правильный выбор лакокрасочных материалов, состояние окрашиваемой поверхности и тщательность выполнения окраски как при изготовлении, так и при ремонте кузова. На автозаводах обычно кузов автомобиля на конвейере покрывают фосфатирующим составом, затем катафорезной или анафорезной грунтовкой, затем грунтовкой эпоксидной и наносят два слоя эмали. Получается покрытие толщиной порядка 72...90 мкм, которое должно обеспечивать надежную антикоррозионную защиту в течение пяти лет, сохраняя декоративный вид с незначительной потерей блеска и цвета. Современные автомобили могут быть покрыты как традиционными, так и многослойными лакокрасочными покрытиями, например эмалями типа «металлик» (содержат алюминиевые частицы), «перламутр» (кусочки слюды или кристаллы синтетического оксида алюминия, покрытые диоксидом титана и оксидом железа) и др.

В технологическом процессе изготовления кузова на автозаводе и после восстановления геометрии поверхности кузова при его ремонте для герметизации сварочных швов и глухих стыков элементов кузова применяют специальную мастику (пластификат Д-4А и др.). Пластификат, нанесенный на стыки панелей, не полимеризуется до твердого

состояния, что обеспечивает его сохранность при упругих деформациях элементов кузова в условиях эксплуатации. На пол кузова устанавливают противозумные битумные прокладки типа «келлер». Полоски битумной прокладки в 2...3 слоя вставляют между усилителями и панелями крыши, дверей, что исключает в условиях эксплуатации автомобиля вибрацию этих панелей.

Шпатлевка (шпаклевка) главным образом применяется в процессе ремонта кузова для выравнивания окрашиваемой поверхности панелей, заделки неровностей, которые не могут быть устранены рихтовкой. Шпатлевка представляет собой пастообразный материал, состоящий из смеси пигментов с наполнителями в пленкообразователе, при высыхании она должна обладать надежной адгезией к панели кузова и не растрескиваться при упругих его деформациях.

Каждому виду шпатлевочных работ соответствует свой вид шпатлевки. В настоящее время промышленностью предлагается весьма разнообразная номенклатура шпатлевок:

- шпатлевка со стекловолокном характеризуется высокой механической прочностью и рекомендуется для заполнения глубоких неровностей;
- шпатлевочная масса с частицами алюминия благодаря своей очень мелкой структуре способна заполнить даже самые мелкие царапины, характеризуется высокой механической прочностью и рекомендуется для горизонтальных поверхностей, подвергающихся температурным воздействиям;
- облегченная шпатлевка (на 30% легче обычной шпатлевочной массы) рекомендуется для ремонта в случае недопустимости ощутимого увеличения веса детали; содержит достаточно крупное зерно наполнителя в виде микрогранул стекла или полых микрошариков, что и обеспечивает ее низкий удельный вес;
- универсальная шпатлевка способна обеспечивать нормальную адгезию к разнообразным поверхностям (алюминиевым, стальным, оцинкованным, гальваническим), имеет мелкозернистую структуру и используется в качестве доводочного материала;
- доводочная шпатлевка обладает очень тонкой кремовой консистенцией, благодаря чему не оставляет пор и рекомендуется для заполнения самых мелких дефектов поверхности (небольших царапин, пор, следов резания, полученных при шлифовании, и др.);

- шпатлевка с пластификатором имеет в своей основе смесь смол с измельченными частицами резины и пластмассы, обладает исключительной эластичностью и адгезией к пластиковым поверхностям и применяется для пластмассовых деталей (в основном бамперов автомобилей).

В настоящее время наиболее широко используют полиэфирные двухкомпонентные шпатлевки: смолу и отвердитель, смешиваемые обычно в пропорции 30:1. Шпатлевку тщательно перемешивают при температуре не менее 18°C и в течение 5...10 минут наносят шпателем на выравниваемую поверхность слоем толщиной не более 2 мм. После полимеризации состава в течение 20...30 мин слой шпатлевки выравнивают рихтовочной пилой – многолезвийным инструментом по типу напильника, который, как рубанок, срезает выступающие наплывы лишнего материала. Обнаруживающиеся углубления заполняют повторно слоем шпатлевки и таким образом получают выровненную поверхность панели. Полная полимеризация шпатлевки происходит через 60 мин, после чего производят шлифование нанесенного слоя наждачной бумагой сначала с большей, а затем меньшей зернистостью.

Грунтовки предназначены для обеспечения прочной связи между лакокрасочным покрытием и окрашиваемой поверхностью, а также для ее надежной антикоррозионной защиты. Грунтовки представляют собой суспензию пигментов (преимущественно противокоррозионных) с наполнителями в пленкообразователе и создают после высыхания однородную пленку с хорошей адгезией к подложке и наносимому на неё слою краски – эмали.

Эмали служат для получения наружного слоя лакокрасочного покрытия, который придает покрытию необходимый цвет, блеск, гладкость, устойчивость к воздействиям окружающей среды, механическую прочность и химическую стойкость. Эмали представляют собой суспензию пигментов с наполнителем в лаке и образуют после высыхания непрозрачную твердую пленку.

Лак – это раствор пленкообразующих веществ обычно в органических растворителях, образующий после высыхания (полимеризации) твердую прозрачную однородную пленку.

Краска – это суспензия твердых частиц пигмента с наполнителями в пленкообразующих веществах, создающая после высыхания непрозрачную цветную пленку.

В состав лакокрасочных материалов (ЛКМ) могут входить разнообразные материалы, такие как смолы, нитроцеллюлозы, растительные масла, растворители, разбавители, пигменты, пластификаторы, сиккативы, наполнители и др.

Пленкообразователи – это вещества, которые при нанесении тонким слоем на поверхность высыхают под действием воздуха, света, тепла и образуют на ней сплошную пленку. Под высыханием здесь понимаются более сложные процессы, чем испарение жидких компонентов. Как правило, это процесс полимеризации органических веществ. От них зависят прочность соединения покрытия с поверхностью, антикоррозионность, стойкость к воздействию окружающей среды. К пленкообразователям относятся смолы, нитроцеллюлозы, растительные масла. Для усиления тех или иных свойств могут использоваться смеси этих веществ.

Смолы используют только растворимые, как природные (канифоль, битумы, копалы), так и синтетические (глифталевые, меламинные, фенольные, поливинилацетатные, эпоксидные и др.). *Нитроцеллюлозы* получают путем обработки древесины или хлопковых очесов азотной кислотой. Растительные масла (льняное, конопляное) применяют в виде натуральной или уплотненной олифы. Натуральную олифу получают путем термообработки высыхающих растительных масел с добавкой сиккативов, а уплотненную олифу – из растительного масла, подвергнутого длительному нагреву до температуры 300°С с последующей добавкой растворителя (до 50%).

Плохо высыхающие масла (подсолнечное, хлопковое) для получения оксидированной олифы (оксоль и др.) подвергают нагреву до 150°С с окислением кислородом воздуха в присутствии сиккативов и добавляют растворитель (до 50%). Синтетические олифы приготавливают из смол, продуктов переработки нефти и пр.

Пленки, которые после высыхания могут под действием растворителя вновь стать жидкой фазой, называются обратимыми. Необратимые пленки не растворяются. Натуральные смолы образуют обратимую пленку. Термореактивные смолы и растительные масла – необратимую.

Растворители служат для растворения пленкообразователя, т. е. придания ему определенной вязкости, и представляют собой летучие

жидкие органические соединения, которые должны испариться без остатка после нанесения ЛКМ на поверхность.

Разбавители служат для разбавления готовых ЛКМ и сами растворять пленкообразователи не могут, они дешевле растворителей. Избыток разбавителя может вызвать свертывание пленкообразователя и выпадение его в осадок.

Пигменты – это сухие краски, придающие ЛКМ цвет и непрозрачность. Кроме того, они замедляют старение и повышают стойкость лакокрасочных покрытий. Пигменты находятся в пленкообразователях и растворителях во взвешенном состоянии, представляют собой окислы и соли металлов, сажу, алюминиевую пудру, глины.

Основные цвета пигментов: синий, красный, желтый, белый и черный. Остальные оттенки получают путем смешивания. Размер частиц пигментов составляет около 0,5 мкм. К распространенным пигментам относятся: белые – цинковые, свинцовые, титановые белила; желтые – охра, крон свинцовый и цинковый; синие – ультрамарин, лазурь; зеленые – окись хрома, медянка, зеленый крон; красные – мумия, сурик железный, свинцовый сурик, киноварь; черные – сажа.

Пластификаторы, или *мягчители*, добавляются к ЛКМ для придания эластичности, гибкости, долговечности. Они также повышают прилипаемость, свето-, тепло- и морозостойкость. К пластификаторам относятся льняное, касторовое масла, эфиры кислот, камфара, термопластичные смолы.

Сиккативы – вещества, ускоряющие процесс образования пленки, представляют собой окислы свинца, марганца, кобальта, а также соли органических кислот этих металлов. Необходимо отметить, что чрезмерное количество сиккатива в составе вызывает не сокращение, а увеличение времени его высыхания.

Наполнители применяют в качестве примеси к слишком насыщенным и непрозрачным красителям для частичной их замены и удешевления, способствуют более полному осаждению красителя и лучшему его закреплению. Распространенные наполнители: мел, гипс, каолин, тальк, гидрат окиси алюминия и др.

Качество окрашивания автомобильного кузова во многом обусловлено определенными свойствами лакокрасочных покрытий, к которым относятся укрывистость, прочность сцепления с основой, прочность при ударе, прочность при изгибе и растяжении, твердость и др.

Прочность при ударе (в Дж) определяется высотой падения груза массой в 1 кг, при которой боек испытательного прибора не вызывает механическое разрушение покрытия. При испытании на наковальню специального устройства устанавливают стальную окрашенную пластинку размером 100 100 мм покрытием в сторону бойка. Место, которое будет подвергаться удару, должно отстоять не менее чем на 20 мм от краев пластинки или от центров участков, по которым ранее наносился удар. Результатом испытания является определение той максимальной высоты (в см) падения груза, при которой не обнаруживаются трещины, смятия и отслаивания покрытия. Для автоэмалей должна быть обеспечена прочность при ударе бойка с высоты не менее 30 см.

Прочность при изгибе характеризуется минимальным диаметром стержня (20, 15, 10, 3 и 1 мм), изгибание на котором окрашенной пластинки из черной жести не вызывает механическое разрушение покрытия.

Прочность сцепления лакокрасочного покрытия с основным металлом во многих случаях определяют методом сетки царапин путем нанесения на покрытие надрезов лезвием безопасной бритвы на расстоянии 2 мм друг от друга (рис. 9.1). При удовлетворительной прочности сцепления после нанесения сетки царапин не должно быть отслаивания покрытия в ячейках сетки.

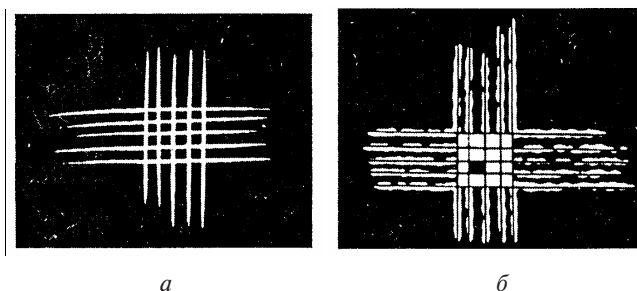


Рис. 9.1. Внешний вид лакокрасочного покрытия после проверки адгезии: а – с хорошей адгезией; б – с плохой адгезией

Твердость лакокрасочного покрытия может быть определена при помощи маятникового прибора. В этом случае она измеряется числом, полученным от деления времени качания маятника прибора с шариковыми опорами, установленными на стеклянной пластинке

ке с нанесенным испытываемым ЛКМ, на время его качания, когда шариковые опоры установлены на стекле (измерение основано на эффекте гистерезиса).

В лабораторных условиях твердость покрытий определяется на маятниковом приборе М-3 (рис. 9.2). Этот прибор состоит из основания, плиты, маятника и шкалы. Маятник выполнен в виде буквы П и через два стальных шарика опирается на проверяемое покрытие, которое нанесено на стеклянную пластинку. С помощью специальной рамки маятник устанавливается в нулевое положение, а затем пусковым приспособлением 1 отводится на угол 5° . При этом шариковые опоры не должны смещаться с того места, которое соответствовало нулевому положению. Затем маятник освобождается и замеряется время его колебания, пока амплитуда не достигнет 2° . Твердость покрытия определяется по формуле

$$H = \frac{t_1}{t_2}, \quad (9.1)$$

где t_1 – время до затухания колебаний маятника (от 5 до 2°) на стеклянной пластинке, покрытой ЛКМ; t_2 – время затухания колебаний маятника (от 5 до 2°) на чистой стеклянной пластинке.

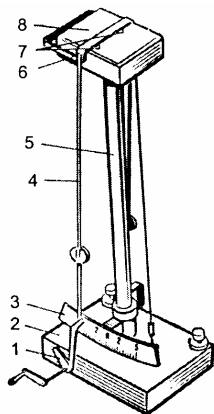


Рис. 9.2. Прибор М-3 для определения твердости ЛКМ:
1 – пусковое приспособление; 2 – основание; 3 – шкала маятника;
4 – маятник; 5 – штатив; 6 – плита; 7 – стальные шарики;
8 – испытываемая пластина

Чем тверже ЛКМ, тем число H больше. Автомобильные эмали должны иметь твердость не менее 0,2.

Укрывистость измеряется количеством ЛКМ (в г/м²), необходимым для окрашивания пластинки из бесцветного стекла таким числом слоев, при котором не просматриваются черные и белые квадраты у подложенной под пластинку «шахматной доски» (рис. 9.3). На стеклянную пластину размером 200х200 мм слой за слоем наносят лакокрасочный материал до тех пор, пока перестанут просвечивать черные и белые квадраты шахматной доски, подложенной под пластину. При проведении таких испытаний рекомендуется использовать краскораспылитель, наносящий слои лакокрасочного материала толщиной не более 20 мкм.

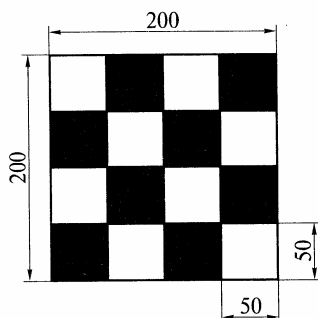


Рис. 9.3. «Шахматная доска» для определения укрывистости ЛКМ

Укрывистость автомобильных эмалей обычно находится в пределах от 30 до 70 г сухой пленки на 1 м² окрашиваемой поверхности.

Вязкость измеряется необходимым временем для вытекания 100 мл ЛКМ из вискозиметра ВЗ-4 через отверстие диаметром 4 мм при температуре 18...20°С (рис. 9.4). Готовая к применению автомобильная краска должна обладать оптимальной вязкостью (время вытекания от 15 до 45 с). При повышенной вязкости увеличивается толщина пленки одного слоя и снижается ее механическая прочность, при пониженной – толщина слоя уменьшается и увеличивается расход растворителя. Если же окраска будет производиться при помощи кисти, то время вытекания, характеризующее вязкость ЛКМ, должно составлять от 30 до 60 с.

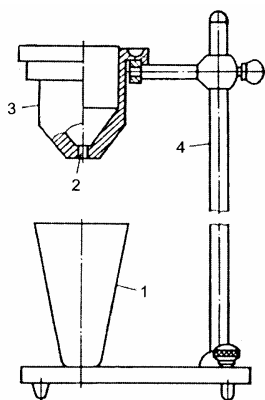


Рис. 9.4. Вязкозиметр ВЗ-4: 1 – стакан; 2 – сопло;
3 – ёмкость вместимостью 100 мл; 4 – штатив

Вязкость зарубежных лакокрасочных материалов чаще всего измеряют вязкозиметром Ford № 4 (диаметр сопла 1/6 дюйма – примерно 4,2 мм), хотя почти все фирмы – производители ЛКМ рекомендуют и свои собственные приборы.

На практике с одинаковым успехом можно пользоваться любым из существующих приборов: они построены по одному принципу, а для пересчета показаний существуют графики и номограммы. На точности измерений это никак не отражается, погрешность нивелируется допустимым разбросом показателей рабочей вязкости.

Стойкость к перепадам температур определяется числом циклов попеременного нагрева до 60° С с выдержкой 30 мин и охлаждения до -40° С в течение часа окрашенной стальной пластины, при котором не наблюдается появление трещин лакокрасочного покрытия.

Водостойкость и стойкость к минеральным маслам и бензину определяются погружением окрашенных металлических пластин в соответствующую жидкость при температуре 20±2° С, время определяется ГОСТом. После испытания лакокрасочное покрытие должно быть без изменений.

Потеря блеска при влажном облучении определяется облучением кварцевой лампой в течение определенного времени окрашенной пластинки, которая погружена в дистиллированную воду, подогретую до температуры 50° С.

Время высыхания характеризует продолжительность высыхания покрытия до заданной степени при определенной температуре. Установлено семь степеней высыхания. Чем выше степень высыхания, тем качественнее произведена сушка.

Маркировка лакокрасочных материалов согласно отечественной нормативной документации имеет пять групп буквенно-цифровых знаков.

Первая группа – это наименование («краска», «лак», «эмаль», «грунтовка», «шпатлевка»).

Вторая группа обозначается двумя буквами и указывает тип пленкообразователя по химическому составу: НЦ – нитроцеллюлозный, МЛ – меламинный, МЧ – мочевиный, ПФ – пентафталевый, БТ – битумный, ФЛ – фенольный, АК – полиакриловый, ВА – поливинилацетатный, ГФ – глифталевы, ЭП – эпоксидный, ПЭ – полиэфирный, КО – кремнийорганический и т. д.

Для специфических ЛКМ между первой и второй группами знаков через дефис ставят индексы: В – водоразбавляемые, П – порошковые, Э – эмульсионные, Б – без активного растворителя.

Третья группа отделяется от второй дефисом и определяет основное назначение ЛКМ, обозначается цифрами от 1 до 9 – в обозначении эмалей, 0 – в обозначении грунтовок и 00 – в обозначении шпатлевок.

Цифры означают: 1 – эмаль атмосферостойкая, 2 – ограниченно атмосферостойкая, 3 – консервационная, 4 – водостойкая, 5 – специальная, 6 – маслбензостойкая, 7 – химически стойкая, 8 – термостойкая, 9 – электроизоляционная.

Четвертая группа определяет порядковый номер, присвоенный данному ЛКМ, и обозначается одной, двумя или тремя цифрами, номер характеризует оттенок цвета эмали.

Иногда добавляют буквенные индексы для обозначения специфической особенности ЛКМ. Например, индекс ГС обозначает, что эмаль горячей сушки, ХС – холодной сушки, ПГ – пониженной горючести, НГ – негорючая, М – образует матовые покрытия.

Пятая группа обозначает цвет и пишется полным словом.

Пример обозначения «Эмаль МЛ-1121 белая» (ТУ 6-10-1466-75) – это эмаль меламиноалкидная, атмосферостойкая, используется для окрашивания кузовов и деталей легковых автомобилей.

К вспомогательным материалам, используемым при проведении отделочных работ, можно отнести составы для очистки кузова от загрязнений и старой краски. Загрязнения удаляются щелочными моющими препаратами, уайт-спиритом, скипидаром, бензином, ацетоном и другими органическими растворителями. Ржавчина небольшой толщины удаляется жидкими преобразователями ржавчины или пастами на основе ортофосфорной кислоты, а также при использовании специального грунта-преобразователя.

Удаление старой эмали облегчается обработкой ее специальными смывками. Для выравнивания зашпатлеванных участков и удаления старой краски или защитной краски ремонтных панелей кузова используется водостойкая абразивная шкурка. Использование такой шкурки позволяет отмывать ее рабочую поверхность от срезанного материала, что увеличивает ее срок службы и уменьшает запыленность на месте выполнения работ.

Для удаления мелких электростатически заряженных пылинок на поверхности кузова перед его окраской применяют специальные салфетки.

При ремонте лакокрасочных покрытий кузовов автомобилей обычно используется лакокрасочная система определенной фирмы. Это гарантирует качество покрытия и совместимость отдельных элементов системы. Ассортимент современных расходных материалов большинства производителей включает все, что нужно для качественного ремонта:

- высокопигментированные концентраты – колерующие эмали для составления базисов двухслойных металликов;
- эмали с перламутровым эффектом для составления базисов двух- и трехслойных систем металлизированных покрытий;
- двухкомпонентные покрывные лаки для двух- и трехслойных металлизированных и перламутровых систем;
- разные виды отвердителей с низким, средним и высоким сухим остатком для разных режимов сушки;
- весь комплекс растворителей (медленно-, средне- и быстроиспаряющихся, для разных базисов и лаков, для разных условий нанесения и сушки), в том числе разнообразные растворители для создания специальных эффектов;
- широкий ассортимент добавок для обеспечения самых разных свойств

- покрытий, в том числе пластификаторы, модификаторы и т. п.;
- грунтовки для нанесения покрывных эмалей всех разновидностей на металлические и пластмассовые детали с обеспечением сцепления покрывной эмали с поверхностью детали;
 - шпатлевки, полировочные пасты и другие материалы автокосметики;
 - абразивные материалы для шлифования поверхностей кузова под окраску.

Необходимо отметить, что многие компоненты ЛКМ, выпускаемые разными производителями, могут быть не совместимы друг с другом. Это обстоятельство может привести к весьма существенным негативным последствиям: добавляемые для получения нужного цвета пигменты «всплывают» на поверхность и проявляются в виде пятен, краска при добавлении растворителя сворачивается и выпадает в осадок и т. п.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение лакокрасочного покрытия на кузове автомобиля?
2. Какие виды шпатлевок вы знаете?
3. Куда и в какой момент ремонта кузова устанавливают битумные прокладки типа «келлер»?
4. Каково назначение сиккативов в составе лакокрасочных покрытий?
5. Какие свойства лакокрасочных покрытий вы знаете?
6. Сколько групп буквенно-цифровых знаков включает маркировка лакокрасочных материалов?

9.2. Подготовка поверхности кузова под покраску

Подготовка поверхностей к окраске включает снятие старых лакокрасочных покрытий, удаление продуктов коррозии, грунтование и шпатлевание поверхности, тщательное шлифование грунтованной и шпатлеванной поверхности.

Существуют два способа удаления старой краски – механический и химический. При механическом способе старая краска удаляется с панелей кузова стальными щетками, абразивной шкуркой, дробью и т. д.

Эффективно удаляется старая краска с поверхностями кузова дробеструйным способом. Для этого применяется металлическая дробь

размером 0,2...0,3 мм. После дробеструйной обработки поверхность кузова приобретает шероховатость, обеспечивающую высокую прочность сцепления лакокрасочного покрытия с основным металлом.

Химический способ, более производительный и качественный, заключается в удалении старой краски органическими смывками (СД, АФТ-1, АФТ-8, СП-6, СПС-1), которые с помощью кисти или шпателя наносятся равномерным слоем толщиной 1...3 мм на поверхность окрашенного металла и оставляются на 10...30 мин. После размягчения и отслаивания старого покрытия его удаляют с поверхности металла шпателем, а очищенную поверхность протирают насухо ветошью. Небольшие остатки старого покрытия и продукты коррозии удаляют с поверхности крупнозернистой шкуркой.

Для удаления ржавчины с поверхности металла также используют механический и химический методы. В первом случае применяют механизированный инструмент или очищают металл вручную стальными щетками, абразивной шкуркой или другими абразивными материалами. При этом обработку выполняют очень осторожно, так как из-за коррозии металл становится хрупким и легко повреждается.

Для очистки поверхности металла от окислов и гидратов химическим методом (травлением) используются растворы кислот, кислых солей или щелочей. Химические средства значительно облегчают процесс, однако после обработки их остатки необходимо тщательно удалить, поскольку они сами в силу своей химической активности могут способствовать развитию коррозии.

Перед травлением поверхность металла необходимо обезжирить, потому что остатки смазки и жиров ухудшают ее смачиваемость и травление протекает неравномерно. На практике операции травления и обезжиривания совмещают. Для обезжиривания панелей из черных металлов, никеля и меди используются щелочные растворы; детали из алюминия, цинка, олова и их сплавов обезжиривают в растворах солей с меньшей свободной щелочностью (углекислый или фосфорный натрий, углекислый калий).

Процесс травления состоит из следующих операций: обработка кислотосодержащим составом, промывка водой, промывка нейтрализующим составом, промывка водой, сушка.

Наиболее эффективна смешанная очистка металла от ржавчины, которая заключается в предварительной механической обработке поверхности с последующим удалением остатков ржавчины из пор металла химическими средствами.

Для увеличения срока службы лакокрасочного покрытия, улучшения сцепления его с металлом и замедления развития коррозионных процессов в местах нарушения лакокрасочного слоя детали кузова перед грунтованием в обязательном порядке подвергаются фосфатированию – химической обработке стальных деталей с целью получения на их поверхности слоя нерастворимых в воде фосфорнокислых соединений. В авторемонтной практике эта операция состоит в нанесении слоя первичного (антикоррозионного) грунта (например, ВЛ-02 или ВЛ-23), обеспечивающего максимальную антикоррозионную защиту и высокую адгезию к подложке наносимых впоследствии слоев.

После обработки металла ортофосфорной кислотой на поверхности остается серая пленка, состоящая из кристалликов соли, которые в дальнейшем могут стать очагами коррозии. Поэтому перед грунтованием поверхность должна быть тщательно промыта, высушена и обезжирена.

Грунтование – это нанесение слоя лакокрасочного материала на окрашиваемую поверхность (в нашем случае – на панель кузова) для создания надежного сцепления с ней наносимого покрытия и придания покрытию дополнительных антикоррозионных свойств. Грунтовки отличаются от эмалей повышенным содержанием пигментов, преимущественно антикоррозионных. Основные требования к грунтовкам: хорошая адгезия к металлу и вышележащим слоям покрытия (эмалям и шпатлевкам) и высокие антикоррозионные свойства.

Грунтовки наносятся на предварительно подготовленную (очищенную от ржавчины и обезжиренную) поверхность равномерным слоем толщиной 12...20 мкм, а фосфатирующие грунтовки – слоем толщиной 5...8 мкм. Грунтовки наносятся обычными краскораспылителями (рис. 9.5) или специальными окрасочными пистолетами с увеличенным соплом при повышенном давлении воздуха. Для получения высококачественного грунтовочного слоя его необходимо высушить, не допуская пересушивания, чтобы резко не ухудшилось сцепление необратимых грунтовок (алкидных, эпоксидных и др.) с наносимыми далее

покрывными эмалями, особенно быстросохнущими. После грунтования на поверхности панелей становятся хорошо заметны мелкие царапины и риски от инструментов, использованных при рихтовке кузова.

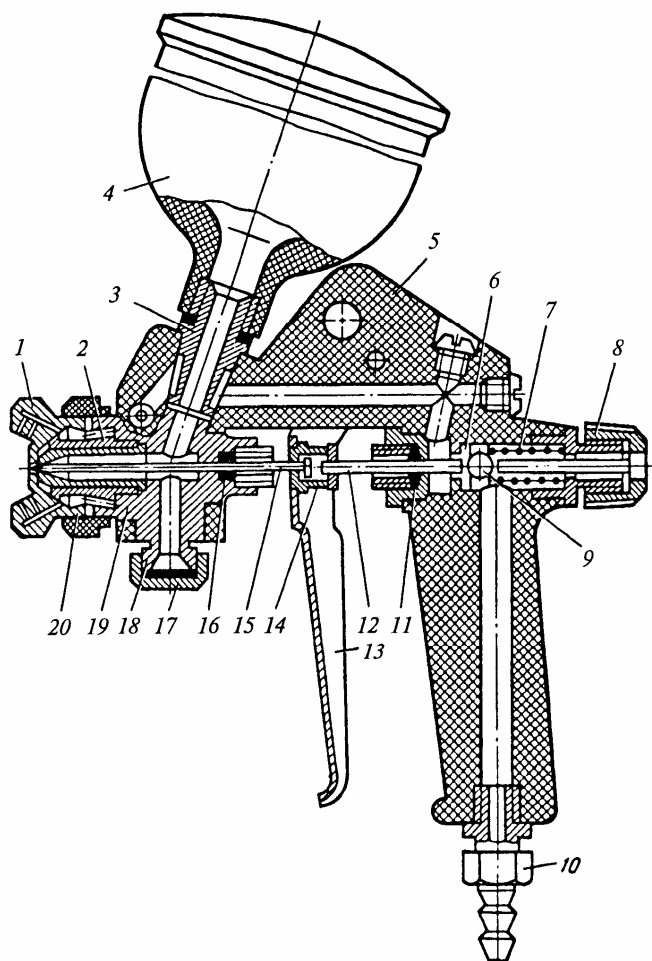


Рис. 9.5. Краскораспылитель с верхним бачком: 1 – воздушная головка; 2 – распределитель воздуха; 3, 18 – штуцера; 4 – бачок для краски; 5 – корпус; 6 – седло клапана; 7 – пружина; 8 – винт для регулирования расхода лакокрасочного материала; 9 – шарик; 10 – штуцер для подачи воздуха; 11, 16 – уплотнения; 12 – шток; 13 – пусковой курок; 14 – муфта; 15 – запорная игла; 17 – заглушка; 19 – краскопровод; 20 – накидная гайка

Шпатлевание – это процесс нанесения лакокрасочного материала на слой грунтовки для выравнивания окрашиваемой поверхности путем заделки вмятин, небольших углублений, раковин, несплошности в местах стыков, царапин и других дефектов. Оно способствует заметному улучшению внешнего вида покрытий, но значительно ухудшает механические показатели защитных покрытий (эластичность и вибростойкость). Шпатлевание применяется в тех случаях, когда другими методами (шлифованием, грунтованием и др.) невозможно удалить дефекты поверхностей.

В настоящее время для выравнивания окрашиваемой поверхности применяется газопламенное напыление порошка термопластика ТПФ-37. Поверхность, подлежащая выравниванию, перед напылением должна быть тщательно очищена от загрязнений, обезжирена бензином или ацетоном и нагрета до температуры 170...180° С. Термопластик напыляют аппаратом УПН-6-63 в несколько слоев до полного заполнения неровностей. После нанесения каждого слоя проводят обкатывание поверхности специальным роликом. После отверждения нанесенный слой пластмассы шлифуют наждачной бумагой.

Шлифование грунтованной и шпатлеванной поверхности выполняется вручную (рис. 9.6) или с помощью механизированного инструмента (рис. 9.7, 9.8). Применяются два вида шлифования – сухое и мокрое. В последнем случае обрабатываемую поверхность смачивают водой или инертным растворителем, а шлифовальную шкурку периодически промывают от пыли, полученной при шлифовании, что существенно увеличивает срок ее службы. Мокрое шлифование специальной водостойкой наждачной бумагой повышает ее стойкость: она не засаливается и уменьшает запыленность кузова (сорность покрытия).

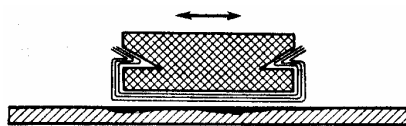


Рис. 9.6. Перемещение бруска по шлифуемой поверхности вручную

Следует иметь в виду, что полиэфирные шпатлевки, широко используемые в практике кузовного ремонта, гигроскопичны, что сопряжено со значительными затруднениями по удалению воды из пористого покрытия после мокрого шлифования. Кроме того, это

свойство способствует проникновению влаги через сквозные поры к поверхности основного металла и возникновению очагов коррозии, которые приводят к вспучиванию краски при ускоренной сушке. Кроме того, мокрое шлифование сопровождается образованием корочек грязи, которые, отслаиваясь в процессе нанесения краски, увеличивают число крупных дефектов покрытия.

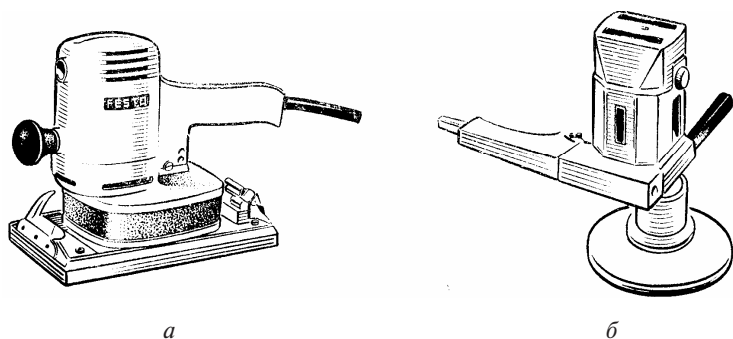


Рис. 9.7. Электрические шлифовальные машинки:

a — платформенная с колебательным движением; *б* — с круговым движением

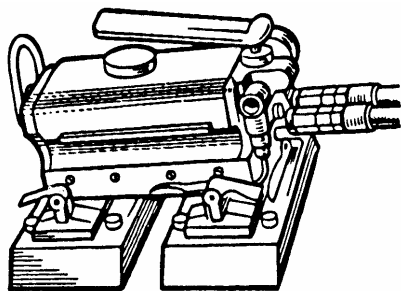


Рис. 9.8. Пневматическая шлифовально-полировальная машинка с двумя основаниями

При сухом шлифовании наиболее эффективным является отбор пыли непосредственно в месте ее образования, т. е. там, где происходит контакт абразивного материала с обрабатываемой поверхностью. С этой целью в конструкции электропневматического инструмента

для сухого шлифования предусмотрены каналы, соединяющие рабочую поверхность инструмента с патрубком для подсоединения пылеотводящего шланга.

Шлифованию подвергаются не только поврежденные участки панелей, но и вся площадь, которая будет окрашена. Такое тонкое шлифование называют «снятием глянца», оно обеспечивает хорошую адгезию краски.

После проведения шлифовальных работ поверхность необходимо тщательно очистить от пыли и жира. Для очистки от пыли путем обдува воздухом лучше использовать специальный пистолет, боковые отверстия в сопле которого делают поток воздуха строго направленным и исключают попадание удаляемой пыли на лицо работающего.

При шлифовании зашпаклеванных участков кузова в некоторых местах может проступить металл, который следует покрыть грунтом. В этом случае для грунтования могут использоваться некоторые виды грунтовок, обладающих хорошей адгезией к чистому металлу.

Контрольные вопросы

1. Какие способы удаления старой краски с деталей кузова автомобиля вы знаете?
2. Как производят грунтование панелей кузова?
3. Как осуществляют выравнивание неровностей на поверхности панелей кузова?
4. Почему перед окрашиванием кузова его поверхность шлифуют (снимают глянец)?
5. Как очищают поверхность кузова от пыли после проведения шлифовальных работ?

9.3. Окрашивание и сушка кузова

Помещения, где выполняются окрасочные работы, должны быть оборудованы хорошей вентиляцией, а температура воздуха не должна быть ниже +18...20°C.

Нанесение краски на кузов производится несколькими способами:

- воздушным краскораспылителем под давлением 0,3...0,4 МПа (окраска сопровождается образованием токсичного и взрывоопасного тумана, состоящего из распыляемой краски);

- безвоздушным распылителем с подогревом краски (краска под давлением 4...6 МПа подается насосом через подогреватель, снижающий вязкость краски, к соплу пистолета и за счет перепада давлений распыляется);
- окраска в электростатическом поле (между краскораспылителем и кузовом создается электрическое напряжение примерно 100 кВ, под действием которого капельки краски переносятся на окрашиваемую поверхность).

Для получения высококачественных покрытий при помощи ручных пневматических краскораспылителей необходимо правильно выбрать модель и режим работы. Особенно важно правильно подобрать распылительную головку, форму факела (коническую и плоскую), траекторию и скорость перемещения распылителя в процессе окраски. Выбор формы факела зависит от формы и размеров окрашиваемой поверхности. Плоский факел применяют при окрашивании больших сплошных поверхностей — он оставляет широкую полосу, что позволяет работать с большой производительностью, а также окрашивать дверные проемы, стойки кузова, когда краска должна подаваться узкой полосой. Краскораспылитель следует располагать перпендикулярно окрашиваемой поверхности на расстоянии $D = 200...250$ мм и перемещать таким образом, чтобы получалось равномерное по толщине покрытие (рис. 9.9).

По принципу смешения струй краски и воздуха различают форсунки внутреннего и наружного смешения. В первом случае смешение происходит внутри форсунки, после чего смесь выбрасывается в виде факела; во втором случае краска подхватывается струей воздуха и смешивается с ним за пределами форсунки.

Снижение туманообразования при работе краскораспылителя достигается созданием воздушной завесы вокруг окрасочной струи. Для этого головка краскораспылителя имеет ряд отверстий по окружности, концентричной центральному отверстию. Через эти отверстия поступает дополнительный воздух, создающий завесу, препятствующую туманообразованию.

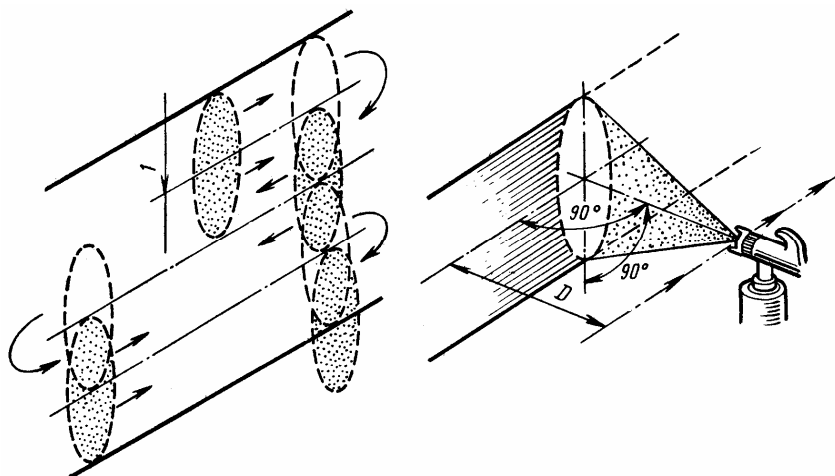


Рис. 9.9. Нанесение лакокрасочного материала из краскораспылителя

На рис. 9.10 поясняется принцип окраски в электростатическом поле. Краскораспылитель состоит из вращающейся электрическим моторчиком тарелки, в которую по трубке подается краска. Блок питания мощностью 250 Вт соединен клеммой «минус» с краскораспылителем, а клеммой «плюс» — с окрашиваемым кузовом. При разности потенциалов 100 кВ разбрасываемые центробежной силой капельки краски заряжаются отрицательным зарядом и в полете притягиваются к положительно заряженному кузову. Окраска происходит бесшумно без образования тумана и с минимальным расходом краски.

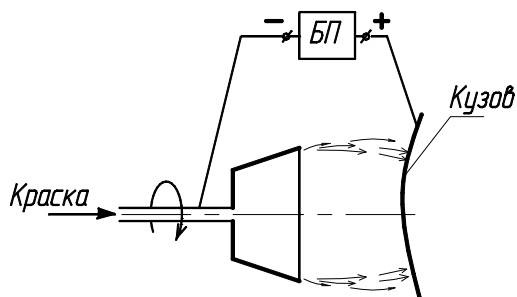


Рис. 9.10. Схема окраски в электростатическом поле

Недостатком окрашивания в электростатическом поле является то, что такое окрашивание возможно только для относительно плоских поверхностей, так как заряженные частицы краски движутся по кратчайшему расстоянию и высаживаются больше всего на выступающие элементы окрашиваемого объекта. Таким образом, впадины дверных проемов и т. п. в электростатическом поле не могут быть окрашены. При ручном окрашивании маляр должен быть обут в специальные резиновые сапоги, надежно изолирующие его от пола. Если такой изоляции нет, то при случайном увеличении расстояния от тарелки краскораспылителя до кузова капельки краски меняют направление и высаживаются на руку и лицо маляра.

Перед окраской кузова снимают молдинги и другие декоративные накладки, места, не подлежащие окрашиванию, защищают клейкой («малярной») лентой, специальными фартуками и т. п. Кузов подвергают мокрому окончательному шлифованию. При окрашивании всего кузова шлифуют его полностью «для снятия глянца», если должен быть окрашен только отдельный участок, то шлифуют всю панель, а остальные прилегающие поверхности защищают от окраски. Окраска в естественных границах панели делает менее заметной неизбежную разнотонность получаемого цвета после ремонтной окраски.

Следует отметить, что если поверхность старого лакокрасочного покрытия не будет отшлифована, то прочность сцепления наносимого при ремонте слоя краски окажется заниженной.

При поступлении кузова в окрасочную камеру его поверхность обезжиривают растворителем краски и протирают специальной салфеткой, снимающей слой наэлектризованных пылинок.

Окраску кузова легковых автомобилей обычно производят меламиноалкидными эмалями (МЛ-197 и др.), которые дают прочную блестящую поверхность. Однако эти эмали полимеризуются (сохнут) при температуре 120...130°С, что применимо только для «голового» кузова. Чтобы снизить температуру сушки до допустимой для собранного кузова при ремонте автомобиля (60...70°С), используют специальные отвердители – сиккативы, добавляемые в краску.

Кабины грузовых автомобилей могут быть окрашены пентафталевыми или глифталевыми эмалями (ПФ-115, ГФ-230 и др.). Эти крас-

ки могут полимеризоваться при комнатной температуре. Однако это приводит к снижению прочности и блеска покрытия.

Для мелкого ремонта — подкрашивания незначительных сколов и повреждений покрытия могут быть использованы нитроэмали. Баночки такой краски часто прилагаются к новому автомобилю заводом-изготовителем. Нитроэмали высыхают в течение 15...20 мин при комнатной температуре, обеспечивая получение тонкого и непрочно-го слоя покрытия.

В настоящее время широко используется двухслойное покрытие («металлик», «эффектное»), когда вначале наносится слой краски цветового фона, а затем лак.

Подбор колера — это процесс получения необходимого цветового оттенка эмали путём смешения основных цветов в определённой пропорции. При подборе колера необходимо принимать во внимание следующие факторы:

- после сушки эмали имеют свойство изменять оттенок в сторону потемнения;
- лакокрасочные покрытия изменяют цвет под действием атмосферных воздействий, ультрафиолетовых лучей, влаги и т. п., поэтому при ремонтной окраске автомобилей с разными сроками и условиями эксплуатации пропорции смешиваемых основных цветов должны изменяться;
- после соединения основных компонентов смесь требует тщательного перемешивания.

В настоящее время существуют около десятка различных технологий подбора цвета и приготовления краски. Система для подбора цвета и приготовления краски обычно включает следующее оборудование:

- размешивающая установка — миксер, с помощью которого базовые компоненты поддерживаются в рабочем состоянии (для сохранения однородности их нужно периодически перемешивать);
- электронные весы, на которых с точностью до десятой доли грамма можно взвешивать компоненты смеси для составления краски;
- табло для визуального контроля ввода информации о конкретной краске;
- каталоги с образцами цветов автомобилей всех марок;

- компьютер с программой, содержащей обширную базу данных и позволяющей найти необходимый рецепт по марке автомобиля и номеру цвета;
- окрашенные тест-пластины для сравнения цветов непосредственно на поверхности автомобиля при «ручном» подборе цвета;
- спектрофотометр для анализа образцов краски (рис. 9.11).

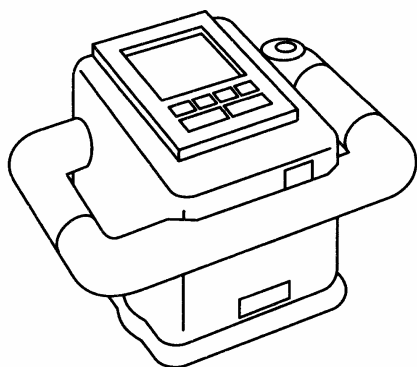


Рис. 9.11. Спектрофотометр

Спектрофотометр распознает цвет автомобиля следующим образом. Каждый пигмент имеет индивидуальный спектр. Спектры всех пигментов накладываются друг на друга. Таким образом, каждый окрашенный объект имеет собственный спектр, который является суперпозицией спектров пигментов, входящих в состав краски. Следует учесть, что эта суперпозиция не является результатом простого арифметического сложения спектральных кривых пигментов, поскольку пигменты спектрально взаимодействуют друг с другом.

Компьютер хранит обширную базу данных возможных вариантов цветов с их спектральными характеристиками. Спектрофотометр измеряет спектр лакокрасочного покрытия автомобиля, сравнивает его со спектрами из базы данных и находит точку максимального совпадения, после чего выдает искомую формулу (рецепт). Весы, связанные с компьютером, позволяют приготовить нужную краску в необходимом количестве. При излишке того или иного базового пигмента система обратит на это внимание оператора и позволит скорректировать рецепт.

Краска перед заливкой в емкость краскораспылителя должна быть профильтрована (часто в качестве фильтра используют капроновый чулок). При окраске распылитель перемещают относительно кузова, удерживая под прямым углом к поверхности (виляние приводит к формированию неравномерного по толщине покрытия). После нанесения одного слоя дают выдержку 7...10 мин, затем наносят второй слой и при необходимости третий. Вначале окрашивают внутренние полости кузова, дверные проемы (менее ответственные участки), а затем наружную поверхность кузова. После окраски снимают защитные устройства (фартуки, клейкие ленты и т. п.), очищают места, окраска которых не предусматривалась, кузов сушат.

Различают несколько способов сушки окрашенной поверхности.

- Конвекционная сушка – обдув окрашенной поверхности горячим воздухом (веерной газовой горелкой или другими устройствами). При такой сушке поток тепла Q поступает к слою краски снаружи (рис. 9.12) и полимеризация (затвердевание) краски начинается на наружной поверхности. Пары растворителя и другие газы при выходе из слоя краски вынуждены разрывать образовавшуюся пленку, что делает слой пористым, уменьшает глянец поверхности.

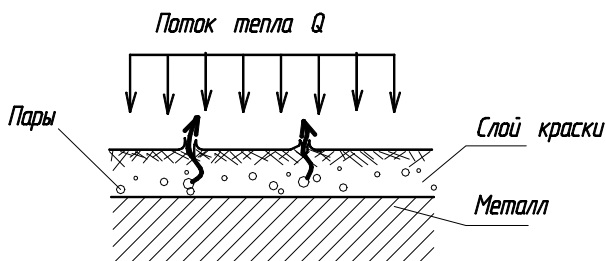


Рис. 9.12. Схема конвекционной сушки

- Терморadiационная сушка – окрашенная поверхность облучается инфракрасными лучами, которые свободно пронизывают слой краски и нагревают металл. Полимеризация краски начинается изнутри – от металла, пары растворителя свободно выходят наружу через слой краски (рис. 9.13). Наружный слой краски полимеризуется в последнюю очередь, слой получается сплошным с хорошим гля-

цем (положительный эффект терморрадиационной сушки достигается и при использовании конвекционной сушки, когда, например, окрашенную панель капота греют газовой горелкой или паяльной лампой с внутренней (тыльной) поверхности).

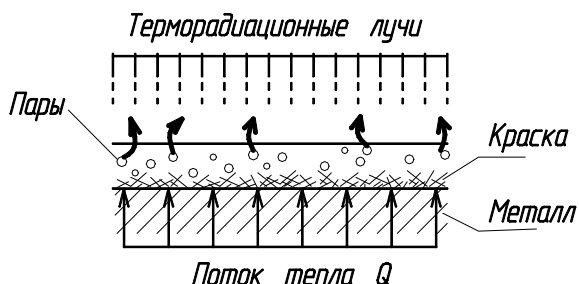


Рис. 9.13. Схема терморрадиационной сушки

- Сушка в сушильной камере — нагрев происходит во всем объеме кузова, помещенного в специальную камеру, имеющую электрические тэны или нагреватели, которые работают на дизельном топливе или газе. При такой сушке удается более точно контролировать температуру, нагрев панелей происходит как снаружи, так и изнутри, качество окрашенной поверхности получается высоким.

- Электронно-лучевая сушка — радиационно-химическое отверждение специальных лакокрасочных покрытий, при котором время процесса доходит до 2...10 с. Затраты энергии по этому процессу снижаются в 10 и более раз, однако в отечественной практике такой способ сушки до сих пор широкого применения не нашел.

Для осуществления терморрадиационной сушки используют специальные излучатели с тепловыми электрическими нагревателями, которые могут устанавливаться в разных положениях путем перемещения шарнирных рычагов и штативов (рис. 9.14). Расстояние между тэнами и окрашиваемой поверхностью должно быть не менее 400 мм, что исключает местный перегрев окрашенных панелей.

Универсальные окрасочно-сушильные камеры (рис. 9.15 и 9.16) рассчитаны на работу в двух режимах — окраски и сушки. Камеры, как правило, изготовлены из сэндвич-панелей, они герметичны, что

обеспечивает повышенное давление для предотвращения подсоса пыли внутрь камеры.

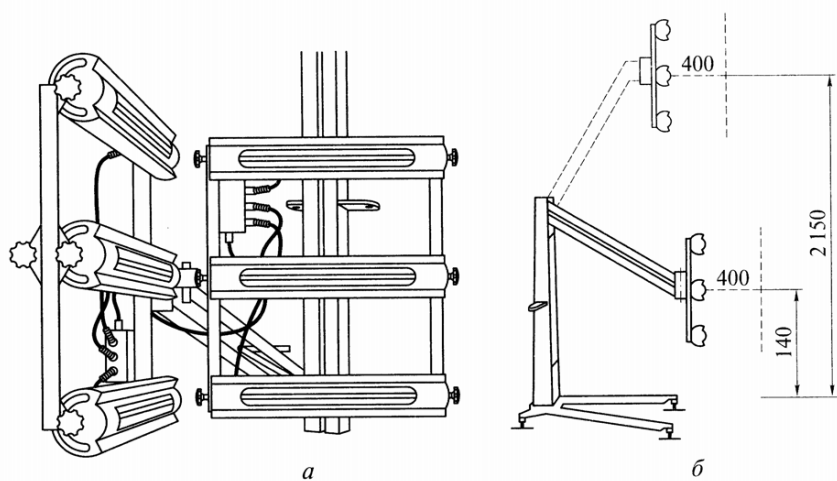


Рис. 9.14. Излучатели с тепловыми электрическими нагревателями



Рис. 9.15. Вид окрасочно-сушильной камеры

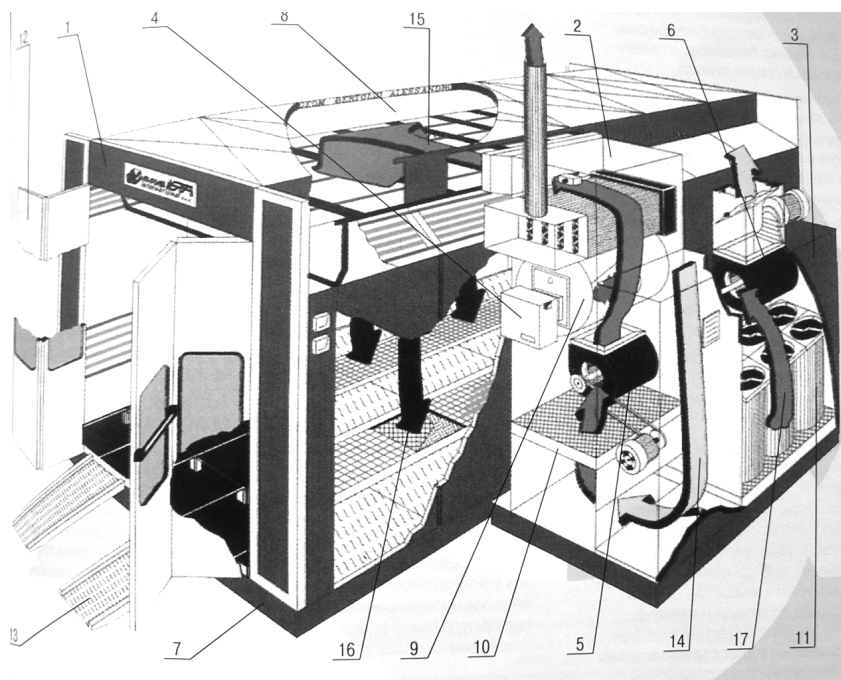


Рис. 9.16. Устройство окрасочно-сушильной камеры: 1 – камера; 2 – генераторная группа; 3 – экстракторная группа; 4 – горелка; 5 – входной коллектор; 6 – выходной коллектор; 7 – сборное металлическое основание камеры; 8 – потолочная часть; 9 – теплообменник; 10 – группа предварительных фильтров; 11 – группа вытяжных фильтров; 12 – выходная дверь; 13 – въездные трапы; 14 – поток воздуха, входящий в камеру; 15 – поток подготовленного воздуха, поступающий внутрь камеры; 16 – нисходящий поток воздуха внутри камеры; 17 – поток воздуха, выходящий из камеры

В процессе окраски в камере обеспечивается циркуляция воздуха и его очистка от тумана (взвешенных частиц краски), а также хорошее освещение автомобиля. В режиме сушки происходит нагрев циркулирующего воздуха с помощью теплогенераторов и автоматическое поддержание определенной температуры.

Конструкция и размер окрасочно-сушильных камер определяются объемом окрасочных работ, габаритами автомобиля, способом передачи энергии к окрашиваемой поверхности, видом потребляемой энергии для теплоносителей и некоторыми другими факторами. В ка-

мерах традиционного исполнения воздух проходит из генераторной группы через верхний воздуховод с фильтрами, занимающими почти всю площадь потолка, затем вертикально вниз, к экстракторной группе и выходным фильтрам.

В полувертикальных камерах или камерах с диагональным потоком воздух через верхние фильтры в передней верхней части камеры направляется по диагонали к выходным фильтрам в нижней части задней стенки. Эти камеры, создавая благоприятные условия для окраски, не требуют при монтаже строительных работ (заглубления, бетонирования или поднятия камеры над уровнем пола). К достоинствам полувертикальных камер также можно отнести мобильность, так как они легко демонтируются и устанавливаются в другом месте.

Фронтальная часть камеры оснащается надежной въездной дверью (воротами), обеспечивающей хорошую герметичность. Высота ворот обычно составляет 2,9 м, а ширина – 2,7 м. Для бестеневой освещенности внутри камеры устанавливаются до восьми люминесцентных светильников, расположенных под углом между потолком и боковыми стенками. Все светильники пожаробезопасны и закрыты плоскими плафонами, с которых легко удаляются загрязнения.

При необходимости в камерах дополнительно устанавливаются боковые светильники. В этом случае можно наблюдать блики, отражаемые от наносимого покрытия, что обеспечивает формирование равномерной толщины слоя краски. Камеры окрашиваются внутри специальной термостойкой эмалью белого цвета.

Современные окрасочные камеры должны обеспечивать благоприятные условия нанесения краски на кузов автомобиля: воздух, подаваемый в камеру, должен быть максимально чистым, а скорость его нисходящего потока должна составлять около 0,2 м/с. Очистка поступающего воздуха осуществляется по всей открытой поверхности потолочной части камеры фильтрами из пожаробезопасных материалов с высокой фильтрующей способностью. Приточный вентилятор (с двигателем мощностью 7,5 кВт) производительностью порядка 25000 м³/ч обеспечивает необходимую скорость потока воздуха. Степень очистки воздуха потолочными фильтрами достигает 99%, опасность появления пыли полностью исключена. Обычно в камерах используется двухступенчатая система фильтрации воздуха.

Нагрев воздуха, поступающего в камеру, осуществляется генераторной группой, работающей на жидком топливе либо газе, или с помощью тэнов, скомпонованных в несколько блоков (суммарной мощностью порядка 48 кВт). Воздух забирается только из рабочего помещения. Все системы нагрева комплектуются терморегуляторами и таймерами для контроля температуры и времени сушки.

Для быстрого набора и поддержания внутри камеры при сушке температуры около 60°C используется специальная система циркуляции потока воздуха, управляемая заслонкой, установленной в генераторной группе. Эта заслонка заставляет около 90% воздуха, выходящего из основания через напольные фильтры, направляться не наружу, а опять в теплообменник для повторного нагрева.

Особенность системы циркуляции потока воздуха внутри камеры состоит в том, что кроме генераторной группы (вентилятор и теплообменник с горелкой) она включает экстракторную группу. Экстрактор имеет отдельный выходной вентилятор и две группы фильтров – предварительные фильтры из синтетических волокон и кассетные вытяжные фильтры с активированным углем. Блок очистителя экстрактора сообщается с камерой через заслонку и всасывает воздух из-под пола камеры. Такая схема позволяет значительно снизить содержание пигментов краски и паров растворителей в выходящем воздухе.

Технологией ремонта кузовов и кузовных деталей автомобилей ВАЗ по требованиям, предъявляемым к окрашиваемым поверхностям, они разделяются на три категории:

- 1) видимые, образующие внешние формы кузова;
- 2) видимые участки с мест пассажиров, в багажнике, в моторном отсеке;
- 3) видимые кратковременно участки арок колес, моторного отсека и т. п.

Таблица 9.1

Показатели внешнего вида кузова после ремонта

Категория	Сорность	Шагрень	Риски, штрихи	Разнооттеночность	Потеки
1	Отдельная, малозаметная	Незначительная	Отдельные	Незначительная на разных панелях	Не допускаются

Категория	Сорность	Шагрень	Риски, штрихи	Разноотечность	Потеки
2	Отдельная заметная	Расплывчатая	Незначительные	То же	То же
3	Не нормируется	Не нормируется	Незначительные	То же	Допускаются отдельные

Показатели внешнего вида кузова после ремонта приведены в табл. 9.1.

Качество поверхности оценивается путем осмотра на расстоянии 30 см без использования оптических устройств.

Рассмотрим причины возникновения и рекомендации по устранению дефектов лакокрасочного покрытия.

Шагрень (апельсиновая корка)

1. Высокая вязкость краски – определяйте вязкость краски при помощи вискозиметра.

2. Применение быстродействующего разбавителя – выбирайте разбавитель в соответствии с инструкцией по применению материалов.

3. Высокая температура в окрасочной камере – контролируйте температуру в окрасочной камере, она должна быть в пределах +18...22°С.

4. Большое расстояние между покрасочным пистолетом и окрашиваемой поверхностью, недостаточное нанесение материала – выдерживайте рекомендуемое расстояние между окрасочным пистолетом и окрашиваемой поверхностью.

5. Слишком толстый слой покрытия – придерживайтесь рекомендуемой толщины слоя.

Сорность (частицы пыли, выступающие из слоя лакокрасочного покрытия)

1. Перед окраской поверхность детали была очищена недостаточно – хорошо обдуйте поверхность перед окраской и тщательно протрите пылесборной салфеткой.

2. Загрязнен элемент очистки сжатого воздуха, подаваемого в краскораспылитель, – регулярно проверяйте фильтр очистки сжатого воздуха и своевременно проводите замену загрязненных элементов.

3. Пониженное давление в окрасочно-сушильной камере – следите за состоянием окрасочно-сушильной камеры, окрасочного оборудования и своевременно проводите техническое обслуживание.

4. Непригодная для условий окраски одежда маляра – во время окраски используйте специальные малярные комбинезоны.

Потеки (лака или краски)

1. Чрезмерная толщина слоя покрытия – придерживайтесь рекомендуемой толщины слоя наносимого материала.

2. Температура наносимого материала ниже температуры окрашиваемой поверхности – контролируйте температуру наносимого материала и окрашиваемой поверхности, она должна находиться в пределах +18...22°С.

3. Дюза окрасочного пистолета не соответствует вязкости используемого материала – применяйте рекомендованное для окрасочных работ оборудование.

4. Недостаточное время сушки между слоями – соблюдайте рекомендованное в технической документации время выдержки между слоями материала.

Сухой опыл (частички металла, выступающие над поверхностью лакокрасочного покрытия)

1. Толщина слоя лака слишком мала – наносите лак слоем рекомендуемой толщины.

2. Базовая краска была неправильно разведена (добавлено более 65% растворителя), и частички металла неравномерно расположились в слое краски – выбирайте разбавитель в соответствии с инструкцией по применению материалов.

3. Слишком сухие слои базовой краски (неправильно выбран растворитель, слишком большое расстояние от окрасочного пистолета до окрашиваемой поверхности детали) – не допускайте нанесения слишком сухих слоёв, используйте пылесборные салфетки для устранения лёгкого опыла, применяйте правильную технику нанесения материалов.

Кратеры в лакокрасочном слое (кратерообразные углубления с приподнятыми краями в слое лакокрасочного покрытия)

1. Поверхность недостаточно очищена средством для удаления силикона – тщательно очищайте поверхность рекомендованным средством.

2. Система подачи сжатого воздуха содержит водные и (или) масляные аэрозоли – следите за состоянием воздушной магистрали (сбрасывайте конденсат).

3. Фильтрующий элемент очистки сжатого воздуха загрязнен или неисправен – регулярно проводите техническое обслуживание оборудования и вовремя производите замену очищающих элементов влагомаслоотделительного фильтра.

4. Используйте только чистую тару.

Матовость (потеря блеска лакокрасочного покрытия)

1. Наполнитель был не досушен – перед нанесением последующих слоев тщательно высушивайте материалы, соблюдая рекомендуемое время выдержки.

2. Применение разбавителя, не подходящего для данного материала, – выбирайте разбавитель в соответствии с инструкцией по применению материалов и с учётом температуры окрашиваемой детали.

3. Несоблюдение в процессе окраски температурного режима в окрасочно-сушильной камере – контролируйте рабочую температуру.

4. Использование вступившего в реакцию с водой отвердителя – после использования плотно закрывайте емкости с отвердителями, храните их в соответствии с рекомендациями производителя.

Облачность или образование полос (возникновение эффекта различных цветовых тонов)

1. Засорена воздушная головка окрасочного пистолета – тщательно промывайте окрасочное оборудование после использования, выбирайте разбавитель в соответствии с инструкцией по применению материалов.

2. Давление распыления не соответствует вязкости применяемого материала – определяйте вязкость краски при помощи вискозиметра.

3. Окрасочное оборудование выбрано неверно – выбирайте оборудование в зависимости от наносимого лакокрасочного материала.

4. Неравномерное нанесение слоёв базовой краски (неправильная техника нанесения) – придерживайтесь рекомендуемого давления для распыления материала, соблюдайте расстояние между воздушной головкой окрасочного пистолета и окрашиваемой поверхностью согласно типу используемого оборудования.

Пятна от воды (контуры водяных пятен, выделяющиеся на свежеекрашенной поверхности)

1. Попадание воды на свежеекрашенную поверхность – выдерживайте рекомендуемое время сушки, необходимое для полного отвержде-

дения пленки лакокрасочного материала, следите за правильностью разведения материалов, используйте только рекомендуемые отвердители и разбавители.

Вскипание (небольшие, частично лопнувшие пузырьки на поверхности лакокрасочного покрытия)

1. Покрытие нанесено слишком толстым слоем – придерживайтесь рекомендуемой толщины слоя покрытия.

2. Не соблюдено время выдержки между слоями и перед окончательной сушкой в окрасочно-сушильной камере – соблюдайте необходимое время выдержки между слоями и перед окончательной сушкой.

3. Вязкость материала не соответствует норме – определяйте вязкость краски при помощи вискозиметра.

4. Применение неподходящих по температурному режиму отвердителей и разбавителей – выбирайте разбавитель и отвердитель в соответствии с инструкцией по применению материалов.

Оконтуривание зоны ремонта (четко очерченные границы зоны ремонта на поверхности лакокрасочного покрытия)

1. Недостаточная подготовка предыдущего ремонтного покрытия – перед началом работы проверяйте предыдущее покрытие на стойкость к разбавителям.

2. Шпатлёвка была нанесена на старое лакокрасочное покрытие – наносите шпатлёвку только на очищенную и подготовленную поверхность детали либо на старую шпатлевку.

3. Лакокрасочные материалы были нанесены на недостаточно высушенный наполнитель – соблюдайте рекомендации по применению и сушке наполнителя.

4. При ремонте старое покрытие не было достаточно изолировано – перед нанесением материала изолируйте прошлифованные участки и сомнительные покрытия.

Образование пузырьков (участки поднявшегося лакокрасочного покрытия, имеющие вид пузырьков)

1. Полиэфирная шпатлёвка шлифовалась с применением воды – тщательно высушивайте покрытие до начала окраски.

2. Появление водяного конденсата в момент окраски – температура в окрасочно-сушильной камере должна быть в пределах +18...22°С,

не применяйте материалы, имеющие более низкую температуру, чем поверхность детали.

3. Попадание водных аэрозолей в систему распыления окрасочного пистолета — следите за влажностью сжатого воздуха, вовремя сбрасывайте накопившийся конденсат. При необходимости применяйте устройства для дополнительного высушивания сжатого воздуха.

4. На поверхности наполнителя имелись поры с остатками влаги — тщательно шлифуйте шпатлевку и наполнитель, не оставляйте поры на их поверхности.

Пятна на лакокрасочном покрытии

1. Воздействие агрессивных сред на поверхность лакокрасочного покрытия (применение высококонцентрированных чистящих средств, помёт птиц, смола деревьев и т. д.) — по возможности избегайте воздействия агрессивных сред на лакокрасочную поверхность, тщательно очищайте покрытие до начала окраски.

Недостаточная укрывающая способность лакокрасочного материала (просвечивание зоны ремонта сквозь лакокрасочное покрытие)

1. Недостаточное количество слоев краски — наносите необходимое количество слоев краски до полного перекрытия.

2. Нанесение малоукрывистых красок без использования цветной подложки — при использовании малоукрывистых красок применяйте цветные подложки (тонируемые или цветные наполнители).

3. Неравномерный цветовой тон подложки (для трехслойной системы окраски) — при использовании трехслойной системы окраски следуйте рекомендованной технике нанесения.

Поднятие краски (поверхность лакокрасочного покрытия поднимается и сморщивается)

1. Ранее окрашенная поверхность не была тщательно высушена — тщательно высушивайте покрытие до начала окраски.

2. Применение разбавителя, не подходящего для данного материала, — перед началом работ всегда проводите тест на стойкость ремонтируемой поверхности к разбавителям.

3. Участки покрытия, прошлифованные до слоя базового покрытия, не были в достаточной степени изолированы — тщательно изолируйте прошлифованные участки и сомнительные покрытия.

4. Применяемые материалы не совместимы (нитрокраска из аэрозольного баллона, нитрогрунты и т. п.) – применяйте материалы в рамках одной системы, используйте для ремонта только рекомендованные материалы.

Коррозия (участки ржавчины в местах механического повреждения лакокрасочного покрытия и под ним)

1. Воздействие солей и влаги на поверхность, имеющую механические повреждения лакокрасочного покрытия до металла, – перед нанесением антикоррозионного грунта поверхность металла тщательно очистите и высушите струей сжатого воздуха.

2. Перед применением антикоррозионного грунта на поверхность металла попала влага – своевременно проводите обслуживание и замену сменных элементов влагомаслоотделительных фильтров.

Поры в лакокрасочном слое (углубления на поверхности лакокрасочного покрытия, имеющие размер игольного укола и проходящие до слоя наполнителя)

1. Повышенная толщина слоя наполнителя (окраска методом «мокрый по мокрому»), а затем ускоренная сушка – при нанесении наполнителя используйте рекомендуемую толщину слоя, соблюдайте необходимое время сушки между слоями.

2. Поры, оставшиеся на поверхности недостаточно хорошо обработанной шпатлёвки, – более тщательно готовьте поверхность шпатлёвки под окраску методом «мокрый по мокрому».

Пятна (эффектная краска, обесцвечивание участков эффективного лакокрасочного покрытия)

1. При шлифовании слой наполнителя снят до слоя шпатлёвки – тщательно изолируйте прошлифованные участки.

2. Передозировка отвердителя в полиэфирной шпатлёвке – заменяя полиэфирные шпатлёвки, добавляйте рекомендованное количество отвердителя (2...3% по объёму); применяйте специальные дозаторы для шпатлевки.

Пятна на отполированной поверхности (участки лакокрасочного покрытия различной величины с уменьшенной степенью блеска и небольшим изменением цветового оттенка)

1. Участок лакокрасочного покрытия был перегрет при полировании – при полировании избегайте длительной обработки одного

участка, постоянно перемещайте полировальный инструмент по обрабатываемой поверхности.

2. Применение неподходящих материалов для полирования – выбирайте в каждом конкретном случае рекомендуемые материалы для полирования.

3. Полируемая поверхность была недостаточно высушена – проводите полную сушку лакокрасочного покрытия, давайте полностью остыть поверхности до начала полировальных работ.

Трещины в полиэфирных материалах

1. Поверхность под шпатлевание была некачественно подготовлена – полиэфирные материалы (шпатлевки) наносите на тщательно подготовленную поверхность детали (металлическую или пластмассовую) либо на подготовленную старую шпатлевку.

2. Применение непригодной для данного типа ремонта шпатлевки – для каждого вида ремонта применяйте соответствующую шпатлевку, рекомендуемую в описании по применению материалов.

3. Превышение температуры нагрева (более 80°C) поверхности при использовании ИК-сушки – при использовании ИК-сушки строго контролируйте расстояние до поверхности детали и температуру нагрева; используйте дистанционный пирометр.

Полосы от шлифования (чётко выраженные полосы от шлифования, проступающие на поверхности лакокрасочного покрытия)

1. Шпатлёвка нанесена на некачественно подготовленную поверхность и обработана слишком грубым абразивным материалом – наносите шпатлёвку согласно рекомендациям по применению материалов; применяйте соответствующий абразивный материал.

2. Наполнитель был недостаточно просушен перед шлифованием – соблюдайте необходимые регламент и режимы сушки.

Заключительным этапом ремонта кузова является установка снятых с автомобиля деталей: молдингов, бамперов, стекол и т. д.

Контрольные вопросы

1. Какой обработке подвергают стыки панелей кузова перед окраской?
2. Какое оборудование применяется для окрашивания кузова автомобиля?
3. Как достигается снижение туманообразования при окрашивании панелей кузова с помощью краскораспылителя?

4. Каковы преимущества метода окраски в электростатическом поле?
5. Почему при сушке панели с помощью газовой горелки или паяльной лампы панель греют с тыльной стороны?
6. Как оцениваются показатели внешнего вида кузова после ремонта?
7. Какие дефекты лакокрасочного покрытия кузова вы знаете?

9.4. Ремонтные работы, связанные с остеклением кузова

При ремонте кузова часто возникает необходимость извлечения и установки стекол. Процедура этих работ определяется конструкцией кузова и способом крепления стекол. До недавнего времени основным способом было крепление стекла с помощью резинового уплотнителя, являющегося промежуточным крепежным элементом между стеклом и кузовом. На современных моделях автомобилей широко применяют клеенные стекла.

При извлечении стекла с резиновым уплотнителем вначале выдергивают из специального паза на уплотнителе замковый кантик, отверткой отодвигают наружную и внутреннюю кромки уплотнителя от рамки кузова. Поэтапно перемещаясь по внутренней кромке, выворачивают ее отверткой за край рамки кузова, после чего выдавливают стекло изнутри кузова наружу.

Перед установкой стекла следует приложить его к рамке кузова и убедиться, что геометрия проема близко совпадает с конфигурацией стекла. Далее на стекло надевают резиновый уплотнитель и в соответствующий паз уплотнителя вставляют замковый кантик. После этого в паз уплотнителя, контактирующий с рамкой кузова, укладывают смоченную водой и намыленную веревку, край рамки кузова также смазывают мыльным раствором. Стекло прикладывают к своему штатному месту, концы веревки заводят внутрь кузова и начинают вставлять стекло. При этом один рабочий снаружи вдавлиывает стекло, а второй рабочий тянет веревку, выворачивая кромки резинового уплотнителя внутрь кузова и таким образом устанавливая стекло на место.

Переход от традиционного крепления автомобильных стекол с помощью резинового уплотнителя к технике клеивания обусловлен тем, что производство легковых автомобилей должно быть более простым и рентабельным. Кроме того, клеенные стекла повышают

жесткость кузова, что позволяет делать его менее металлоемким и более легким. Вклеенные стекла практически исключают рекламации по герметичности соединений, исключают попадание воды внутрь салона. Вместе с тем ремонт кузова с вклеенными стеклами представляет собой более сложный процесс.

Для приклеивания стекла используют синтетические полимеры типа упругих термопластов (например, однокомпонентный полиуретановый клей). Во время установки стекла клей находится в пастообразном состоянии, структурирование клея происходит спустя некоторое время после установки стекла. Толщина слоя клея обычно составляет 5 мм, а ширина – 10 мм. Конструкция сопряжения стекла с рамкой кузова может быть разнообразной; на рис. 9.17 показан один из вариантов с использованием декоративного резинового уплотнителя, закрывающего щель между стеклом и стенкой рамки кузова.

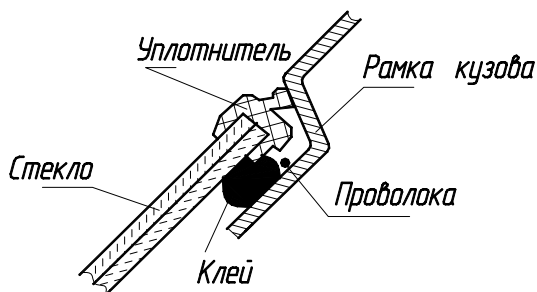


Рис. 9.17. Узел крепления вклеенного стекла

Снятие стекла обычно осуществляют путем разрезания слоя клея тонкой проволокой или специальными ножами. Для облегчения процесса резания клея нож нагревают до температуры 250°С.

При разрезании клея проволокой она укладывается в щель между рамкой и стеклом, конец проволоки закрепляется на острие специального шила и через прокол клея втягивается внутрь салона. С помощью специального наматывающего устройства проволока натягивается и прорезает слой клея.

При вклеивании стекла его кромки и кромки рамки кузова предварительно обрабатывают специальным составом, повышающим ад-

гезию клея (праймером). После этого из специальной гильзы через прорезь на кромку стекла выдавливают клей и стекло накладывают на рамку кузова, фиксируя его правильное положение клиньями и вставками. Время отверждения клея 12...24 ч. Для удержания стекла его можно также зафиксировать широкой клейкой лентой, накладываемой на стекло и кузов.

Все современные автомобили оснащены трехслойным ветровым стеклом типа триплекс, состоящим из двух стекол, между которыми клеена прозрачная полимерная пленка. Такая конструкция стекла позволяет существенно повысить его прочность при ударе. Так, при ударе по стеклу камнем происходит растрескивание только наружного слоя стекла, а полимерная пленка и внутреннее стекло остаются целыми. В этих случаях возможен ремонт стекла путем заполнения трещин и сколов особой смолой. Для введения смолы требуется специальная оснастка, состоящая из резиновой присоски, позволяющей устанавливать в нужном месте инъекционный цилиндр, посредством которого в трещину нагнетается смола, а при необходимости создается вакуум для отсоса из трещин воздуха. После отверждения смолы ее наплывы на поверхности стекла зачищают шабером и полируют. В результате в месте удара остается лишь небольшое сероватое пятно.

Контрольные вопросы

1. В чем преимущества кузовов с клееными стеклами?
2. Как производят снятие стекла с традиционным резиновым уплотнителем и клеенного стекла?
3. Из каких основных операций состоит технологический процесс установки стекла с резиновым уплотнителем?
4. Какими средствами осуществляют приклеивание стекла к рамке кузова?
5. Как осуществляют ремонт трехслойных стекол с небольшими трещинами?

9.5. Антикоррозийная обработка восстановленного кузова

Кузов автомобиля является его самым дорогим элементом, поэтому естественно желание максимально продлить срок его службы. Долговечность кузова при нормальной эксплуатации автомобиля, как правило, регламентируется коррозионной стойкостью панелей. Наиболее подвержены коррозии крылья, пороги, днище кузова, колесные арки.

Следует иметь в виду, что коррозионная стойкость кузова после его ремонта может существенно снижаться, так как сварка и пластическая деформация металла на отдельных участках детали создают благоприятные условия для протекания химической и электрохимической коррозии. Неоднородная структура покрытий на деталях после ремонта также способствует образованию очагов электрохимической коррозии.

Для повышения коррозионной стойкости кузова может быть проведена дополнительная обработка отдельных участков и скрытых полостей кузова специальными материалами типа «Тектил», «Мовиль» и т. п. Антикоррозийные покрытия хорошо смачивают стальные поверхности, образуя пленку, защищающую их от контакта с водой и развития коррозионных процессов. В состав таких материалов обычно входят жирные кислоты типа олеиновой, парафины, создающие пленку, и другие компоненты.

Нанесение антикоррозийных покрытий осуществляют специальными установками, работающими по типу краскопульта, оснащенного насадками в виде тонких прямых или изогнутых трубочек, позволяющих распылять покрытия в труднодоступных местах кузова. В отечественной практике нашла широкое применение чешская установка «ВИЗА».

Технология антикоррозийной обработки составляется для каждой модели автомобиля с учетом конструктивных особенностей кузова. Общее представление о характере выполняемых работ на примере автомобилей ВАЗ дает следующая последовательность действий.

1. Снять детали, препятствующие доступу в закрытые полости: щитки передних крыльев, ободки фар и фары, задние фонари, обивку

багажника, запасное колесо, топливный бак, коврики, фонари сигнализации открытых дверей, обивки боковин, облицовки порогов.

2. Просверлить отверстия диаметром 9 мм в торцах дверей и в наружных полостях порогов (у ВАЗ-2121 — в передних лонжеронах).

3. Снять резиновые заглушки под передними крыльями, в арках задних колес, в балке арки, в поперечине под сиденьями. Прочистить дренажные отверстия лонжеронов, порогов, дверей.

4. Промыть водой все полости, продуть воздухом, высушить в естественных условиях.

6. Нанести антикоррозийный материал по специальной схеме на поверхности и в полости кузова, используя имеющиеся и просверленные отверстия.

7. Установить ранее снятые заглушки и пробки на просверленные отверстия. Очистить детали кузова от подтеканий.

8. Установить снятые детали на свое место.

Существенное значение для защиты кузова от коррозии имеет обработка днища кузова и арок колес противошумной мастикой, которая защищает металлические панели кузова от ударов камней и песка, выбрасываемых колесами при движении автомобиля. В состав мастик входят сланцы, резина и другие материалы, образующие вязкую клейкую массу, полностью не засыхающую и остающуюся упругой в процессе длительного времени (примерами могут служить мастики БМП-1, «Тектил-12», «Антикор-2» и т. п.).

Нанесение противошумных мастик входит в технологию изготовления нового автомобиля. При ремонте кузова, связанном с восстановлением его геометрии, и рихтовке панелей днища покрытие мастикой может быть нарушено. Процедура нанесения мастики сводится к следующим операциям.

1. Очистить отслоившиеся и вспученные участки противошумной мастики.

2. Защитить липкой лентой детали автомобиля, на которые мастика не должна наноситься (трос ручного тормоза, шланги и т. п.).

3. Оголенные до металла участки покрыть грунтом.

4. Нанести на панели днища и арки колес мастику распылителем (типа УНМ-1 и т. п.) или кистью — для небольших местных повреждений. Расход мастики при полной обработке 5...6 кг на один автомобиль.

5. Удалить защиту, прочистить загрязненные места, выдержать в условиях цеха 24 ч для высыхания нанесенного слоя мастики.

Антикоррозийную обработку можно считать заключительным этапом полного цикла технологического процесса ремонта кузова.

Контрольные вопросы

1. Какими средствами осуществляют антикоррозийную обработку кузова?
2. Какими свойствами обладают составы для антикоррозийной обработки кузова?
3. В какой примерно последовательности проводится антикоррозийная обработка кузова?
4. Какое значение имеет обработка днища кузова противоржавной мастикой?
5. Из каких основных операций состоит технологический процесс нанесения мастики на днище кузова?

10. УТИЛИЗАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

10.1. Утилизация как составляющая системы рециклинга автомобилей

Любая производственная система, используя трудовые, материальные, энергетические и информационные ресурсы, создает продукцию. В процессе эксплуатации продукция утрачивает свои потребительские свойства, превращаясь в неисправные изношенные объекты. Существующая практика – приобрел, использовал, выбросил – порождает огромное количество промышленных изношенных объектов, представляющих серьезную опасность для экологических систем.

В этой связи перед конструкторами при проектировании машины стоят две взаимосвязанные и во многом противоречивые задачи. Во-первых, необходимо спроектировать работоспособную и надежную машину, стабильно и качественно выполняющую заданные функции на всем максимально длительном периоде эксплуатации. Во-вторых, необходимо, чтобы в конце периода эксплуатации машина была способна прекращать выполнение своих функций и исчезать без большого материального ущерба и вредных воздействий на окружающую среду. Решение в полной мере этой дилеммы в настоящее время не представляется возможным, так как это предполагает создание такой машины, которая через запрограммированное время сама бесследно исчезала бы или преобразовывалась в массу полезных материалов для вторичного использования.

В последнее время появилось достаточно ёмкое понятие «рециклинг», означающее возвращение на начало цикла, т. е. возвращение компонентов изношенного объекта, достигшего своего предельного состояния, к новому жизненному циклу в обновленном (восстановленном) либо в каком-то ином преобразованном виде. Целью рециклинга является решение глобальных вопросов экономии сырья, невозобновляемых ресурсов и энергии, а также экологической защиты окружающей среды.

Проблема возвращения неисправных изношенных объектов, утративших свои потребительские свойства в процессе эксплуатации, к новому жизненному циклу в настоящее время может быть решена тремя путями (рис. 10.1).



Рис. 10.1. Принципиальная схема рециклинга неисправных изношенных объектов

Первое направление – *реновация* неисправных изношенных объектов, включающая их восстановление и ремонт с целью продления ресурса, а также модернизацию объектов с целью расширения их возможностей и улучшения технических характеристик в рамках заложенного конструктором функционального назначения. Реновация объектов предусматривает значительное сокращение потребления невозобновляемых ресурсов, снижение энергоемкости, снижение уровня загрязнения окружающей среды. Экономический эффект от реновации определяется разностью затрат на изготовление нового изделия и на восстановление изношенного изделия, отнесенных к его ресурсу. Это направление мы достаточно подробно рассмотрели в данном учебном пособии.

Второе направление – *конверсия*, которая предполагает конструкторскую доработку изношенных объектов или их работоспособных составляющих с целью использования их по другому функциональному назна-

чению (например, использование авиационного двигателя для создания больших воздушных потоков при сушке зерна на промышленных элеваторах или использование коробок передач автомобилей в конструкциях различных стендов для испытаний узлов и агрегатов и др.).

Третье направление — экономически и экологически приемлемая *утилизация*, которая предполагает переработку и вторичное использование изношенных металлов, неметаллических материалов, эксплуатационных технических жидкостей.

Очевидно, наиболее эффективным является реновационное направление, при котором изношенные детали машин восстанавливаются с помощью прогрессивных технологий и методов до номинальных размеров и первоначальных свойств с затратами 30...50% от первоначальной стоимости изделий, имеющее практически чистую «экономия» по экологии. Однако по мере морального и физического старения, а также необходимости перехода на новые конструкции и материалы всегда будет существовать потребность в утилизации машин, и их конструкция должна быть к этому максимально приспособлена.

В комплексе задач, требующих безотлагательного решения, на первом месте стоит задача утилизации машин, особенно автомобилей, так как доля ущерба по основным факторам негативного воздействия отходов на окружающую среду у автотранспортного комплекса самая высокая и составляет 62,7%.

Утилизация — это не только и не столько процесс уничтожения, захоронения производственных отходов и объектов с целью предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду. Сама, по сути, утилизация — это «употребление с пользой» невосстанавливаемых объектов (объектов, восстановление которых невозможно или нецелесообразно). Она представляет собой систему, которая включает комплекс технологических, конструкторских и организационных мероприятий, главным образом направленных на сбор, транспортирование, сортировку и переработку невосстанавливаемых промышленных объектов с целью получения вторичной продукции, энергии и оказания услуг.

По-видимому, создать абсолютно экологически чистую, безотходную технологию утилизации машин, в том числе автомобилей, человечеству предстоит только в будущем. Поэтому в настоящее время при

утилизации в той или иной мере существует необходимость обезвреживания и захоронения перерабатываемых материалов.

Для уничтожения или безопасного захоронения отходов вторичной переработки используют следующие технологии: сжигание, изменение путем химической обработки агрегатного состояния (например, перевод жидких отходов, способных просачиваться в грунт, в твердые отходы), нейтрализация или дезактивация токсичных отходов.

Обезвреживание и захоронение опасных материалов предпочтительнее производить на месте их образования, чтобы исключить необходимость их транспортирования и уменьшить риск загрязнения окружающей среды. Обычно общий объем материалов, подлежащих захоронению, составляет не более 20...25% от общей массы автомобиля.

В настоящее время усилия автопроизводителей направлены на создание такой машины, материалы которой могут быть повторно использованы после безопасной переработки на 85% от снаряженной массы автомобиля. А к 2015 году в соответствии с законами, принятыми Европейской Комиссией, эта доля должна быть доведена до 95%.

Для достижения этой цели прежде всего необходимо отказаться от применения материалов, содержащих непреобразуемые или токсичные вещества, которые способны нанести вред человеку и окружающей среде при их утилизации. Так, различные эксплуатационные жидкости (антифриз, электролит, смазочные материалы и т. д.), металлы, пластмассы, кожа, кожзаменители, резина, набивки, краски, лаки и др. с точки зрения технологии их переработки по-разному реагируют на возможность их утилизации с разным количественным и качественным по вредности содержанием отходов. Повысить безопасность и эффективность переработки можно путем максимального сокращения количества используемых материалов (например, количество видов пластмассы может быть сокращено до двух, например, таких как полиэтилены высокого (ПВД) и низкого давления (ПНД), которые являются современными материалами, допускающими совместную переработку). При этом следует иметь в виду, что список опасных при утилизации веществ не всегда эквивалентен списку опасных отходов вследствие того, что появляется фактор риска неблагоприятного смешивания веществ при их утилизации по принятой технологии.

Для предоставления информации о потенциальной опасности материалов, входящих в конструкцию автомобиля, их требуется маркировать на стадии изготовления комплектующих. При этом на деталях должен устанавливаться специальный знак, означающий пригодность к утилизации, а также кодовый номер, указывающий на вид используемого сырья.

При выборе конструкционного материала необходимо обращать внимание не только на его прочностные характеристики, его обрабатываемость (способность легко обрабатываться при осуществлении технологического процесса изготовления изделий) и удобство применения (например, смазочного материала) по назначению, но и учитывать технологическую способность материалов просто разбираться и отделяться друг от друга, а также безопасно перерабатываться при утилизации машины.

Исходя из указанных требований спроектированная машина, ещё до ввода её в производство, должна проходить экологическую экспертизу, причём не только на предмет соответствия её экологическим нормам во время эксплуатации, но и во время её утилизации, в том числе и по критерию возможного возврата катастрофически исчезающих на земле сырьевых ресурсов для вторичного использования.

В Российской Федерации переработка автомобилей существовала давно, но была довольно примитивной. В советские времена с автомобиля снимались колеса и еще несколько навесных частей, после этого он отправлялся под пресс. Далее автомобильный лом в виде металлического брикета поступал в плавильные печи, где происходила переплавка черных металлов, а все неметаллические составляющие сгорали, выделяя при этом в атмосферу большое количество ядовитых веществ.

При переходе к рыночной экономике старая система утилизации перестала существовать, а новые экономические и правовые отношения между участниками вторичной переработки, которые стимулировали бы сбор и использование вторичного сырья в новых условиях, созданы не были. Специализированные предприятия, занимавшиеся переработкой исчерпавших ресурс транспортных средств, акционировались и частично перешли на другие виды деятельности, что привело к резкому уменьшению сбора и использования вторичного сырья.

Во время такого переходного периода старые автомобили, кузова, изношенные и поврежденные автомобильные компоненты можно было встретить где угодно — во дворах домов, вдоль дорог, в пустынных местах, на неорганизованных свалках, на предприятиях, выполняющих техническое обслуживание и ремонт транспортных средств. Находясь там длительное время в неприглядном виде, они загрязняли городские территории и портили природные ландшафты. Такое положение дел вывело в число наиболее острых проблему утилизации автомобилей и их компонентов (изношенных автомобильных шин, кузовов, свинцово-кислотных аккумуляторов, масляных фильтров и др.).

Осознание государством необходимости решения вопросов экологической безопасности окружающей среды привело к принятию в 2010 году программы утилизации старых автомобилей (авторециклинга). В отдельных регионах России были проведены определенные акции и мероприятия, но задача по созданию полноценной, экономически эффективной системы утилизации так и не была решена. Случилось это по причине отсутствия нормативно-правовой базы, регламентирующей отношения всех заинтересованных сторон и позволяющей создать инфраструктуру современных предприятий по переработке старых автомобилей.

Программа российского авторециклинга реализовывалась по старинке путем прессования старых автомобилей и перевозки автомобильного лома железнодорожным транспортом на металлургические заводы, которые выдавали свою продукцию машиностроительным предприятиям, в том числе автозаводам.

Формально, казалось бы, жизненный цикл автомобилей завершен — они благополучно были утилизированы, и переработанные материалы начали новый цикл. Однако по существу такую технологию вряд ли можно признать экономически и экологически оправданной. Ведь при прессовании кузова без его предварительной разборки в брикете вместе с черными металлами оказываются легированные сплавы и цветные металлы. Там же остаются неметаллические компоненты (грязь, стекло, пластмасса, резина и т. п.). Подсчитано, что в общей массе кузова старого автомобиля находится примерно 10% грязи и стекла и около 8% сгораемых материалов. Выделить их при переплавке из общей массы скрапа, используемого в мартеновском процессе,

технологически невозможно. Все это, безусловно, отрицательно сказывается на качестве выплавляемой стали.

Правда, необходимо отметить и положительные моменты, которые принесла программа авторециклинга. Прежде всего, это появление новых перерабатывающих предприятий, которые работают по современным технологиям, основанным на использовании специального оборудования, например шредеров (от англ. *shread* – разрывать). В отличие от пресса шредер не брикетировывает автомобиль, а измельчает его на мелкие фракции. Полученный с помощью шредерной установки лом черных металлов, называемый шротом, характеризуется высокой насыпной плотностью и отсутствием примесей. Такой лом является ценным видом сырья для металлургических производств.

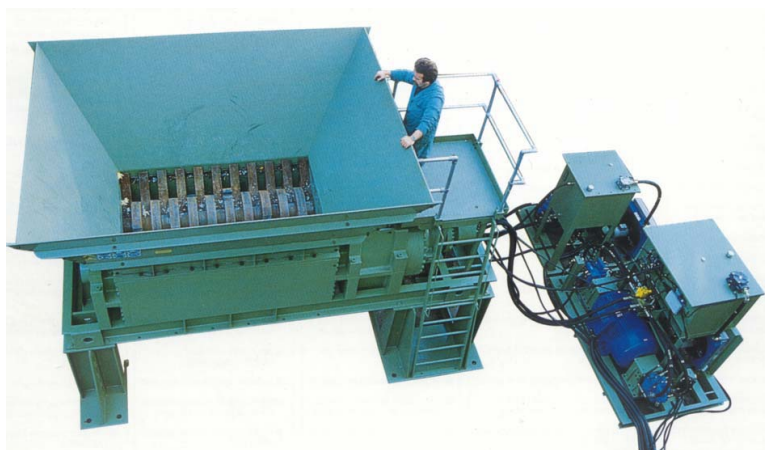


Рис. 10.2. Вид шредерной установки роторного типа

Переработка исчерпавших ресурс автомобилей при наличии у перерабатывающих предприятий современных технологий и оборудования могла бы приносить прибыль, сравнимую с промышленным производством. Однако при наличии больших запасов готовых к переработке машин предприятия-утилизаторы простаивают или в лучшем случае загружены на 30...40% своих технических мощностей. Такая парадоксальная ситуация обусловлена отсутствием сис-

темной государственной политики в сфере утилизации отслуживших свой срок автомобилей.

Следует отметить некоторые обстоятельства, которые необходимо учитывать при создании производственно-технической инфраструктуры предприятий по переработке старых автомобилей.

Автомобильный лом в брикетах считается достаточно сложным для переработки из-за того, что в автомобиле присутствует большое количество неметаллических компонентов. Поэтому далеко не все предприятия по скупке лома принимают на лом старые автомобили. С другой стороны, в изношенном автомобиле содержится масса полезных материалов (табл. 10.1), которые могли бы вторично использоваться после их переработки. Однако преимущество вторичного использования изношенных материалов перед уничтожением действует не всегда. Так, материалы передаются на вторичную переработку только в том случае, если ее можно качественно выполнить при помощи принятой технологии, получая при этом несомненный экономический и экологический эффект. В противном случае отходы должны уничтожаться даже самыми примитивными методами, так как это оказывает меньшее негативное воздействие на окружающую среду.

Таблица 10.1

Содержание различных материалов в автомобиле

Материал	Содержание материала, %		
	Типовой американский автомобиль	Типовой японский автомобиль	Типовой европейский автомобиль
Сталь и сплавы	67,0	72,2	65,0
Пластик	8,0	10,1	12,0
Стекло	2,8	2,8	2,5
Резина	6,0	3,4	6,0
Технические жидкости и масла	6,0	3,4	2,5
Другие материалы (краска, изоляция, ткань, электрические провода)	4,0	2,2	4,0
Общая снаряженная масса автомобиля, кг	1438	1270	1210

Нельзя не отметить, что даже в самых современных полных цепочках утилизации старых автомобилей экономически выгодны далеко не все их звенья. Особенно это касается вопросов организации сбора, транспортирования и экологически безопасного демонтажа. Для создания стройной (без «узких мест») системы утилизации требуется на законодательном уровне создать механизмы финансирования всех затратных операций.

Опыт экономически развитых стран показывает, что решить проблему рециклинга изношенных объектов можно только на основе комплексного подхода, регулируя одновременно все механизмы и этапы движения изношенных объектов от источника (физических и юридических лиц) к пунктам демонтажа, хранения, переработки или захоронения. Но при этом нельзя пренебрегать общественным мнением. Только через активную работу с населением в деле экологического просвещения можно привлечь его в качестве участника программы утилизации.

Более 15 лет тому назад в промышленно развитых странах была принята программа авторециклинга, касающаяся вопросов сбора и вторичной переработки изношенных автомобильных деталей и отслуживших свой срок автомобилей. В рамках этой программы обращение с изношенными автомобилями четко регламентируется нормативно-правовыми актами принятого закона об авторециклинге, контролируется и экономически регулируется государственными органами – предприятия несут полную ответственность за переработку выпущенной ими продукции.

В ряде европейских стран приоритеты переработки изношенных объектов определены законодательно – основная масса денежных потоков направлена на организацию предприятий переработки при одновременном запрещении организации новых открытых свалок. В результате были созданы условия, при которых захоронение и сжигание отходов с учетом соблюдения всех экологических норм оказывается в три раза дороже, чем переработка этих отходов во вторичное сырье. Как следствие, сразу же увеличилось потребление продуктов вторичной переработки.

Необходимые средства на переработку автомобилей выделяются государствами (за счет сбора налогов с владельцев автомобилей, авто-

производителей и фирм-импортеров) и аккумулируются в специальных экологических фондах на местном и федеральном уровне, а далее направляются на ликвидацию «узких мест» системы утилизации.

Программа авторециклинга включает комплексные мероприятия по технико-экономической оценке изношенной машины при ее приемке, сливу всех эксплуатационных жидкостей, частичному демонтажу навесных устройств, переработке изношенных объектов, повторному применению снятых деталей, переплавке автомобильного лома, захоронению неперерабатываемых отходов (в основном пластика, ткани).

Благодаря программе авторециклинга только в США, Канаде, Японии и Западной Европе ежегодно утилизируются около 35 млн автомобилей. При этом мировая индустрия рециклинга обеспечивает работой свыше полутора миллионов человек. Общая стоимость продукции, произведенной из переработанных изношенных автомобилей, превышает 250 миллиардов долларов.

10.2. Технологии утилизации автомобилей и их компонентов

В зависимости от технических возможностей перерабатывающие предприятия используют различные технологии переработки автомобилей, предполагающие различную глубину демонтажа автомобилей.

Современные линии по переработке (рис. 10.3) позволяют измельчать автомобиль даже без предварительного демонтажа и уже потом отделять материалы друг от друга. Они основаны на использовании крупных шредерных установок, в которых специальная молотковая дробилка сначала разбивает автомобиль на куски (с размерами, подходящими для их дальнейшей загрузки в измельчитель роторного типа), при этом сбивает с автомобиля краску, ржавчину, окалину и другие загрязнения. Затем размельченный материал проходит через три сепаратора – весовой, пневматический и электромагнитный. В результате происходит его разделение на черные, цветные металлы и легкие фракции, к которым относятся полимеры, обивка, стекло. Такие фракции, называемые шредерными остатками, составляют 20...25% массы автомобиля и подлежат, как правило, захоронению на полигонах или сжиганию. Повысить использование ресурсного потенциала

шредерных остатков можно при помощи новых высокоэффективных и экономически рентабельных технологий, основанных на термическом разложении отходов. Эти технологии позволяют перерабатывать практически все автомобильные шредерные остатки в специальные синтетические газы и метанол.

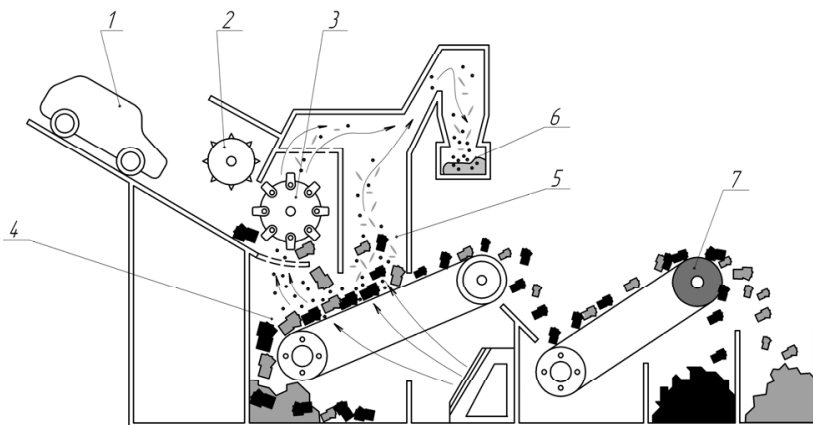


Рис. 10.3. Схема линии по переработке автомобилей: 1 – автомобиль; 2 – разрыватель; 3 – шредер; 4 – весовой сепаратор; 5 – пневматический сепаратор; 6 – пылесборник; 7 – магнитный сепаратор

Переработка автомобилей, рама которых изготовлена из алюминиевого сплава, конструктивно связанного с другими металлами, представляет определенную трудность из-за сложности разделения материалов. Для утилизации таких автомобилей в Англии разработана специальная технология импульсного распыления, позволяющая получать гранулы алюминиевого сплава размером $0,325...0,55$ мм для последующей их обработки методами порошковой металлургии.

Промышленные шредерные установки для переработки автомобилей могут с легкостью приспособиться к любым материалам и рабочим условиям, а также позволяют достаточно быстро и безопасно измельчать материалы. Они снабжены загрузочной воронкой, группой режущих ножей на двух медленно крутящихся валах, связанных с электроприводом. Процессом измельчения в этих установках управляет программируемый логический контроллер, который в случае,

например, перегрузки включает реверс-систему рабочих валов или систему аварийного отключения.

Более прогрессивные технологии переработки, позволяющие получить высокую чистоту и насыпную плотность металлургического вторсырья и тем самым обеспечить снижение времени плавки и повышение качества выплавленного металла, основаны на более глубоком демонтаже автомобилей. Для реализации таких технологий немецкой фирмой «Metso Lindemann GmbH» разработаны шредерные установки, которые позволяют с высоким качеством и производительностью измельчать автомобильные кузова и очищать металлический лом от посторонних примесей.

Современный технологический процесс переработки транспортных средств выглядит примерно следующим образом.

1. Сначала с автомобиля сливают все эксплуатационные технические жидкости (остатки бензина, моторное и трансмиссионное масла, тормозную жидкость и т. п.). Жидкости помещают в отдельные емкости и отправляют на последующую переработку.

2. Потом проводится демонтаж автомобиля: снимают колеса, аккумулятор, двигатель, стекла, некоторые пластиковые и другие детали. Из общего потока демонтированных частей отбираются кондиционные узлы и изделия для продажи и детали для восстановления. Остальные автомобильные компоненты, подлежащие вторичной переработке, направляются в специальный мобильный пресс, который позволяет провести их брикетирование и упаковку для того, чтобы уменьшить объем при транспортировке. Далее брикеты высокой плотности отправляют на измельчение, очистку и сортировку по группам материалов на перерабатывающее предприятие.

3. Кузов автомобиля измельчается на фракции различной степени дисперсности. После этого происходит разделение металлов. Получившийся лом цветных и черных металлов отправляют на металлургическое производство. Использование для плавки металла чистого лома в виде шрота существенно снижает стоимость получаемой металлопродукции.

Описанный цикл переработки старых автомобилей применяется в европейских странах уже достаточно давно. В России он лишь набирает обороты.

Особый интерес в цикле переработки автомобилей представляет утилизация изношенных автомобильных компонентов, таких как шины, аккумуляторы, пластмассы, отработанные эксплуатационные жидкости и др.

Проблема переработки изношенных автомобильных шин и вышедших из эксплуатации резинотехнических изделий имеет большое экологическое и экономическое значение для развитых стран мира. Это обусловлено невозможностью природного нефтяного сырья. Данное обстоятельство определило необходимость использования вторичных ресурсов с максимальной эффективностью. Однако если обратиться к российской действительности, то только в Московском городском округе каждый год выходит из эксплуатации до 60 тыс. тонн автомобильных шин, которые вместо вторичной переработки подвергаются примитивной утилизации путем сжигания. При их сгорании в атмосферу выделяется масса токсичных веществ: бензопирен, сажа, диоксин, фуран, полиароматические углеводороды, полихлорированные бифенилы, мышьяк, хром, кадмий и т. д., которые способствуют ухудшению экологической обстановки. Таким образом, данный способ утилизации шин является крайне вредным для окружающей среды. Вместе с тем существуют современные технологии утилизации шин, которые позволяют получать дополнительные финансовые средства от реализации продуктов переработки.

Опыт промышленно развитых стран показывает, что шины, выработавшие свой ресурс, могут быть подвержены «полному» рециклингу, т. е. шины могут быть восстановлены, конвертированы или переработаны.

По данным шинной промышленности, восстановлению подлежат в среднем около 15% автомобильных шин, вышедших из строя вследствие износа протектора и не имеющих существенных повреждений. Их восстановительный ремонт осуществляют методом «наваривания» нового протектора с одновременным формированием рисунка («горячая» вулканизация) и методом «холодной» вулканизации, проводимой при температуре около 100° С с использованием порошков, которые ускоряют процесс приклеивания ленты с заранее нанесенным рисунком.



Рис. 10.4. Восстановление автомобильных шин по технологии «Marangoni» путем приклеивания готовых протекторов кольцеобразной формы

Необходимо отметить, что при восстановлении предпочтение отдают шинам грузового автотранспорта вследствие высокой стоимости их новых колес. При этом восстановление одной изношенной шины обходится в среднем в 2...3 раза дешевле изготовления новой шины.

Конверсия изношенных шин заключается в разрезании их на части и фрагменты, которые в дальнейшем используют в качестве строительных материалов для защиты почв от эрозии, укрепления берегов искусственных водоемов и др. Известно, что шины практически не загрязняют воду и имеют большую долговечность в грунте и спокойной воде, поэтому такое их вторичное использование приносит большой экономический и экологический эффект.

Другую часть изношенных шин перерабатывают двумя основными способами – физическим и химическим.

Физический способ является одним из высокопроизводительных и наиболее распространенных способов измельчения автомобильных шин. Для измельчения используют технологии, при которых резина не претерпевает каких-либо физико-химических изменений и сохраняет свою структуру.

Наиболее простой является технология механического измельчения (ресалтинг) шин в шредерных установках с сепарационной техникой. В результате механической переработки получают резиновую крошку (65%), у которой наиболее полно сохраняется первоначальная структура и свойства каучука, металлические (25%) и текстильные отходы (10%).

После утилизации шин существует широкая возможность дальнейшего использования резиновой крошки, но это требует дополнительной обработки. Она может быть использована в качестве регенерата для резиновых производств, добавки при изготовлении асфальтобетона, сорбента для сбора нефти с поверхности воды, при производстве антикоррозийной мастики, гидроизоляционных материалов, герметиков для бесшовной кровли и многого другого.

Гораздо быстрее и легче процесс измельчения шин проходит при низких температурах (-90°C), когда резина находится в псевдохрупком состоянии. Измельчение резины при низких температурах снижает энергозатраты на дробление, улучшает отделение металла и текстиля от резины. В этой технологии охлаждение резины в большинстве случаев осуществляют жидким азотом, который является дорогостоящим продуктом. Именно это и является сдерживающим фактором для широкого применения на практике технологии низкотемпературного измельчения. Более экономически выгодным является процесс охлаждения при помощи воздушных турбохолодильных машин. В диапазоне температур от -90 до -120°C применение турбохолодильных машин позволяет снизить себестоимость получения холода в 3...4 раза по сравнению с использованием жидкого азота.

Существуют и другие технологии переработки автомобильных шин, которые основаны на новейших научно-технических достижениях.

Достаточно широкое распространение получила бародеструкционная технология переработки шин, в которой используется высокое давление, позволяющее перевести резину в вязкотекучее состояние. В этом состоянии происходит измельчение резины путем выдавливания псевдожидкой массы через отверстия специальной камеры. При этом достаточно легко осуществляется отделение резины от металлического корда и бортовых колец.

В последнее время появилась новая технология утилизации шин, разработанная российскими учеными, в которой их измельчение про-

изводят озоновым потоком. Благодаря этой технологии утилизация изношенных автомобильных шин становится практически экологически безопасной, так как озон подавляет все токсичные выбросы.

Безусловно, большой интерес представляет, вероятно, самая экологически чистая технология микробиологической переработки бывших в употреблении автомобильных шин. В соответствии с этой технологией они подвергаются биологическому разложению с помощью микробов в специальных емкостях. В результате получают гранулят для удобрения сельскохозяйственных полей.

На основе химического способа переработки изношенных шин разработаны технологии, направленные на получение в основном вторичного энергоресурса. Продукты переработки различной молекулярной массы получают сжиганием, крекингом или пиролизом, т. е. процессами, связанными с высокотемпературным разрушением структуры резины.

Высокотемпературная переработка шин проводится двумя методами — прямым, при котором их сжигают в избытке кислорода, и косвенным, при котором используется газ, полученный, например, при пиролизе.

В первом случае шины целые или в измельченном виде (фракции размером 50...100 мм) используют в качестве высококалорийного альтернативного топлива в целлюлозно-бумажном, цементном и других производствах. Также резиновая крошка как топливный материал может применяться в виде добавки при сжигании угля, горючих сланцев с целью повышения их теплотворной способности.

Во втором случае тепло, получаемое при сжигании горючего газа, произведенного при пиролизе автомобильных шин, можно использовать для получения горячей воды или водяного пара и т. п.

Японские специалисты, выполнившие сравнительный экономический анализ различных технологий утилизации изношенных шин, пришли к выводу, что пиролиз является наиболее эффективной технологией переработки шин. Пиролиз шин, осуществляемый при 425...650°С при пониженном давлении и отсутствии кислорода, позволяет провести разложение органических материалов и их возгонку, при этом оставить металлическую составляющую в неокисленном виде.

Пиролиз позволяет из тонны перерабатываемых автомобильных шин получить 450...600 литров пиролизного масла, 250...320 кг пиролизной сажи, 55 кг металла и 10,2 м³ пиролизного газа. Полученные низкомолекулярные углеводороды в большинстве случаев используют в качестве топлива. Кроме того, из газообразной фракции пиролиза выделяют ароматические масла, пригодные для приготовления резиновых смесей при производстве резинотехнических изделий. Тяжелая фракция пиролиза применяется как добавка к битуму, который используется при строительстве дорог. Пиролизная сажа применяется при производстве пластификаторов и смягчителей регенерации резины.

Автомобильные аккумуляторы, которые используются в современных автомобилях, в основном выпускаются в виде кислотно-свинцовых батарей, как правило, в пластмассовых корпусах. Используемый в них электролит представляет собой водный раствор серной кислоты с добавлением некоторых стабилизирующих добавок. Утилизация таких аккумуляторов осуществляется по следующей технологии: слив электролита, срезание крышки корпуса аккумуляторной батареи, разделение аккумулятора на свинцовую и полимерную части, последняя в основном уничтожается путем высокотемпературного сжигания. Использованный электролит в отдельных случаях (при наличии специального оборудования) подвергают повторной переработке, во всех остальных — его нейтрализуют и сливают в сточные воды. Свинцовые пластины переплавляют и отправляют на производство новых аккумуляторов. Применение таким образом полученного при переработке черного свинца положительно влияет на снижение цены следующего поколения аккумуляторов.

Особое внимание в последнее время уделяют переработке пластмасс, которые все больше используются при производстве автомобилей. Их переработка во вторичные материалы и использование с максимальной эффективностью возможны только после рассортировки по видам полимеров и конкретным маркам пластмасс. Путем измельчения и переплавки старых пластмассовых деталей получают строительный и промышленный пластик, из которого изготавливают, как правило, неответственные детали автомобилей (бамперы, обивка багажника, коврики и т. п.), а также хозяйственные товары (бутылки, дорожные ограждения, хозяйственная утварь, покрытия для садовых дорожек и др.).

Отработанное автомобильное масло, сланное на переработку, утилизируют путем термического крекинга. В результате получают печное топливо для ТЭЦ (60...70%), бензин-растворитель (10...12%) и тяжелую углеводородную фракцию (10...15%), которую используют в производстве асфальта.

Такова зарубежная практика. Реальная ситуация с переработкой отслуживших свой срок автомобилей в России оставляет желать лучшего и требует выработки и проведения системной государственной политики, которая должна привести к созданию системы экономически и экологически эффективной утилизации.

Контрольные вопросы

1. Что такое «рециклинг»? Какова его основная задача?
2. Назовите три основных направления рециклинга.
3. Что такое конверсия и чем она отличается от модернизации?
4. Что такое утилизация и чем она отличается от конверсии?
5. Назовите основные технологии утилизации автомобилей.
6. Почему переплавку прессованных старых автомобилей нельзя считать экологически чистым процессом?
7. Перечислите основные операции технологического процесса переработки автомобилей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аскинази, Б.М. Упрочнение и восстановление деталей электрометаллической обработкой / Б.М. Аскинази. — М. : Машиностроение, 1989. — 200 с.
2. Болбас, М.М. Основы эксплуатации и ремонта автомобилей: учебн. пособие / М.М. Болбас. — Минск : Высш. шк., 1985. — 284 с.
3. Вагнер, В.Ф. Основы триботехники. В 2 ч. Ч. 1. Процессы в трибомеханических системах : учеб. пособие / В.Ф. Вагнер, Б.И. Ковальский, В.Ф. Терентьев. — Красноярск : КГТУ, 1998. — 212 с.
4. Виноградов, В.М. Технологические процессы ремонта автомобилей : учеб. пособие / В.М. Виноградов. — М. : Академия, 2007. — 384 с.
5. Волжин, Г.Н. Восстановление изношенных деталей строительных машин / Г.Н. Волжин, С.Е. Ровках, В.Г. Вердников. — М. : Изд-во литер. по строительству, 1968. — 240 с.
6. Вольперт, Г.Д. Покрытия распыленным металлом / Г.Д. Вольперт. — М. : Изд-во литер. по строительным материалам, 1957. — 265 с.
7. Восстановление деталей машин : справочник / под ред. В.П. Иванова. — М. : Машиностроение, 2003. — 672 с.
8. Гаврилюк, В.С. Экологический потенциал реновационного производства в концепции устойчивого развития / В.С. Гаврилюк, Э.Л. Мельников, А.О. Бояркин // Ремонт, восстановление, модернизация. — 2007. — № 4. — С. 2–5.
9. Грохольский, Н.Ф. Восстановление деталей машин и механизмов сваркой и наплавкой / Н.Ф. Грохольский. — М. ; Л.: Машиностроение, 1966. — 272 с.
10. Данилевский, В.В. Справочник молодого машиностроителя / В.В. Данилевский. — М. : Высш. шк., 1973. — 648 с.
11. Зайдес, С.А. Упрочнение, восстановление, правка валов : учеб. пособие / С.А. Зайдес, Г.В. Мураткин. — Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2005. — 336 с.
12. Зильберглейт, В.А. Технология обработки шлицев / В.А. Зильберглейт. — М. : НИИМАШ, 1973. — 80 с.
13. Знаменский, С. Идеальный шрот / С. Знаменский // Авторевю. — 2006. — № 18. — С. 10–12.

14. Технология газодинамического нанесения металлических покрытий / О.Ф. Ключев [и др.] // Сварщик. – 2005. – № 3. – С. 24–27.
15. Корсаков, Г.Э. Повышение долговечности машин технологическими методами / Г.Э. Корсаков, В.С. Таурит, Г.Д. Василюк. – Киев : Техника, 1986. – 158 с.
16. Кременский, И.Г. Восстановление деталей пластическим деформированием: практика и особенности технологии / И.Г. Кременский // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2006. – № 3. – С. 43–46.
17. Леонтьев, Л.Б. Принципы проектирования технологии восстановления и упрочнения деталей / Л.Б. Леонтьев // Металлообработка. – 2004. – № 2. – С. 20–25.
18. Леонтьев, Л.Б. Методика расчета толщины покрытия и припусков на механическую обработку при восстановлении деталей / Л.Б. Леонтьев // Металлообработка. – 2004. – № 1. – С. 21–23.
19. Малкин, В.С. Основы эксплуатации и ремонта автомобилей : учеб. пособие / В.С. Малкин, Ю.С. Бугаков. – Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 431 с.
20. Материаловедение. Технология конструкционных материалов : в 2 кн. / В.Ф. Карпенков [и др.]. – М. : КолосС, 2006. – Кн. 2. – 311 с.
21. Матлин, А.А. Точность механической обработки и проектирование технологических процессов / А.А. Матлин. – Л. : Машиностроение, 1970. – 320 с.
22. Мельников, Э.Л. Словарь терминов по специальности «Реновация объектов и средств материального производства» / Э.Л. Мельников // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2005. – № 9–11 ; 2006. – № 2, 4, 6, 8, 10.
23. Молодык, Н.В. Восстановление деталей машин : справочник / Н.В. Молодык, А.С. Зенкин. – М. : Машиностроение, 1989. – 479 с.
24. Новый политехнический словарь / гл. ред. А.Ю. Ишлинский [и др.]. – М. : Большая Российская энциклопедия, 2000. – 671 с.
25. Нормирование точности в машиностроении : учебник / под ред. Ю.М. Соломенцева. – М. : Академия, 2001. – 335 с.
26. Папшев, Д.Д. Технологические методы повышения надежности и долговечности деталей машин поверхностным упрочнением : учеб. пособие / Д.Д. Папшев. – Куйбышев : КПТИ, 1983. – 81 с.

27. Пашков, А.П. Ремонт: сущность, значимость, перспектива / А.П. Пашков // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2006. – № 6. – С. 2–6.
28. Петросов, В.В. Ремонт автомобилей и двигателей: учебник / В.В. Петросов. – М.: Академия, 2005. – 224 с.
29. Сулима, А.М. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин / А.М. Сулима, В.А. Шулов, Ю.Д. Ягодкин – М.: Машиностроение, 1988. – 239 с.
30. Технология авторемонтного производства: учебник / под ред. К.Т. Кошкина. – М.: Транспорт, 1969. – 568 с.
31. Титунин, Б.А. Ремонт автомобилей КамАЗ: учеб. пособие / Б.А. Титунин, Н.Г. Старостин, В.М. Мушниченко. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 288 с.
32. Трение, изнашивание и смазка: справочник в 2 кн. / под ред. И.В. Крагельского, В.В. Алисина. – М.: Машиностроение, 1978. – Кн. 1. – 400 с.
33. Хасуи, А. Наплавка и напыление / А. Хасуи, О. Моригаки; пер. В.Н. Попова. – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.
34. Хворостухин, Л.А. Повышение несущей способности деталей машин поверхностным упрочнением / Л.А. Хворостухин. – М.: Машиностроение, 1988. – 144 с.
35. Хромов, В.Н. Упрочнение и восстановление деталей машин термоупруго-пластическим деформированием / В.Н. Хромов, И.К. Сенченков. – Орел: Изд-во ОГСХА, 1999. – 221 с.
36. Ящерицын, П.И. Технологическая наследственность в машиностроении / П.И. Ящерицын, Э.В. Рыжов, В.И. Аверченков. – Минск: Наука и техника, 1977. – 256 с.

Содержание

5. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ (Г.В. Мураткин).....	3
5.1. Понятие «технологическая наследственность», её виды	3
5.2. Проектирование технологических процессов восстановления деталей с учетом технологической наследственности.....	7
6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ (Г.В. Мураткин).....	12
6.1. Общее понятие о проектировании технологических процессов восстановления деталей.....	12
6.2. Общие принципы построения технологических процессов восстановления деталей.....	25
6.3. Типовые технологические процессы восстановления деталей.....	28
6.4. Технологический расчет толщины слоя наносимого покрытия при восстановлении деталей.....	48
7. ТЕХНОЛОГИЯ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА МАШИН И АГРЕГАТОВ (Г.В. Мураткин).....	54
7.1. Прием автомобилей и агрегатов в капитальный ремонт.....	54
7.2. Разборка автомобилей и агрегатов.....	59
7.3. Очистка и мойка деталей.....	62
7.4. Дефектация и сортировка деталей.....	69
7.5. Механическая обработка в процессах восстановления деталей.....	74
7.6. Термическая и химико-термическая обработка в процессах восстановления деталей.....	103
7.7. Контроль качества восстановленных деталей.....	123
7.8. Сборка, обкатка и испытание машин и агрегатов (Г.В. Мураткин, В.С. Малкин).....	132
8. РЕМОНТ КУЗОВА АВТОМОБИЛЯ (Г.В. Мураткин, В.Г. Доронкин).....	150
8.1. Общие сведения о кузовном ремонте.....	150

8.2. Восстановление геометрии несущих элементов кузова.....	154
8.3. Удаление поврежденных элементов кузова, замена и ремонт кузовных деталей.....	170
8.4. Рихтовка кузовных панелей.....	174
8.5. Сварка кузовных элементов.....	183
8.6. Особенности ремонта кузовов, изготовленных с использованием нетрадиционных материалов.....	193
9. ОКРАШИВАНИЕ КУЗОВА	
АВТОМОБИЛЯ (<i>Г.В. Мураткин, В.Г. Доронкин</i>).....	198
9.1. Основные свойства лакокрасочных и других материалов, используемых для отделки кузова.....	198
9.2. Подготовка поверхности кузова под покраску.....	209
9.3. Окрашивание и сушка кузова.....	215
9.4. Ремонтные работы, связанные с остеклением кузова.....	234
9.5. Антикоррозийная обработка восстановленного кузова.....	236
10. УТИЛИЗАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ (<i>Г.В. Мураткин</i>).....	240
10.1. Утилизация как составляющая системы рециклинга автомобилей.....	240
10.2. Технологии утилизации автомобилей и их компонентов.....	249
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	258

Учебное издание

Мураткин Геннадий Викторович

Малкин Владимир Сергеевич

Доронкин Владимир Геннадьевич

ОСНОВЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ
И РЕМОНТ АВТОМОБИЛЕЙ

Учебное пособие

В двух частях

Часть 2

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ

Редактор *Т.Д. Савенкова*

Технический редактор *З.М. Малявина*

Вёрстка: *Л.В. Сызганцева*

Дизайн обложки: *Г.В. Карасева*

Подписано в печать 12.09.2012. Формат 60×84/16.

Печать оперативная. Усл. п. л. 15,28.

Тираж 300 экз (1-й з-д 1-100). Заказ № 1-88-11.

Издательство Тольяттинского государственного университета
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14

