

С. А. Кузнецов, О. А. Останин

**ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

Учебное пособие

Кемерово 2011

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева»

С. А. Кузнецов, О. А. Останин

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ  
УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Кемерово 2011

УДК 621.9

Рецензенты:

Кафедра технологии металлов, пищевого и холодильного машиностроения Кемеровского государственного технологического института пищевой промышленности

Доктор технических наук, профессор Кемеровского государственного сельскохозяйственного института М. В. Чибряков

Кузнецов, С. А. Технология ремонта автотранспортных средств : учеб. пособие. [Электронный ресурс] : для студентов специальности 151001 «Технология машиностроения» / С. А. Кузнецов, О. А. Останин ; – Кемерово : КузГТУ, 2011. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) ; 12 см. – Систем. требования : Pentium III ; ОЗУ 8 Мб ; Windows 2003 ; (CD-ROM-дисковод) ; мышь. – Загл. с экрана.

Подготовлено по дисциплине «Технология ремонта автотранспортных средств».

Рассматриваются технологические процессы ремонта автомобилей и их отдельных узлов и агрегатов.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальности 151001 «Технология машиностроения» и специализирующихся в области ремонта автотранспортных средств.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Кузбасского государственного технического университета.

ISBN 5-89070-516-4

УДК 621.9

© Кузнецов С. А., 2006

© Останин О. А., 2011

© КузГТУ, 2011

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  | Стр. |
|--|------|
| Предисловие  | 5    |
| 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО РЕМОНТУ МЕХАНИЗМОВ   | 6    |
| 1.1. Понятие о технологии ремонта механизмов   | 6    |
| 1.2. Виды и характеристики дефектов автомобильных деталей                              | 6    |
| 1.3. Виды и методы ремонта   | 10   |
| 2. СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ  | 15   |
| 2.1. Краткая характеристика основных способов восстановления деталей                   | 15   |
| 2.2. Восстановление деталей механической обработкой                                    | 21   |
| 2.2.1. Восстановление деталей механической обработкой в ремонтный размер               | 21   |
| 2.2.2. Восстановление деталей постановкой дополнительного элемента                     | 25   |
| 2.2.3 Другие виды слесарно-механической обработки, применяемые при ремонте автомобилей | 27   |
| 2.3. Восстановление деталей методами пластического деформирования                      | 29   |
| 2.3.1. Сущность процесса восстановления деталей пластическим деформированием           | 29   |
| 2.3.2. Способы восстановления деталей пластическим деформированием                     | 31   |
| 2.3.3. Восстановление деталей правкой  | 38   |
| 2.4. Восстановление деталей методами сварки и наплавки                                 | 41   |
| 2.4.1. Сущность методов сварки и наплавки  | 41   |
| 2.4.2. Восстановление деталей ручной дуговой сваркой и наплавкой покрытыми электродами | 43   |
| 2.4.3. Восстановление деталей наплавкой под слоем флюса                                | 47   |
| 2.4.4. Восстановление деталей сваркой и наплавкой в среде защитных газов               | 51   |
| 2.4.5. Восстановление деталей вибродуговой наплавкой                                   | 55   |
| 2.4.6. Восстановление деталей газопламенной сваркой и наплавкой                        | 59   |
| 2.4.7. Восстановление деталей плазменной сваркой и наплавкой                           | 62   |
| 2.4.8. Другие методы сварки и наплавки   | 65   |

|   |     |
|---|-----|
| 2.4.9. Особенности сварки чугуна  | 68  |
| 2.4.10. Особенности сварки алюминиевых сплавов                                      | 72  |
| 2.5. Восстановление деталей методами пайки  | 74  |
| 2.6. Восстановление деталей напылением  | 76  |
| 2.7. Восстановление деталей с помощью гальванических покрытий                       | 83  |
| 2.7.1. Сущность процесса нанесения гальванических покрытий                          | 83  |
| 2.7.2. Восстановление деталей хромированием   | 85  |
| 2.7.3. Восстановление изношенных деталей железнением                                | 90  |
| 2.7.4. Электролитическое натирание  | 94  |
| 2.7.5. Защитно-декоративные гальванические покрытия                                 | 95  |
| 2.8. Использование полимеров для восстановления деталей                             | 98  |
| 2.8.1. Виды синтетических материалов, используемых при ремонте                      | 98  |
| 2.8.2. Восстановление деталей эпоксидными компаундами                               | 99  |
| 2.8.3. Анаэробные полимеры и жидкие прокладки                                       | 102 |
| 2.8.4. Технология склеивания деталей  | 104 |
| 2.8.5. Восстановление деталей термополимерами                                       | 106 |
| 2.9. Технологические методы восстановления лакокрасочных и антикоррозийных покрытий | 108 |
| 2.9.1. Назначение и виды лакокрасочных материалов                                   | 108 |
| 2.9.2. Технология восстановления лакокрасочного покрытия                            | 111 |
| 2.9.3. Восстановление антикоррозийных покрытий                                      | 119 |
| 3. ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ АВТОМОБИЛЕЙ                    | 126 |
| 3.1. Основы разработки технологических процессов восстановления деталей             | 126 |
| 3.2. Восстановление деталей класса «Корпусные»                                      | 130 |
| 3.3. Восстановление деталей класса «Втулки»   | 138 |
| 3.4. Восстановление деталей класса «Валы»   | 144 |
| 3.5. Восстановление деталей класса «Диски»  | 153 |
| 3.6. Восстановление деталей класса «Рычаги»   | 157 |
| 3.7. Восстановление резьб   | 163 |
| 3.8. Кузовной ремонт  | 166 |
| Список рекомендуемой литературы   | 184 |

## Предисловие

Ремонт практически любых машин и механизмов, частным случаем которых являются автомобили, обусловлен объективной необходимостью, вызванной техническими и экономическими причинами.

Действительно, теоретически существует возможность при любой неисправности автомобиля заменить его на новый, только что выпущенный с конвейера автозавода. Но очевидно, что такой подход экономически не оправдан, поскольку автомобиль – это дорогостоящее изделие и использовать его как одноразовую шариковую ручку просто невозможно. Даже если гипотетически представить реализацию такого подхода, то тогда мощности существующих автозаводов во всем мире придется увеличивать в несколько раз, что абсолютно нереально.

Поэтому ремонт автомобилей является эффективным методом поддержания их в работоспособном состоянии, минимизируя при этом экономические затраты на их содержание.

Современный автомобиль состоит из нескольких тысяч деталей. Однако число деталей, приводящих к отказам и поломкам, составляет обычно несколько десятков. Принцип ремонта любой машины или механизма заключается в том, что, восстанавливая работоспособность этих деталей, мы тем самым восстанавливаем работоспособность машины в целом. Наиболее простым с технологической и организационной точек зрения представляется ремонт, при котором в автомобиле просто заменяется дефектная деталь или узел на новый. Но, если эта деталь или узел сложная, дорогостоящая (например, кузов, блок цилиндров двигателя и т. п.), более экономичным является восстановление имеющейся детали для исправления дефекта. Кроме того, существуют ситуации, когда просто невозможно в заданные сроки доставить нужную деталь для замены по причине ее отсутствия или транспортным проблемам. Поэтому для организации эффективного ремонта автомобилей, их узлов и агрегатов необходимо использовать оба метода: как замены, так и восстановления деталей. Как в том, так и в другом случае необходимы специальные знания по методам ремонта и восстановления деталей и узлов автомобилей, применяющегося при этом оборудовании и технологических процессах ремонта. Изложению этих вопросов и посвящено данное учебное пособие.

# 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО РЕМОНТУ МЕХАНИЗМОВ

## 1.1. Понятие о технологии ремонта механизмов

Под технологией ремонта механизмов понимается учение о методах и способах восстановления работоспособности машин до требуемого качества и надежности с наименьшими затратами. Технология ремонта автомобилей является основной составной частью общего учения о ремонте машин – тракторов, дорожно-строительных, добывающих и других машин и отличается от технологии ремонта последних особенностями технологического процесса, обусловленными конструктивными и технологическими различиями объектов ремонта. Имея много общего с технологией производства автомобилей, технология ремонта в то же время имеет специфические особенности, позволяющие выделить ее в самостоятельную область научно-технического знания, в новую дисциплину среди других технологических дисциплин по машиностроению.

Восстановления работоспособности автомобилей с требуемым качеством и надежностью нельзя добиться без знания причин возникновения дефектов и отказов, приводящих к потере автомобилем работоспособности. Среди этих причин основное место занимают процессы изнашивания, усталости и коррозии, старения металла, механические и другие повреждения деталей. Поэтому технология ремонта автомобилей должна основываться на точных представлениях о протекании этих процессов в узлах и деталях автомобиля, методах и способах предупреждения вредного их устранения и устранения возникших дефектов и неисправностей.

## 1.2. Виды и характеристики дефектов автомобильных деталей

С течением времени с деталями автомобилей происходит ряд необратимых изменений, которые приводят к их старению и образованию дефектов.

Практически появление всех дефектов вызвано двумя причинами:

– **нормальным износом**, зависящим от продолжительности эксплуатации механизма и выражающимся в износе трущихся пар, подшипников, усталостных явлениях и т. п. Нормальный износ возникает из-за воздействия на детали напряжений, возникающих вследствие передаваемых ими усилий и динамических нагрузок при движении, остаточных напряжений, которые возникают при некоторых технологических процессах изготовления деталей (при литье, ковке, термической обработке и др.); воздействия внешней среды – температуры и ее изменений, влажности, солнечной радиации, химически, механически и биологически активных веществ и других факторов;

– **аварийными повреждениями**: поломки деталей двигателя, подвески, трансмиссии, повреждения кузова и т. п., чаще всего вызванными нарушениями условий и правил эксплуатации.

Наиболее распространенными дефектами автомобильных деталей являются:

- изменение размеров (износ) рабочих и посадочных поверхностей;
- деформация деталей;
- механические повреждения;
- изменение физико-механических свойств материала;
- коррозионные повреждения.

**Изменение размеров деталей** является следствием их изнашивания. При этом возникают нарушения геометрической формы поверхностей в виде овальности, конусности, нарушение посадки. Изнашивание может быть как нормальное, так и аварийное (например, проворот подшипников шеек коленвала или задир поршня в цилиндре). Деталь считается годной к эксплуатации, если ее износ не превышает допустимых значений, оговоренных в технических условиях на ее изготовление и эксплуатацию. В практике обычно допустимый без ремонта размер принимается равным верхнему предельному размеру для отверстия и нижнему предельному размеру для вала из указанных на рабочем чертеже. Необходимым условием использования деталей с допустимым износом без восстановления при ремонте является обеспечение требуемой точности сопряжения при сборке узла.

**Деформация деталей** является распространенным дефектом автомобильных деталей. Появление деформации деталей ве-

дет к нарушению точности взаимного расположения поверхностей и соответственно к ненормальной работе агрегата, повышенному износу деталей и снижению срока службы. Причинами ее появления являются:

- неравномерный износ рабочих поверхностей и соответственно перераспределение усилий, ведущих к деформации деталей (коленчатые валы, шатуны);
- внутренние напряжения, возникающие в деталях при их изготовлении (блоки цилиндров и другие корпусные детали);
- накопление усталостных напряжений в процессе эксплуатации (детали подвески, кузова);
- превышение расчетных усилий в процессе эксплуатации (кузов, детали подвески);
- аварийные повреждения.

Деформациям обычно подвержены детали, испытывающие значительные динамические нагрузки

**Механические повреждения** в деталях возникают под воздействием нагрузок, превышающих допустимые, а также вследствие усталости материала. Наиболее характерными механическими повреждениями являются трещины, пробоины, изломы. Трещины чаще всего возникают у деталей, работающих в условиях циклических знакопеременных нагрузок. Усталостные трещины характерны для деталей рамы, кузова, коленчатых валов и других деталей. Причиной появления трещин у головок и блоков цилиндров двигателей могут быть высокие температурные напряжения. Размеры трещин по ширине колеблются от нескольких миллиметров до сотых долей миллиметра. Пробоины и изломы являются следствием усталости металла и больших ударных нагрузок.

**Изменения физико-механических свойств** материала деталей чаще всего проявляются в снижении твердости и упругих свойств. Снижение твердости является следствием износа упроченного поверхностного слоя или нагрева в процессе работы до температуры, влияющей на термообработку. Упругие свойства деталей снижаются вследствие усталости материала, из которого они изготовлены. Этот дефект чаще всего встречается в пружинах и рессорах.

**Коррозионные повреждения** присущи многим автомобильным деталям. Особенно значительны данные повреждения у металлических кузовов легковых автомобилей и автобусов. Появляются они в результате химического и электрохимического взаимодействия металла со средой, способствующей коррозии (влага, агрессивные среды).

В любом случае по мере эксплуатации автомобиля и появления дефектов в его состоянии наступает предел, после которого дальнейшая эксплуатация оказывается технически невозможной или экономически неоправданной. Критерии предельного состояния устанавливаются нормативно-технической документацией. В связи с этим различают допустимый и предельный износы деталей.

**Допустимый износ** – износ, при котором данное соединение будет работоспособным в течение последующего межремонтного срока.

**Предельный износ** – износ, при котором дальнейшая нормальная работа данного соединения в течение очередного межремонтного периода невозможна. Предельный износ базовой и основных деталей агрегатов автомобиля определяет их предельное состояние.

В технике различают следующие состояния объекта: исправное, неисправное, работоспособное, неработоспособное и предельное. Переход объекта из исправного состояния в неисправное, из работоспособного в неработоспособное состояние характеризуется повреждением и отказом.

**Повреждение** – это событие, заключающееся в нарушении исправности автомобиля (агрегата) вследствие влияния внешних воздействий, превышающих уровни, установленные в нормативно-технической документации. Повреждение может быть несущественным, при котором работоспособность автомобиля сохраняется, и существенным, которое может явиться причиной нарушения работоспособности и привести к отказу.

**Отказ** – это событие, заключающееся в нарушении работоспособности автомобиля (агрегата), т. е. это событие, при котором происходит полная или частичная потеря им работоспособности. Появление отказа всегда связано с возникновением неисправности. Достижение предельного износа, например, деталей гильзо-

поршневой группы будет считаться отказом, а двигатель при этом переходит в неисправное состояние. Вместе с тем появление неисправности не всегда приводит к отказу. Например, нарушение лакокрасочного покрытия квалифицируется как неисправность автомобиля, но это не отказ, так как при этом его работоспособность не нарушается.

### 1.3. Виды и методы ремонта

Необходимость поддержания автомобиля в работоспособном состоянии требует, чтобы большая часть неисправностей и отказов была предупреждена до их появления. С этой целью регулярно проводится техническое обслуживание автомобилей с установленной периодичностью и трудоемкостью. Это обслуживание носит предупредительный (профилактический) характер. Возникшие в период эксплуатации отказы и неисправности устраняются путем ремонта, который, как правило, выполняется по потребности. Принципиальные основы организации и нормативы ТО и ремонта регламентируются производителем для каждой конкретной модели автомобиля.

При возникновении неисправностей и отказов, которые не могут быть устранены на очередном техническом обслуживании, выполняется ремонт автомобиля. В соответствии с назначением, характером и объемом выполняемых работ ремонт подразделяется на текущий и капитальный.

**Текущий ремонт** выполняется для обеспечения работоспособного состояния подвижного состава с восстановлением или заменой отдельных его агрегатов, узлов и деталей (кроме базовых), достигших предельного состояния. Текущий ремонт должен обеспечить безотказную работу отремонтированных агрегатов, узлов и деталей на пробеге не меньшем, чем до очередного технического обслуживания. Потребность в текущем ремонте выявляется в процессе эксплуатации конкретного автомобиля или при ТО и плановом диагностировании.

**Капитальный ремонт** предназначен для восстановления исправности и близкого к полному (не менее 80 %) ресурса подвижного состава, агрегатов и узлов. В большинстве случаев капитальный ремонт, как правило, выполняется обезличенным мето-

дом, предусматривающим полную разборку объекта ремонта, дефектацию, восстановление или замену составных частей, сборку, обкатку и испытание. Капитальный ремонт желательно выполнять на специализированных ремонтных предприятиях.

Техническое состояние и причины неисправности подвижного состава и его составных частей определяют при помощи средств и методов безразборного диагностирования. Агрегат направляется в капитальный ремонт, если:

– базовая и основные детали нуждаются в ремонте, требующем полной разборки агрегата. При этом к базовым деталям агрегатов обычно относят корпусные детали. Например, в двигателе базовой деталью является блок цилиндров, в коробке передач – картер. А к основным деталям, например, в двигателе относят головку цилиндров, коленчатый вал, маховик, распределительный вал, картер сцепления; в коробке передач – крышку картера верхнюю, первичный, вторичный и промежуточный валы и т. п.;

– работоспособность агрегата не может быть восстановлена или ее восстановление экономически нецелесообразно путем проведения текущего ремонта.

Организационной основой капитального ремонта на специализированных предприятиях могут являться обезличенный и необезличенный методы ремонта.

**Обезличенный метод ремонта** характеризуется тем, что детали и сборочные единицы не сохраняют при ремонте принадлежность к определенному объекту. Этот метод ремонта широко применяется на специализированных авторемонтных предприятиях.

Многолетняя практика показывает, что существующая организация капитального ремонта обезличенным методом является весьма несовершенной из-за высокой себестоимости (80 % и более стоимости нового) и низкого уровня качества (ресурс капитально отремонтированных агрегатов составляет 20...50 % ресурса нового). Обезличивание деталей является одной из причин большого числа выполняемых капитальных ремонтов за срок службы агрегата, что в конечном счете приводит к значительному росту затрат на поддержание его работоспособности в процессе эксплуатации.

Обезличенный капитальный ремонт агрегатов влечет за собой еще и ряд негативных последствий:

- неоправданно возрастает доля разборочно-сборочных работ в общей трудоемкости ремонта (до 30 % и более);
- нарушается приработанность высокоресурсных сопряжений;
- повышается вероятность повреждений годных деталей в процессе разборки (повреждается до 15...20 % деталей).

Обезличивание деталей в ходе выполнения ремонтных работ является одной из причин полной неопределенности в ресурсах элементов вновь собранных агрегатов.

Принимая во внимание перечисленные негативные стороны обезличенного ремонта, следует признать, что гарантировать надежную и долговечную работу агрегатов, отремонтированных по этому методу, не представляется возможным. Поэтому этот метод ремонта должен уйти в прошлое.

**Необезличенный метод ремонта** характеризуется тем, что годные и восстановленные детали и сборочные единицы сохраняют свою принадлежность к определенному объекту ремонта. Этот метод ремонта практически исключает все недостатки обезличенного ремонта. Однако боязнь усложнения организации производства при этом методе на специализированных предприятиях с большим годовым объемом выпуска ограничивает сферу его использования. Применяется он главным образом в небольших сервисах и мастерских при индивидуальном ремонте отдельных экземпляров автомобильной техники.

Организация необезличенного ремонта или ремонта с меньшей долей обезличивания в условиях специализированных предприятий позволяет коренным образом улучшить показатели эффективности и качества продукции ремонтного предприятия при сохранении индустриальных методов ремонта. Максимальный эффект от внедрения необезличенного ремонта может быть достигнут только при оптимальном сочетании индустриальных форм организации производства ремонта и индивидуальных методов контроля технического состояния ремонтируемых агрегатов.

К прогрессивной форме организации ремонтного обслуживания следует отнести также агрегатный метод ремонта.

*Агрегатный метод ремонта* характеризуется тем, что неисправные агрегаты заменяются новыми или отремонтированными. Возможность полного использования ресурса каждого агрегата является главным достоинством агрегатного метода по сравнению с ремонтом полнокомплектного автомобиля. Кроме полного использования ресурса агрегатов, к достоинствам агрегатного метода следует отнести снижение простоев в ремонте, повышение технической готовности парка автомобилей, увеличение объема выполненной работы тем же числом автомобилей, углубление специализации ремонтных предприятий; автомобили при этом не обезличиваются.

Применение агрегатного метода ремонта позволяет резко сократить число капитальных ремонтов автомобилей, а в перспективе и отказаться от него. Необходимое условие внедрения агрегатного метода ремонта – это создание оборотного и обменного фондов агрегатов. Практика показывает, что основной источник комплектования этих фондов – капитально отремонтированные или годные к эксплуатации без ремонта агрегаты списанных автомобилей. В настоящее время агрегатный ремонт для автомобилей иностранного производства базируется на так называемых *авторазборах*.

Объективной основой ремонта автомобилей путем замены изношенных элементов является различный уровень их долговечности и случайный характер размера реализуемого ресурса. В настоящее время изношенные элементы заменяют в основном по потребности (по отказу). С такой практикой, очевидно, можно согласиться, если для замены детали (узла) не требуется разборка агрегата. И уже совсем другое дело, когда для замены изношенной детали необходимо разбирать агрегат. Ведь можно допустить, и это практикуется, что если агрегат разобран для замены изношенной детали, то, очевидно, могут быть заменены и другие детали, ресурс которых незначительно отличается от ресурса отказавшей и подлежащей замене. Если это не будет сделано, а другие детали вскоре откажут и потребуют замены, то в целом расходы на ремонт и простои в ремонте возрастут, так как придется снова ставить агрегат на ремонт и разбирать его.

На практике зачастую наблюдается и другое. Если агрегат разобран для замены отказавшей детали, то стремятся попутно

заменить как можно большее число деталей, в число которых часто попадают детали со значительным запасом ресурса. Недоиспользование ресурса деталей, которое возможно при этом, ведет к повышению расхода запасных частей и к удорожанию ремонта.

Таким образом, целесообразность и экономическая эффективность одновременной замены того или иного числа элементов, т. е. установление структуры и периодичности замен, будут зависеть от целого ряда факторов, таких как затраты на замену, потери от простоя при замене, недоиспользование ресурса и др.

## 2. СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

### 2.1. Краткая характеристика основных способов восстановления деталей

Многочисленные исследования и практика показывают, что прочность большинства деталей значительно превышает их износостойкость. Детали автомобиля отличаются неравномерной износостойкостью и различной долговечностью. В отношении возможного дальнейшего использования детали разобранного автомобиля можно разделить на три группы.

Первая группа – детали негодные, заменяемые в процессе капитального ремонта вследствие ограниченной износостойкости, значительно меньшей межремонтного ресурса, или неоднократного восстановления, или различных механических повреждений. Восстановление этих деталей экономически нецелесообразно или технически невозможно.

Вторую группу составляют детали, износ которых не достиг предельного значения, регламентируемого техническими условиями. Эти детали имеют запас на износ, т. е. остаточную долговечность, и могут быть использованы без восстановления при условии группового подбора при сборке. Данная группа деталей составляет примерно 20–25 % и относится к числу деталей с допустимым износом.

Третью наиболее многочисленную группу (40–45 %) составляют детали достаточно высокой прочности, но имеющие износ, превосходящий предельное значение, допускаемое техническими условиями. По общему техническому состоянию и экономической целесообразности детали третьей группы подлежат восстановлению различными способами. Восстановление данных деталей по стоимости зачастую не превышает 30–35 % от новых аналогичных.

Таким образом, по объективным причинам значительное количество деталей может быть восстановлено.

Весьма существенная особенность технологии ремонта – это восстановление деталей разными способами. Детали автомобиля, подлежащие восстановлению, имеют различную величину износа, изготавливаются из разных материалов, не являются одно-

значными в отношении качества поверхности, габаритных размеров и работают в разных условиях смазки, нагрузок и скоростей. Для восстановления деталей современная технология ремонта располагает самыми различными способами восстановления, обеспечивающими послеремонтные ресурсы деталей на уровне, близком к ресурсам новых (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Классификация способов восстановления деталей

Для восстановления работоспособного состояния узлов и агрегатов необходимо восстановление посадки в сопряжениях. Чаще всего это осуществляется путем наращивания изношенных поверхностей тем или иным способом (сварка и наплавка, нанесение электролитических покрытий и др.) с последующей обработкой их под номинальный размер.

В ряде случаев первоначальную посадку в сопряжениях восстанавливают путем изменения начальных размеров сопрягаемых деталей (способ ремонтных размеров), постановкой дополнительной ремонтной детали, а также способами, основанными на перемещении металла детали к ее изношенной части, например пластическим деформированием детали.

*Сварка и наплавка.* Этот способ получил самое широкое распространение при ремонте (до 70 % деталей восстанавливают сваркой и наплавкой). Сварку применяют для устранения трещин, пробоин, а наплавку – для нанесения покрытий с целью компенсации износа рабочих поверхностей. Существуют различные виды наплавки (наплавка под слоем флюса, наплавка по-

рошковыми проволоками, вибродуговая наплавка, наплавка в среде защитных газов и др.).

*Электроконтактная приварка.* Это эффективный высокопроизводительный (60...90 см<sup>2</sup>/мин) способ восстановления цилиндрических деталей, особенно с небольшими износами. Он позволяет наращивать материалы различной формы, с различными физико-механическими свойствами (стальные ленты, порошки, проволоки). Толщину наплавляемого слоя можно регулировать в пределах 0,2...1,5 мм, зона термического влияния не превышает 5 мм, припуск на механическую обработку 0,2...0,5 мм. К недостаткам следует отнести несплавление в ряде случаев в отдельных местах ленты с основным металлом, которое выявляется при шлифовании.

*Нанесение гальванических покрытий.* Наиболее широкое применение в ремонтном производстве нашли процессы хромирования и железнения. Они имеют ряд преимуществ перед наплавкой: позволяют наносить тонкие покрытия равномерной толщины с различной твердостью и износостойкостью без нарушения структуры основного металла, так как он в процессе наращивания остается практически холодным, и одновременно восстанавливать большую группу деталей, что снижает производственные затраты на ремонт. В то же время этим способам присущи такие недостатки, как значительная сложность и большой объем работ при выполнении технологических процессов восстановления деталей, низкая скорость электрического осаждения хрома, снижение сопротивления усталости деталей, загрязнение окружающей среды отходами производства. Перечисленные недостатки сдерживают более широкое внедрение этих способов в ремонтное производство. Однако потенциальные возможности совершенствования физико-механических свойств гальванических покрытий, а также технологических процессов восстановления деталей в целом значительны.

*Металлизация напылением металла.* Способ обеспечивает высокую износостойкость деталей, работающих при жидкостном трении. В зависимости от способа расплавления металла различают газопламенное, плазменное, детонационное, электродуговое, высокочастотное напыление. Весьма эффективно нанесение

тонких слоев газопламенным и плазменным напылением с применением износостойких порошковых твердых сплавов.

*Нанесение пластмасс.* Пластмассы имеют широкое распространение в авторемонтном производстве. Их применяют как для изготовления новых деталей, так и при их восстановлении для заделки трещин и пробоин, соединения деталей склеиванием, нанесения износостойкого покрытия. Из всех видов пластмасс наибольшее применение в авторемонтном производстве получили эпоксидные композиции.

*Восстановление деталей под ремонтный размер.* Этот метод является одним из наиболее совершенных и имеет самый высокий коэффициент технико-экономической эффективности по сравнению с другими способами восстановления. Вместе с тем этому методу присущи и некоторые недостатки. Главным из них является нарушение взаимозаменяемости – основы современного машиностроительного производства. Недостатками являются также сложность комплектования и подбора и увеличение складских запасов, что приводит к замораживанию больших средств.

*Способ дополнительных ремонтных деталей,* компенсирующих износ. Этот способ находит применение для восстановления ограниченной номенклатуры деталей. Им восстанавливают отверстия (гнезда) под подшипники качения и резьбовые отверстия в базовых деталях агрегатов, а иногда валы и крестовины.

*Пластическое деформирование.* Способ основан на использовании пластических свойств материала детали. Им восстанавливают размеры деталей, их форму и физико-механические свойства. При этом применяют такие виды пластической деформации, как осадку, раздачу, обжатие, выдавливание, вытяжку и др. Применение способа в ряде случаев ограничивается конструктивно-технологическими особенностями деталей.

Таким образом, для выбора рационального способа применительно к восстановлению конкретной детали или группе деталей следует знать технологические возможности различных способов и их характерные особенности. Ориентировочные технико-экономические показатели способов нанесения покрытий и их применимость при восстановлении типовых соединений деталей автомобилей представлены в табл. 2.1 [1].

Таблица 2.1

## Технико-экономические показатели способов нанесения покрытия

| Способ восстановления деталей | Производительность способа, кг/ч (см/мин) | Толщина наносимого покрытия, мм | Припуск на механическую обработку, мм | Доля основного металла в наплавленном, % | Прочность сцепления, МПа | Деформация детали после наращивания | Минимальный диаметр детали, мм | Снижение сопротивления усталости, % | Коэффициент производительности $K_n$ | Коэффициент технико-экономической эффективности $K_3$ |
|-------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------------|--|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---|
| Сварка:                       |   |                                 |                                       |  |                          |                                     |                                |                                     |                                      |   |
| ручная газовая                | 0,5...2,00 (1...3)                        | 0,4...3,5                       | 0,4...0,8                             | 5...30                                   | 480                      | значительная                        | –                              | 25                                  | 0,73...0,58                          | 0,138   |
| дуговая                       | 0,4...4,0 (8...14)                        | 0,5...4,0                       | 1,1...1,7                             | 20...40                                  | 500                      | то же                               |                                | 30                                  | 1,0                                  | 0,314   |
| плазменная                    | 1,0...12,0 (45...72)                      | 0,2...5,0                       | 0,4...0,9                             | 5...30                                   | 490                      | незначительная                      | 12                             | 12                                  | 2,2...1,9                            | 0,56  |
| аргонодуговая                 | 0,3...3,6 (12...26)                       | 0,2...2,5                       | 0,4...0,9                             | 6...25                                   | 450                      | то же                               | 12                             | 25                                  | 1,1...1,7                            | 0,171   |
| Наплавка:                     |   |                                 |                                       |  |                          |                                     |                                |                                     |                                      |   |
| под слоем флюса               | 2,0...15,0 (16...24)                      | 0,8...10,0                      | 0,8...1,5                             | 27...60                                  | 650                      | значительная                        | 45                             | 15                                  | 1,62...1,45                          | 0,436   |
| порошковыми проволоками       | 2,0...9,0 (16...36)                       | 1,0...8,0                       | 0,6...1,2                             | 12...35                                  | 600                      | то же                               | 20                             | 15                                  | 1,75...1,54                          | 0,40  |
| вибродуговая                  | 0,5...4,0 (8...22)                        | 0,3...3,0                       | 0,7...1,3                             | 8...20                                   | 500                      | незначительная                      | 10                             | 35                                  | 0,85...0,72                          | 0,25  |
| в среде CO <sub>2</sub>       | 1,5...4,5 (18...36)                       | 0,5...3,5                       | 0,7...1,3                             | 12...45                                  | 550                      | значительная                        | 15                             | 15                                  | 1,82...1,77                          | 0,403   |
| Электроконтактная приварка    | 1,0...2,8 (50...90)                       | 0,2...1,5                       | 0,2...0,5                             | –  | 300                      | незначительная                      | 15                             | 25                                  | 2,3...2,1                            | 0,66  |
| Напыление:                    |   |                                 |                                       |  |                          |                                     |                                |                                     |                                      |   |
| газопламенное                 | 0,4...4,0 (35...80)                       | 0,2...2,0                       | 0,3...0,7                             | –  | 25                       | отсутствует                         | –                              | 30                                  | 1,68...1,47                          | 0,39  |
| плазменное                    | 0,8...12 (40...90)                        | 0,2...3,0                       | 0,03...0,06                           | –  | 45                       | то же                               | 10                             | 25                                  | 1,76...1,68                          | 0,40  |
| Нанесение гальтий:            |   |                                 |                                       |  |                          |                                     |                                |                                     |                                      |   |
| хромирование                  | 0,007...0,085 (40...60)                   | 0,01...0,30                     | 0,3...0,06                            | –  | 450                      | отсутствует                         | -                              | 20                                  | 0,32...0,22                          | 0,087   |
| железнение                    | 0,011...0,900 (100...150)                 | 0,1...3,0                       | 0,15...0,20                           |  | 400                      | то же                               | 12                             | 25                                  | 1,93...1,77                          | 0,637   |

Коэффициент производительности  $K_n$  рассчитан как отношение основного времени  $T_{рн}$ , затраченного на восстановление условной детали ручным способом, к основному времени  $t_i$  восстановления условной детали сравнимым способом:

$$K_n = T_{рн} / t_i. \quad (2.1)$$

За основное время  $T_{рн}$  приняты затраты времени, включающие предварительную механическую обработку, нанесение покрытия и последующую механическую обработку. При расчете основного времени восстановления условной детали электролитическими способами число одновременно покрываемых деталей принимается по существующим нормам загрузки катодной ванны среднего размера. Например, для струйного хромирования принято одновременное наращивание четырех деталей.

Коэффициент технико-экономической эффективности  $K_э$  оценивается с учетом производительности и экономичности способа восстановления условной детали:

$$K_э = K_n \cdot Э_a / 100, \quad (2.2)$$

где  $Э_a$  – экономия при восстановлении условной детали, %.

В отличие от способов нанесения гальванических покрытий и напыления, для наплавки характерно наличие больших припусков на механическую обработку (0,4...1,5 мм на сторону) и, как следствие, неизбежность существенных потерь металла наплавки (см. табл. 2.1).

Все способы наплавки (за исключением электроконтактной) оказывают значительное термическое влияние на изделие, что приводит к возникновению напряжений и деформаций. Все способы нанесения покрытий снижают сопротивление усталости, поэтому с целью его повышения следует предусмотреть дополнительные различные технологические операции (термообработку, упрочнение), особенно для деталей, работающих в условиях циклических нагрузок.

Таким образом, при выборе оптимальной технологии восстановления конкретной номенклатуры деталей необходимо предусмотреть решение комплекса вопросов, отражающих условия

производственной деятельности ремонтного производства, его тип, форму организации и учитывающих объем и конструктивно-технологическую классификацию восстановления деталей, транспортные затраты.

## 2.2. Восстановление деталей механической обработкой

Восстановление деталей механической обработкой реализуется двумя способами: обработкой изношенных поверхностей под ремонтные размеры, изготовлением и постановкой дополнительного элемента.

### 2.2.1. Восстановление деталей механической обработкой в ремонтный размер

При этом способе одну из изношенных деталей сопряжения (вал или отверстие цилиндра) подвергают механической обработке, придавая ей заданный ремонтный размер и устраняя при этом искажения геометрической формы и дефекты поверхности (риски, задиры), обеспечивают предписанную чертежом шероховатость.

Другую деталь сопряжения заменяют новой указанного ремонтного размера или восстановленной под этот ремонтный размер. Например, в сопряжении «гильза – поршень» обычно восстанавливают гильзу по рабочей поверхности цилиндра под ремонтный размер путем расточки с последующим хонингованием, а поршень ремонтного размера изготавливают новый; в сопряжении «коленчатый вал – вкладыши» коренные и шатунные шейки восстанавливают механической обработкой под ремонтный размер (шлифование, суперфиниширование), а вкладыши ремонтных размеров изготавливают новые на заводах автомобильной промышленности. Поршни и вкладыши приобретаются как запасные части.

Вопрос о том, какая деталь должна заменяться, а какая восстанавливаться, решается в основном соображениями экономического характера. Более дорогую деталь во всех случаях целесообразно восстанавливать под ремонтный размер, а менее дорогую – заменять новой.

Примером, когда обе детали сопряжения восстанавливают под ремонтный размер, может служить сопряжение «втулка кла-

пана – клапан». Втулку развертывают под ремонтный размер, а стержень клапана восстанавливают под увеличенный ремонтный размер гальваническим наращиванием.

*Ремонтный размер* детали зависит от ее износа и припуска на обработку. *Износ детали  $U$*  устанавливают обмером ее соответствующим инструментом. Чаще всего вал измеряют микрометром, а отверстие цилиндра индикаторным нутромером. *Припуск на обработку  $Z$*  назначается с учетом характера обработки, типа оборудования, размера и материала детали. Припуск должен учитывать искажения геометрической формы, вызываемые неравномерным износом, и способствовать получению правильной геометрической формы изношенной детали после механической обработки без наличия следов износа на ее рабочей поверхности. Обычно при токарной обработке или расточке  $Z = 0,05 \dots 0,10$  мм, при шлифовании (хонинговании)  $Z = 0,03 \dots 0,05$  мм.

Уменьшение диаметра шейки вала или увеличение диаметра отверстия за один ремонт с учетом износа и припуска на обработку называется *ремонтным интервалом*. Формирование ремонтного интервала и получение ремонтного размера показаны на рис. 2.2.

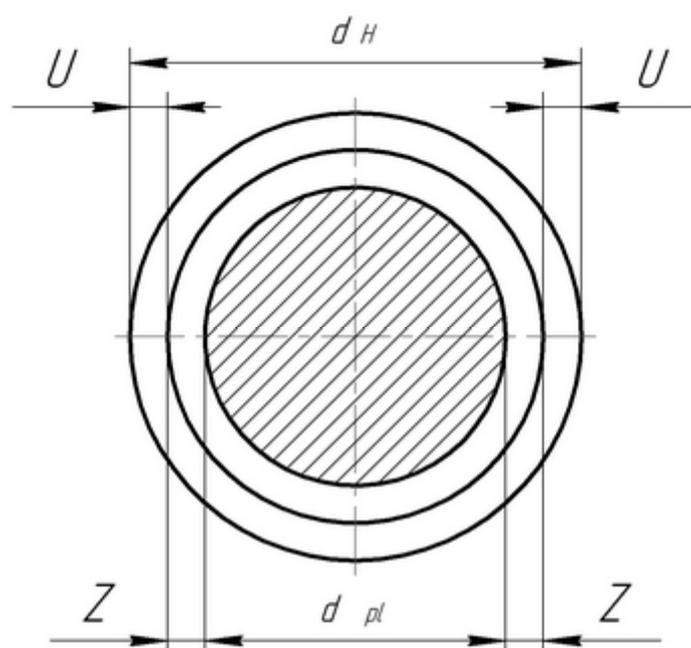


Рис. 2.2. Схема определения ремонтного размера вала при его равномерном износе

При равномерном износе вала ремонтный интервал

$$Y_B = 2 \cdot (U + Z), \quad (2.3)$$

а первый ремонтный размер

$$d_{pl} = d_H - Y_B, \quad (2.4)$$

где  $d_H$  – номинальный размер вала, мм.

Однако на практике детали изнашиваются, как правило, неравномерно и измерять их износ на сторону  $U$  без спецприспособления или специнструмента невозможно. Поэтому при контроле и сортировке определяют максимальный износ на диаметр  $U_{\max}$ . Для этого измеряют диаметр максимально изношенного вала или отверстия, а затем, зная их номинальные размеры, вычисляют износ  $U_{\max}$ :

для вала

$$U_{\max} = d_H - d_{\min}, \quad (2.5)$$

где  $d_{\min}$  – минимально допустимый диаметр вала, мм;

для отверстия

$$U_{\max} = D_{\max} - D_n, \quad (2.6)$$

где  $D_{\max}$  – максимально допустимый диаметр отверстия, мм;  $D_n$  – номинальный размер отверстия, мм.

Соотношение износа на сторону  $U$  и максимального износа на диаметр  $U_{\max}$  можно выразить через коэффициент неравномерности износа

$$\beta = U / U_{\max}. \quad (2.7)$$

При равномерном износе  $U = 0,5 \cdot U_{\max}$  тогда  $\beta = 0,5$ ; при одностороннем износе  $U = U_{\max}$ , а  $\beta = 1$ . Таким образом,  $\beta = 0,5 \dots 1$ . Например, для шеек коленчатого вала  $\beta = 0,6$ ; для гнезд под подшипники в картере коробки передач  $\beta = 0,8$ .

С учетом соотношения (2.7) формула (2.3) примет вид

$$Y_B = 2 \cdot (\beta \cdot U_{\max} + Z). \quad (2.8)$$

Количество ремонтных размеров:  
для валов

$$n_B = (d_H - d_{\min}) / Y_B = \Delta d / Y_B, \quad (2.9)$$

где  $\Delta d$  – допустимое уменьшение диаметра вала, мм;  
для отверстий

$$n_A = (D_{\max} - D_n) / Y_A = \Delta D / Y_A, \quad (2.10)$$

где  $Y_A$  – ремонтный интервал отверстия.

Минимально допустимый диаметр вала устанавливают исходя из глубины закаленного слоя и других лимитирующих факторов (прочности, толщины антифрикционного слоя вкладышей подшипников и др.). Максимальный допустимый диаметр отверстия устанавливают исходя из прочности и других факторов.

При обработке деталей под ремонтные размеры снимаются небольшие припуски, соответствующие чистовой обработке. Поэтому геометрия режущего инструмента и режимы обработки остаются теми же, что и при соответствующих операциях механической обработки. Допуски на ремонтные размеры вала и отверстия остаются теми же, что и на номинальные размеры, так как их размеры находятся в тех же размерных интервалах. Характер сопряжения (посадка) деталей при этом восстанавливается до заданного значения предприятием-изготовителем.

Обработка деталей под ремонтные размеры нашла широкое применение при восстановлении деталей (15...30 %) по причинам простоты технологического процесса и применяемого оборудования, высокой технико-экономической эффективности, а также возможности повторного (многократного) восстановления детали. Вместе с тем этому методу присущи и некоторые недостатки. Главным из них является нарушение взаимозаменяемости – основы современного машиностроительного производства. Недостатками являются также сложность комплектования и подбора и увеличение складских запасов, что приводит к замораживанию больших средств или увеличению времени на доставку деталей.

Кроме того, для дефектации и контроля необходим большой набор предельных калибров.

### 2.2.2. Восстановление деталей постановкой дополнительного элемента

Сущность способа заключается в постановке дополнительного элемента для компенсации износа рабочих поверхностей деталей, а также при замене изношенной или поврежденной части детали. Для компенсации износа рабочих поверхностей дополнительный элемент устанавливают непосредственно на изношенную поверхность детали. Этим способом восстанавливают изношенные посадочные отверстия под подшипники в картерах коробок передач, задних мостах, ступицах колес, изношенные резьбовые отверстия и другие поверхности. В зависимости от восстанавливаемой поверхности дополнительный элемент может иметь форму втулок, гильз, пластин, спиралей, ввертышей (рис. 2.3).

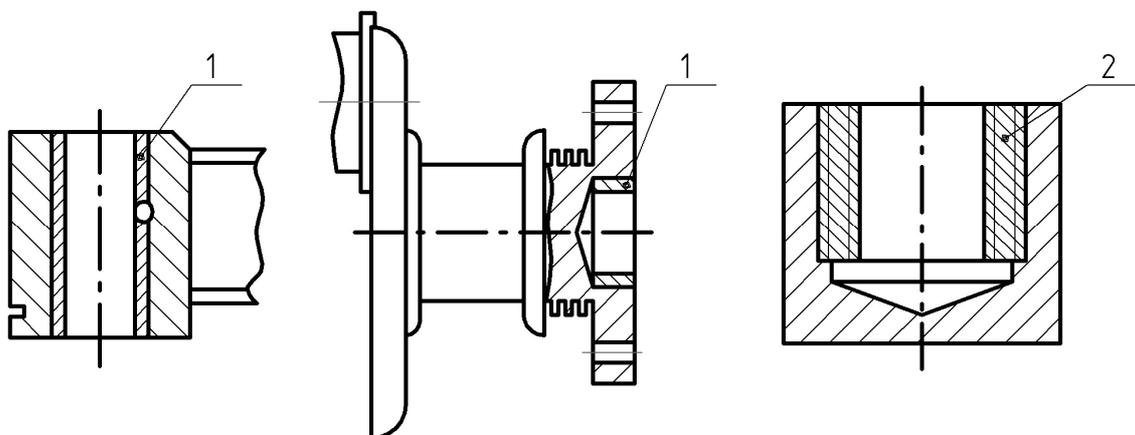


Рис. 2.3. Восстановление деталей постановкой дополнительных элементов: 1 – втулка; 2 – ввертыш

При износе или повреждении отдельной поверхности детали сложной формы поврежденную часть детали удаляют и на ее место устанавливают заранее подготовленный дополнительный элемент. Например, блок шестерен заднего хода восстанавливают заменой зубчатых венцов. Для этого производят местный отжиг венца токами высокой частоты, затем срезают его на токарном станке. На обработанную поверхность напрессовывают новый зубчатый венец и приваривают его (рис. 2.4).

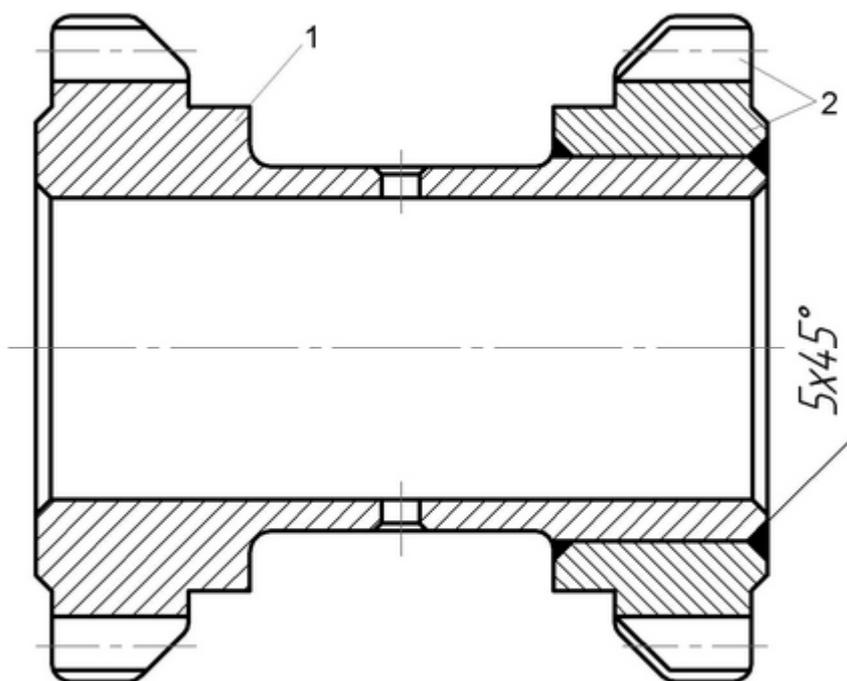


Рис. 2.4. Восстановление блока шестерен коробки передач постановкой зубчатого венца: 1 – шестерня; 2 – венец

Обычно дополнительный элемент и восстанавливаемую деталь изготавливают из одного и того же материала. Посадочные отверстия в чугунных деталях могут восстанавливаться стальными втулками. Для стальных втулок толщину стенок принимают не менее 2,0...2,5 мм, для чугунных 4,0...5,0 мм. Рабочая поверхность дополнительного элемента должна обладать теми же свойствами, что и восстанавливаемая поверхность детали. Поэтому в случае необходимости дополнительный элемент должен подвергаться соответствующей термической обработке.

Соединение дополнительного элемента, имеющего форму втулки, гильзы или кольца, обеспечивается с основной деталью за счет посадки с натягом. Сопрягаемые поверхности обрабатывают по допускам посадки  $H7/j6$  с шероховатостью  $R_a = 1,25...0,32$  мкм. Изношенные отверстия обрабатывают расточкой, рассверливанием и развертыванием или рассверливанием при восстановлении резьб. При запрессовке втулок сопрягаемые поверхности целесообразно смазывать машинным маслом для предохранения поверхностей от заедания и облегчения запрессовки.

В тех случаях, когда детали сопряжения работают с большими нагрузками при высоких температурах, изготовлены из материалов с разными коэффициентами линейного расширения и соединяются с большим натягом, целесообразно перед запрессовкой нагревать охватываемую деталь или охлаждать охватываемую. Например, при запрессовке седел клапанов головку цилиндров двигателя рекомендуется нагревать до температуры 90 °С, а седла охлаждать в жидком азоте при температуре – 175 °С. В отдельных случаях для большей надежности крепления дополнительного элемента применяют сварку, установку стопорных штифтов, шпилек или винтов, клеевые композиции.

После постановки и закрепления дополнительного элемента производят их окончательную механическую обработку до требуемых размеров.

Восстановление деталей постановкой дополнительного элемента является надежным и общедоступным способом. Однако способ является сложным и дорогим, так как необходимо предварительно обрабатывать изношенную поверхность детали, изготавливать дополнительный элемент, который после постановки и крепления необходимо вновь подвергать окончательной обработке. Кроме того, снижается прочность деталей класса валов, особенно работающих при знакопеременных нагрузках. Применение способа ограничивается и по конструктивным соображениям из-за отсутствия необходимой толщины тела детали.

### 2.2.3. Другие виды слесарно-механической обработки, применяемые при ремонте автомобилей

Механическая обработка при ремонте автомобилей применяется при восстановлении деталей под ремонтный размер, для удаления изношенных частей деталей и изготовления взамен их дополнительных, предварительной обработки изношенных поверхностей при восстановлении деталей наплавкой, напылением, гальваническим наращиванием и окончательной обработкой поверхностей. Широкое применение получили следующие виды механической обработки: токарная, расточная, сверлильная, фрезерная, шлифовальная, хонинговальная, суперфинишная и другие. По сравнению с изготовлением деталей, механическая обра-

ботка восстанавливаемых различными способами деталей имеет ряд особенностей.

Большие трудности возникают при обработке наплавленных поверхностей деталей, связанной с неравномерностью припусков и неоднородностью свойств наплавленного металла. В зависимости от твердости наплавленного металла выполняют токарную или шлифовальную обработку. При твердости наплавленного металла менее 37...42 HRC можно применять токарную обработку резцами с пластинками из твердых сплавов. При твердости наплавленного металла более 37...42 HRC выполняют предварительное, а затем окончательное шлифование. Для уменьшения шероховатости поверхности и снижения погрешности геометрической формы в конце цикла шлифования проводится выглаживание в течение 0,10...0,15 мин.

Механическая обработка напыленных поверхностей связана с их повышенной хрупкостью, пористостью и твердостью. В зависимости от твердости покрытий и припуска обработку выполняют точением или шлифованием. Точение осуществляют резцами с пластинками из твердых сплавов, шлифование – алмазными или абразивными кругами.

Поверхности деталей, восстановленных контактной приваркой ленты, обрабатывают шлифованием. При обработке поверхностей деталей, восстановленных напеканием порошковых материалов, лучшие результаты получают при точении резцами с гексанитом Р.

Особенности механической обработки деталей, восстановленных хромированием и железнением, связаны с тем, что при нагреве поверхностей резания более 200 °С твердость и износостойкость покрытий изменяются. Поверхности, восстановленные железнением, обрабатывают точением или шлифованием, а восстановленные хромированием – шлифованием. Хромовые покрытия, выполненные с декоративными целями, подвергают полированию.

При механической обработке деталей с покрытиями из синтетических материалов обращают внимание на недопустимость их нагрева более 120...160 °С. Токарная обработка покрытий осуществляется при высоких скоростях резания с интенсивным охлаждением, сжатым воздухом или керосином.

Слесарные работы применяют при подготовке поверхностей деталей к восстановлению сваркой, пайкой, синтетическими материалами и другими способами. К ним относятся такие виды, как удаление обломанных болтов, расфасовка трещин, опиловка при подгонке обломанных частей детали, сверление, зенкерование и развертывание отверстий, калибрование и нарезание резьбы, притирка поверхностей деталей и т. п.

### 2.3. Восстановление деталей методами пластического деформирования

#### 2.3.1. Сущность процесса восстановления деталей пластическим деформированием

Восстановление деталей пластическим деформированием основано на использовании пластических свойств металлов, т. е. их способности в определенных условиях под действием внешних сил изменять геометрическую форму и размеры детали без разрушения за счет перераспределения металла с нерабочих зон детали на изношенные.

Пластическую деформацию деталей производят в холодном и горячем состоянии. При обработке деталей в холодном состоянии пластическая деформация происходит за счет сдвига отдельных частей кристаллов металла (искажение кристаллической решетки) относительно друг друга. При этом в деформированных слоях металла изменяются физико-механические свойства: пластичность металла понижается, а предел прочности и твердость металла повышаются. Такое явление называют наклепом. Последующий нагрев детали до температуры 200...300 °С ведет к снятию искажений кристаллической решетки. Прочность и твердость наклепанного металла при этом частично снижаются, а пластичность повышается.

Пластическая деформация деталей в холодном состоянии требует приложения значительных усилий, поэтому для облегчения пластического деформирования деталь предварительно нагревают. Сопротивление деформированию стали, нагретой до температурыковки (800...1200 °С), в 10...15 раз меньше, чем сопротивление в холодном состоянии. Температура нагрева деталей

должна быть небольшой, но достаточной для деформации детали. Нагрев детали до ковочной температуры приводит к выгоранию углерода с поверхностного слоя, возникновению окалины и короблению детали, поэтому такой нагрев целесообразен только для значительных пластических деформаций. Детали из углеродистых сталей нагревают в интервале 350...700 °С.

Процесс восстановления деталей пластическим деформированием состоит из подготовки детали, ее деформирования и обработки после деформирования. Подготовка деталей включает в себя отжиг или отпуск деталей. В холодном состоянии без предварительной подготовки восстанавливают детали из сталей с твердостью 27...32 НРС и цветных металлов. Во всех остальных случаях осуществляют термическую подготовку деталей перед холодным деформированием или нагрев непосредственно перед горячим деформированием (табл. 2.2).

Таблица 2.2

Температурный интервал при горячей обработке давлением

| Стали            | Химический состав<br>или марка | Температура обработки,<br>°С |         |
|------------------|--------------------------------|------------------------------|---------|
|                  |                                | начало                       | конец   |
| Углеродистые     | С до 0,3 %                     | 1200–1150                    | 800–850 |
|                  | С до 0,3...0,5 %               | 1150–1100                    | 800–850 |
|                  | С до 0,5...0,9 %               | 1100–1050                    | 800–850 |
| Легированные     | низколегированные              | 1100                         | 825–850 |
|                  | среднелегированные             | 1100–1150                    | 850–875 |
|                  | высоколегированные             | 1150                         | 875–900 |
| Медные<br>сплавы | бронзы ЛС59                    | 850–750                      | 700–600 |

Для восстановления деталей в горячем состоянии применяют молоты, а для холодного деформирования используют прессы.

Достоинствами способа являются простота технологического процесса и применяемого оборудования, незначительная трудоемкость, отсутствие дополнительного материала для ремонта,

удовлетворительное качество ремонта, низкая стоимость. К недостаткам относится некоторое снижение механической прочности детали, нарушение термообработки при нагреве, затраты на нагрев и последующую термообработку, возможность появления трещин.

### 2.3.2. Способы восстановления деталей пластическим деформированием

В данном разделе рассмотрим методы пластического деформирования, применяемые для восстановления размеров деталей. При этом происходит перераспределение металла в объеме свободных поверхностей на изношенные. Пластическое деформирование с целью восстановления размеров деталей производят с помощью следующих видов обработки: осадки, раздачи, обжатия, вдавливания, вытяжки и накатки.

*Осадкой* восстанавливают изношенные по наружному диаметру сплошные и полые детали и изношенные отверстия полых деталей за счет уменьшения их длины (рис. 2.5, а).

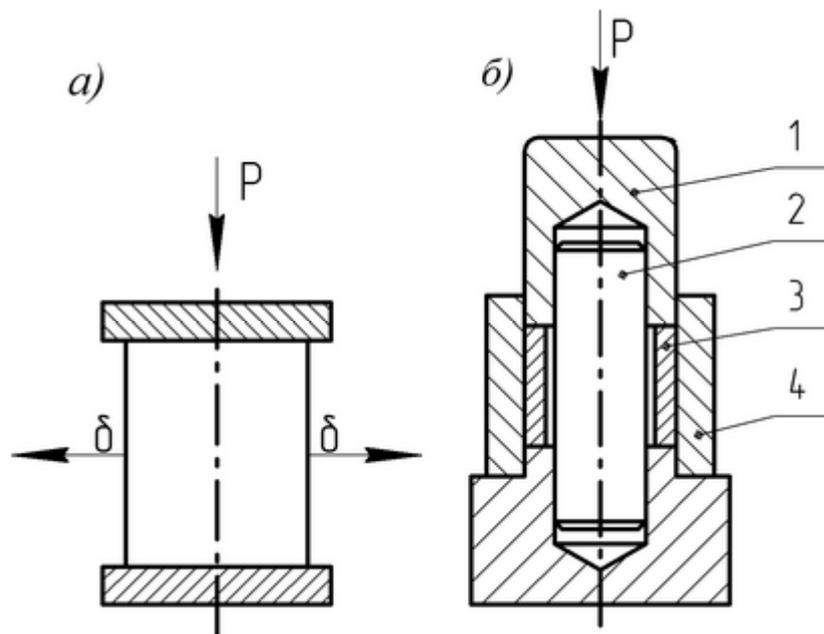


Рис. 2.5. Осадка: а – схема обработки; б – приспособление для осадки втулок; 1 – пуансон; 2 и 4 – оправки; 3 – восстанавливаемая деталь

При этом направление действующей силы  $P$  не совпадает с направлением требуемой деформации  $\delta$ . Осадку применяют при восстановлении шлицевых концов полуосей, толкателей клапанов, втулок из цветных металлов и других деталей.

Втулки из цветных металлов восстанавливают в холодном состоянии в специальных приспособлениях (рис. 2.5, б). Для сохранения во втулках выточек, канавок, отверстий в них устанавливают вставки соответствующих форм и размеров. В изношенную втулку 3 вставляют специальный палец, диаметр которого на 0,2 мм меньше диаметра окончательно обработанного отверстия. Давлением прессы втулка осаживается, заполняя весь зазор между пальцем и изношенной поверхностью. Затем производят механическую обработку отверстия втулки под требуемый размер. Уменьшение высоты втулок, воспринимающих большие удельные нагрузки, допускается не более чем на 8 %, а для втулок менее нагруженных – не более чем на 15 %.

*Раздачей* восстанавливают наружные поверхности полых деталей за счет направленного перемещения металла от отверстия к периферии. Направление действующей силы совпадает с направлением деформации (рис. 2.6, а).

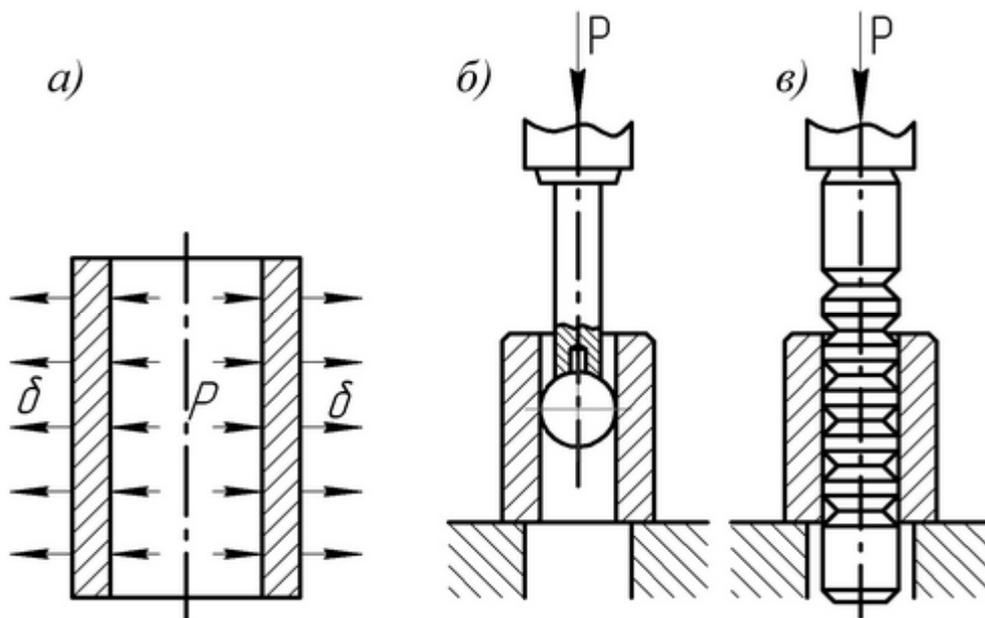


Рис. 2.6. Раздача: а – схема обработки; б – раздача шариком; в – раздача цилиндрической оправкой

Раздачей обрабатывают поршневые пальцы, шипы крестовины кардана, посадочные поверхности чашек коробки дифференциала, наружные цилиндрические поверхности под подшипники труб полуосей. Раздачу производят в холодном состоянии сферическими прошивками, шариками (рис. 2.6, б), пуансонами, вращающимися дорнами (рис. 2.6, в).

При восстановлении поршневых пальцев предварительно осуществляют их отжиг и затем раздачу путем продавливания через отверстие шариком. Наружный диаметр пальцев при деформировании шариком увеличивается на 0,05...0,07 мм, что с учетом припуска на механическую обработку достаточно для компенсации износа. Затем производят термическую, механическую обработку и дефектоскопию.

Эффективным процессом восстановления поршневых пальцев является *гидротермическая раздача*. Сущность ее заключается в том, что поршневые пальцы нагревают токами высокой частоты до температуры 790...860 °С, а затем, зажимая его по торцам, быстро охлаждают потоком воды, пропускаемой через внутреннюю полость пальца. При этом наружный диаметр пальца увеличивается до размера, достаточного для компенсации износа и создания припуска на шлифование.

*Обжатием* восстанавливают изношенные отверстия полых деталей за счет перемещения металла от периферии к центру. Направление действующей силы совпадает с направлением требуемой деформации (рис. 2.7).

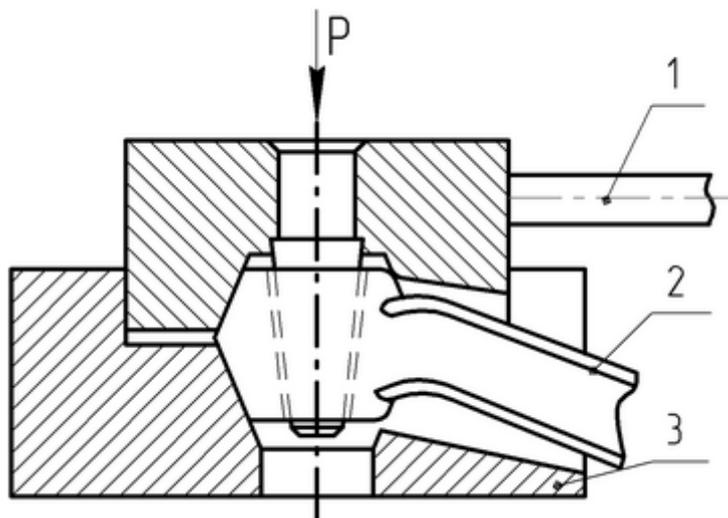


Рис. 2.7. Обжатие

Обжатием восстанавливают втулки из цветных металлов, отверстия в рулевых сошках и рычагах поворотных цапф, внутренние зубья и шлицы во фланцах и муфтах, сепараторы роликовых подшипников и другие детали.

При восстановлении конусного отверстия в бобышке рулевой сошки ее нагревают до температуры 900...950 °С и помещают в нижнюю обжимку 3 специального приспособления (рис. 2.7). Верхняя обжимка 1 имеет конусный палец, который входит в отверстие бобышки рулевой сошки 2. Давлением прессы верхняя обжимка перемещается до упора в нижнюю обжимку 3. Бобышка рулевой сошки обжимается, заполняя весь зазор между пальцем и изношенным отверстием. После обжатия рулевую сошку подвергают термической обработке, зачищают торцы бобышки и развертывают конусное отверстие до необходимого размера.

Изношенные по внутреннему диаметру гильзы цилиндров восстанавливают до нормальных размеров *термопластическим обжатием*.

Изношенную гильзу цилиндров 2 (рис. 2.8) устанавливают в матрицу 4 и с помощью индуктора 1 нагревают токами высокой частоты до температуры 840...880 °С. При этом матрица интенсивно охлаждается с помощью спрейера 3 водой. Вследствие ограничения свободного расширения в гильзе цилиндров при ее нагреве и охлаждении растут температурные напряжения. При достижении определенной их величины в радиальном направлении начинают развиваться пластические деформации, которые увеличиваются с повышением температуры.

При свободном остывании размеры гильзы цилиндров уменьшаются как в осевом, так и в радиальном направлениях. Уменьшение диаметра гильзы цилиндров зависит от толщины ее стенки, материала, температуры и скорости нагрева, интенсивности охлаждения и других факторов. Максимальная деформация в окружном направлении за один цикл составляет 0,75...1,0 мм.

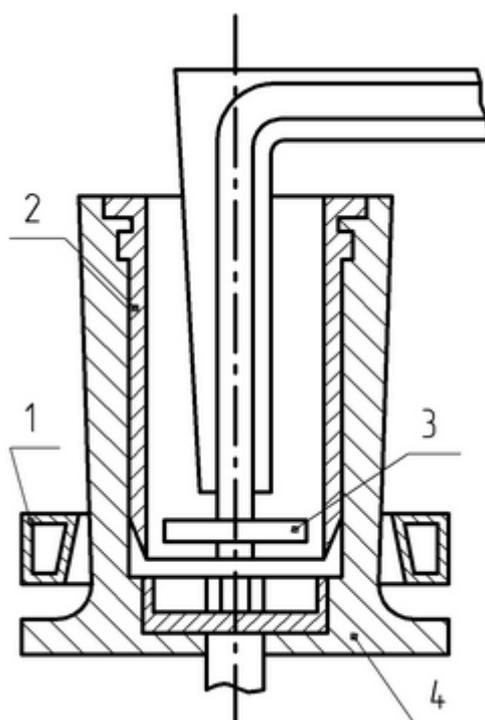


Рис. 2.8. Схема термопластического обжатия гильзы

*Вдавливание* применяется для увеличения размеров изношенных наружных поверхностей за счет перемещения металла из ограниченного участка ее нерабочей поверхности. Направление действующей силы не совпадает с направлением требуемой деформации (рис. 2.9, а).

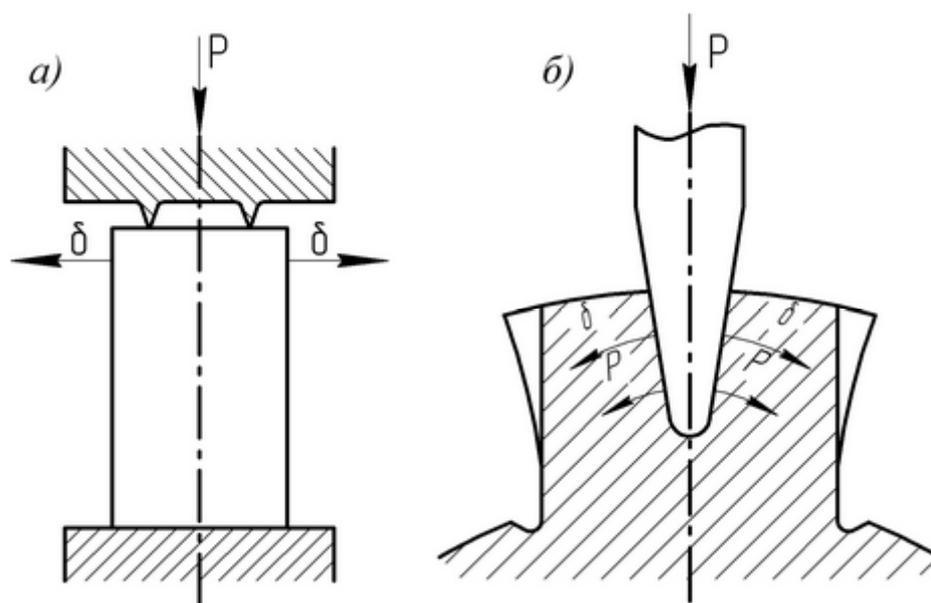


Рис. 2.9. Вдавливание: а – схема обработки; б – приспособление для восстановления шлицев

Вдавливанием восстанавливают зубья шестерен по толщине, шлицы на валах по толщине, сферическую поверхность шарового пальца, цилиндрический поясok и диаметр головки клапана, шатун при уменьшении расстояния между осями верхней и нижней его головок и другие детали. Изношенные шлицы восстанавливают по толщине на специальной установке путем проталкивания восстанавливаемого вала между роликами, свободно вращающимися на осях (рис. 2.9, б). Перед пластической деформацией шлицевую часть нагревают токами высокой частоты. Вдавливание роликов обеспечивает припуск в пределах  $0,20 \dots 0,25$  мм на сторону. Затем после наружного точения производят фрезерование шлицев на шлицефрезерном станке с последующей термической обработкой шлицевой части.

*Вытяжкой* увеличивают длину детали за счет местного сужения ее поперечного сечения на небольшом участке. Направление действующей силы не совпадает с направлением требуемой деформации (рис. 2.10). Вытяжкой удлиняют стержни, тяги, штанги, шатуны.

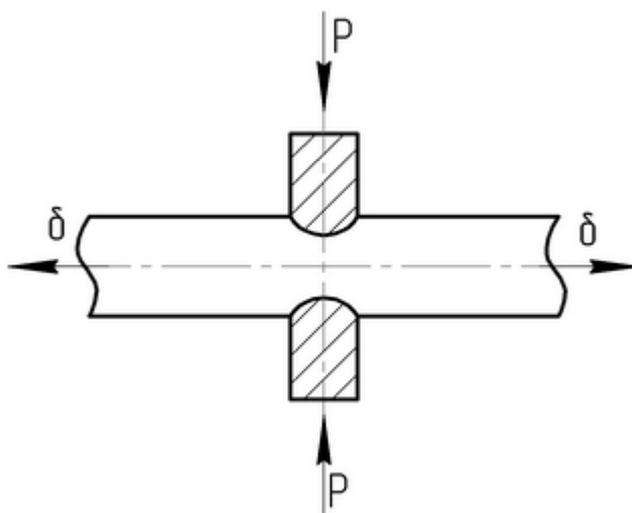


Рис. 2.10. Вытяжка

Для восстановления шатунов при уменьшении расстояния между осями верхней и нижней головок применяют специальные пневматические приспособления (рис. 2.11). Отверстием верхней головки шатун устанавливают на палец приспособления, а в отверстие его нижней головки устанавливают фиксатор и крепят шатун. Затем токами высокой частоты нагревают шатун, около

нижней головки, до температуры 800...1000 °С. Включают подачу воздуха в пневмоцилиндр, шток которого поворачивает закрепленное на оси корпуса коромысло и растягивает шатун до упора. В таком положении шатун охлаждают до температуры, не превышающей 400 °С. Затем растянутые шатуны подвергают закалке и отпуску для получения однородной структуры металла и одинаковой твердости по всей длине.

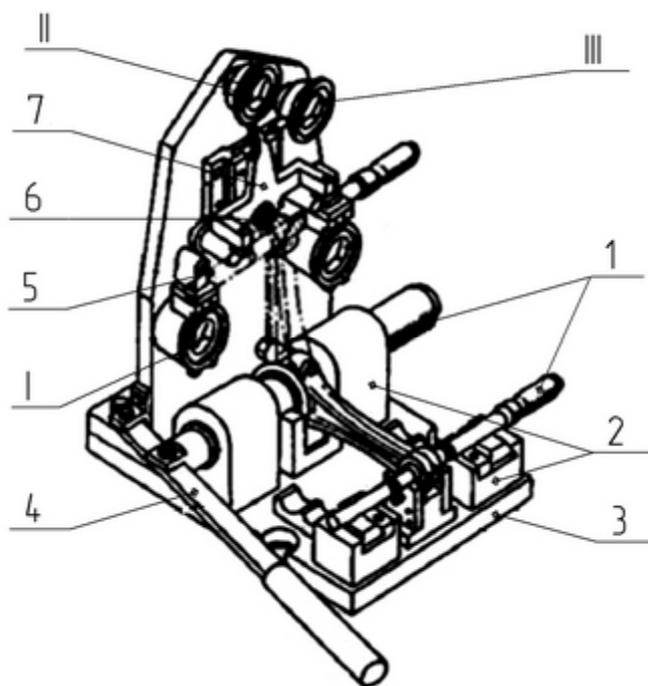


Рис. 2.11. Приспособление для правки шатуна

*Накатку* применяют для увеличения наружных и уменьшения внутренних размеров деталей за счет вытеснения металла из восстанавливаемой изношенной поверхности (рис. 2.12).

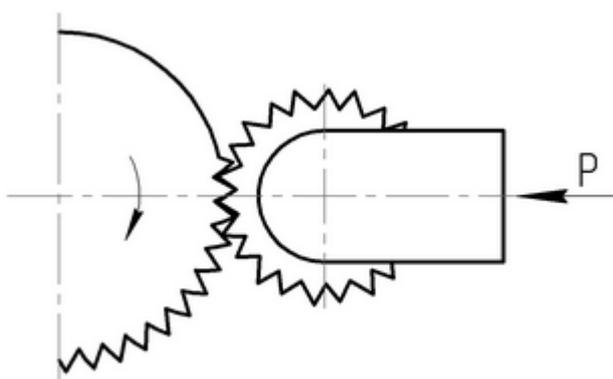


Рис. 2.12. Накатка

При накатке детали ее устанавливают в патроне или центрах токарного станка, а оправку с накаточным роликом или шариком на суппорте станка. Накаткой восстанавливают шейки валов под неподвижную посадку шариковых (роликовых) подшипников и др. Высота подъема металла на сторону не должна превышать 0,2 мм, а уменьшение опорной поверхности 50 %. Твердость восстанавливаемых деталей не должна превышать 25...30 HRC<sub>3</sub>. При более высокой твердости деталь подвергают отпуску. Накатку производят роликом с шагом 1,5...1,8 мм.

### 2.3.3. Восстановление деталей правкой

*Правку* применяют для устранения изгиба, скручивания и коробления, возникающих в процессе эксплуатации деталей, т. е. погрешностей формы. Размеры деталей с помощью правки не восстанавливаются. Правке подвергают коленчатые и распределительные валы, клапаны, шатуны, полуоси, балки передних осей, детали рамы, тяги и другие детали.

В авторемонтном производстве применяют правку статическим нагружением и наклепом. В зависимости от размера и конструкции детали правку производят в холодном состоянии и с нагревом. При холодной правке в деталях возникают внутренние напряжения, которые в процессе последующей работы детали могут суммироваться с внешними нагрузками, действующими на нее. Это может вызвать повторную деформацию детали. Кроме того, снижается усталостная прочность детали на 15...40 % за счет образования в поверхностных слоях детали мест с растягивающими напряжениями.

Для повышения качества холодной правки деталей применяют различные приемы. Это выдержка под прессом в течение длительного времени или двойная правка, заключающаяся в первоначальном перегибе детали с последующей правкой в обратную сторону. Лучшие результаты дает стабилизация правки детали последующей термической обработкой. Для всех ответственных деталей, которые подвергались окончательной термической обработке при температуре выше 500 °С, нагрев должен производиться до температуры 400...450 °С с последующей выдержкой в течение 0,5...1,0 ч. Допускается также нагрев деталей до темпе-

ратуры 200...250 °С с увеличением времени выдержки. При больших деформациях деталей из стали, а также при правке деталей из чугуна рекомендуется производить термообработку с подогревом до температуры 600...800 °С.

Горячая правка производится при температуре 600...800 °С для устранения больших деформаций детали. Если горячей правке подвергались термически обработанные детали, то после правки их необходимо вновь термически обработать.

При правке детали укладывают на призмы или подставки так, чтобы наибольший прогиб находился посередине и был обращен к штоку пресса (рис. 2.13). Детали сложной конфигурации правят в специальных приспособлениях.

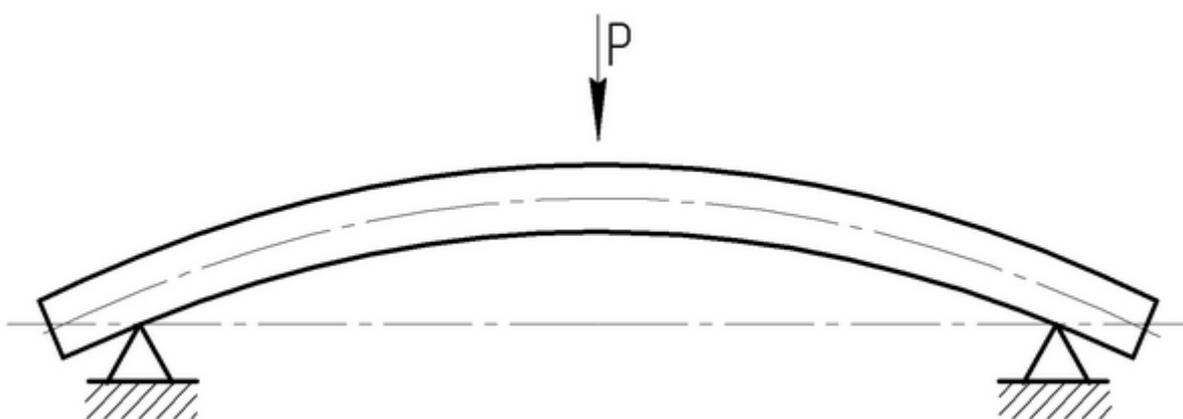


Рис. 2.13. Схема восстановления деталей правкой

Хорошие результаты дает правка коленчатых валов, листов рессор поверхностным наклепом. Правку производят пневматическим молотком с закругленным бойком для нанесения ударов на вогнутой стороне детали (рис. 2.14). В процессе наклепа поверхностные слои металла вытягиваются и вызывают обратный прогиб.

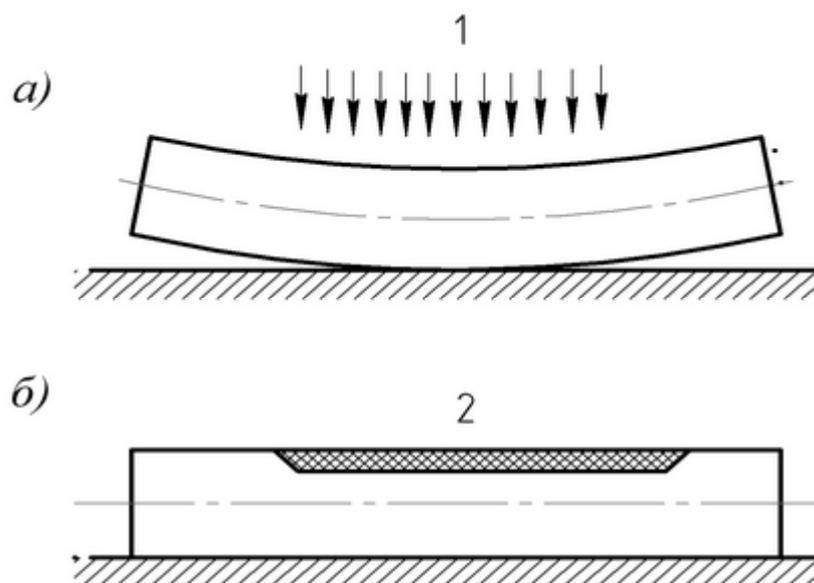


Рис. 2.14. Схема правки поверхностным наклепом: *а* – до наклепа; *б* – после наклепа; 1 – поверхностный наклеп; 2 – наклепанный слой

Для правки коленчатого вала наклепом его устанавливают в призмы приспособления и пневматическим молотком с угловым бойком наносят удары по соответствующей щеке коленчатого вала в зависимости от направления прогиба (рис. 2.15).

Правка наклепом по сравнению с правкой статическим нагружением имеет ряд достоинств: повышается производительность процесса, обеспечивается более высокая точность и не снижается усталостная прочность детали.

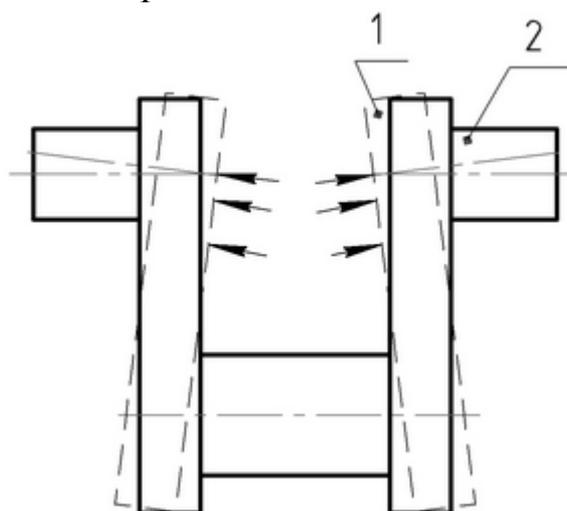


Рис. 2.15. Схема правки коленчатого вала наклепом: 1 – до правки; 2 – после правки

## 2.4. Восстановление деталей методами сварки и наплавки

### 2.4.1. Сущность методов сварки и наплавки

Эти методы восстановления деталей получили самое широкое распространение при ремонте (до 70 % восстанавливаемых деталей). Основной причиной этого является простота, дешевизна, возможность устранять с помощью этих методов самые различные типы дефектов.

*Сварка* – это процесс получения неразъемного соединения посредством установления межатомных связей между соединяемыми частями при их нагревании или пластическом деформировании. Сваркой устраняют трещины, приваривают отломанные и дополнительные детали, заваривают изношенные отверстия и др.

*Наплавка* – это процесс нанесения на поверхность детали слоя металла посредством сварки плавлением. Наплавкой восстанавливают изношенные поверхности деталей, наращивая изношенные поверхности.

В процессе сварки и наплавки возникают определенные технологические факторы, отрицательно влияющие на качество восстанавливаемой детали. К ним относятся:

- структурные изменения металла детали;
- появление внутренних напряжений;
- изменение химического состава металла детали.

*Структурные изменения* в материале детали вызываются термическим влиянием из-за сильного нагрева на границе сварочной ванны и основного металла детали. Характер этих изменений и размеры зоны термического влияния зависят от вида и режима сварки, химического состава свариваемых металлов, их начальной температуры и скорости охлаждения деталей. Чаще всего они приводят к изменению механических свойств детали, снижению твердости детали, нарушению термообработки. Размер зоны термического влияния при газовой сварке достигает 25...30 мм, а при электродуговой 2...6 мм. Чем больше мощность газовой горелки или выше сварочный ток, тем больше эта зона.

*Внутренние напряжения* появляются при сварке и наплавке деталей в результате их неравномерного нагрева, а также измене-

ния объема металла. При нагреве и охлаждении возникают внутренние напряжения, а иногда и трещины. Для уменьшения внутренних напряжений применяют различные виды обработки. Это отжиг при температуре 600...850 °С с последующим охлаждением вместе с печью или отпуск при температуре около 400 °С с последующей выдержкой при этой температуре в течение 3 ч и охлаждением на воздухе, подогрев детали перед сваркой.

Для этих же целей используют и технологические приемы. При выполнении наплавочных работ следует избегать наплавки излишнего металла. При малой толщине наплавки внутренние напряжения и деформации будут меньше. Также применяют сварку и наплавку уравнивающими валиками и обратноступенчатую сварку. Уравнивающие валики применяют при продольной наплавке шеек валов и осей. После наложения первого валика может возникнуть деформация детали. Поэтому второй валик накладывают, повернув деталь на 180 °С вокруг ее оси. Поворачивая каждый раз деталь для наложения очередного валика, можно добиться устранения деформации. При обратноступенчатой сварке место сварки разбивают на несколько участков и заваривают в направлении, обратном общему направлению сварки. Сварку коротких швов ведут от середины к концам.

*Изменение химического состава* вызвано тем, что при сварке расплавленный металл подвергается воздействию окружающего воздуха и окисляется, насыщается азотом и водородом, происходит выгорание легирующих элементов. Образующиеся окислы металла и азотнокислые соединения (нитриды) ухудшают качество наплавленного металла и затрудняют последующую его механическую обработку. Поэтому необходима надежная защита сварочной ванны от влияния окружающего воздуха и легирование ее необходимыми элементами. Для защиты расплавленного металла от воздействия воздуха и удаления образовавшихся окислов применяют флюсы. Флюсы разрушают окислы и образуют шлаки, которые, всплывая, создают шлаковую защиту. При газовой сварке и наплавке флюсы применяют в виде порошка или пасты, при ручной электродуговой сварке – в виде покрытий электродов. Для защиты расплавленного металла также применяют нейтральные газы.

Технологические процессы восстановления деталей сваркой и наплавкой включают в себя подготовку поверхностей деталей к сварке или наплавке, выполнение сварочных или наплавочных работ, обработку поверхностей деталей после сварки или наплавки.

Получение качественных сварных соединений зависит от подготовки дефектной поверхности детали. При устранении трещины ее концы засверливают сверлом диаметром 4...5 мм для предупреждения возможного дальнейшего распространения. Затем разделяют трещину при помощи шлифовального круга ручной шлифовальной машины или с помощью зубила. При толщине стенок восстанавливаемой детали до 5 мм трещину можно не разделять, а ограничиться зачисткой до металлического блеска поверхности вокруг трещины на ширину 12...15 мм.

При устранении облома изготавливают дополнительную ремонтную деталь по форме обломанной части. В местах стыковки основной и дополнительной ремонтных деталей зачищают скосы. При восстановлении резьбовых отверстий диаметром менее 12 мм производится зенкование отверстия под углом  $60^\circ$ , при диаметре более 12 мм – рассверливание отверстия до полного снятия старой резьбы. Аналогично подготавливаются гладкие отверстия небольшого диаметра. При восстановлении наружной резьбы изношенную резьбу обычно удаляют точением, так как в ее углублениях могут скапливаться загрязнения, препятствующие получению качественного покрытия.

Изношенные поверхности деталей подготавливают к наплавке очисткой стальной щеткой. Механическую обработку применяют в тех случаях, когда износ не превышает 1 мм. В противном случае рабочая поверхность детали после наплавки может оказаться в переходном слое, который имеет пониженные механические свойства. Отверстия или пазы, не подлежащие заварке, заделывают асбестом с графитовой пастой, медными и графитовыми вставками.

#### 2.4.2. Восстановление деталей ручной дуговой сваркой и наплавкой покрытыми электродами

Дуговая сварка металлическими электродами с покрытием в настоящее время остается одним из распространенных методов,

используемых при изготовлении сварных конструкций и в меньшей степени при ремонте. Это объясняется простотой и мобильностью применяемого оборудования, возможностью выполнения сварки в различных пространственных положениях и в местах, труднодоступных для механизированных способов сварки.

**Сущность способа.** К электроду и свариваемому изделию для образования и поддержания сварочной дуги от источников сварочного тока подводится постоянный или переменный сварочный ток (рис. 2.16).

Если сварка ведется постоянным током с «минусом» на детали, это считается сваркой с обратной полярностью, в противном случае – с прямой.

Дуга расплавляет металлический стержень электрода, его покрытие и основной металл. Расплавляющийся металлический стержень электрода в виде отдельных капель, покрытых шлаком, переходит в сварочную ванну. В сварочной ванне электродный металл смешивается с расплавленным металлом изделия (основным металлом), а расплавленный шлак всплывает на поверхность.

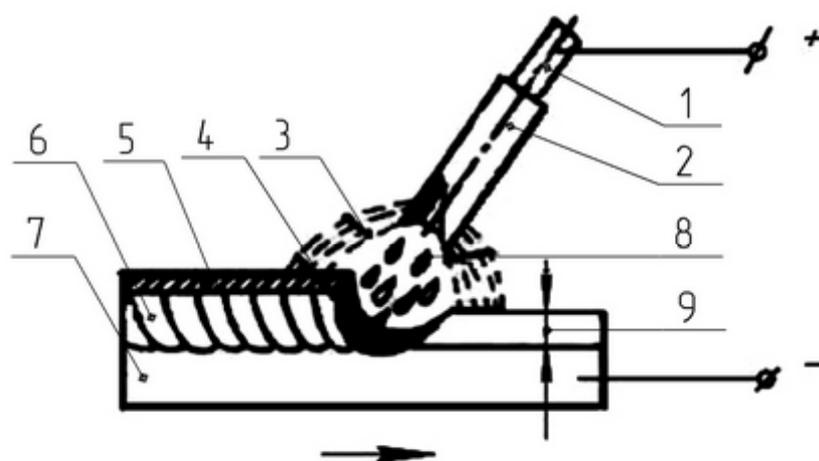


Рис. 2.16. Ручная дуговая сварка металлическим электродом с покрытием (стрелкой указано направление сварки):

- 1 – металлический стержень; 2 – покрытие электрода;  
 3 – газовая атмосфера дуги; 4 – сварочная ванна; 5 – затвердевший шлак; 6 – закристаллизовавшийся металл шва; 7 – основной металл;  
 8 – капли расплавленного электродного металла; 9 – глубина проплавления

Глубина, на которую расплавляется основной металл, называется *глубиной проплавления*. Она зависит от режима сварки (силы сварочного тока и диаметра электрода), пространственного положения сварки, скорости перемещения дуги по поверхности изделия (торцу электрода и дуге сообщают поступательное движение вдоль направления сварки и поперечные колебания), от конструкции сварного соединения, формы и размеров разделки свариваемых кромок и т. п. Размеры сварочной ванны зависят от режима сварки и обычно находятся в пределах: глубина до 7 мм, ширина 8...15 мм, длина 10...30 мм. Доля участия основного металла в формировании металла шва обычно составляет 15...35 %.

Расстояние от активного пятна на расплавленной поверхности электрода до другого активного пятна дуги на поверхности сварочной ванны называется длиной дуги. Расплавляющееся покрытие электрода образует вокруг дуги и над поверхностью сварочной ванны газовую атмосферу, которая, оттесняя воздух из зоны сварки, препятствует взаимодействиям его с расплавленным металлом. В газовой атмосфере присутствуют также пары основного и электродного металлов и легирующих элементов. Шлак, покрывая капли электродного металла и поверхность расплавленного металла сварочной ванны, способствует предохранению их от контакта с воздухом и участвует в металлургических взаимодействиях с расплавленным металлом.

Кристаллизация металла сварочной ванны по мере удаления дуги приводит к образованию шва, соединяющего свариваемые детали. При случайных обрывах дуги или при смене электродов кристаллизация металла сварочной ванны приводит к образованию сварочного кратера (углублению в шве, по форме напоминающему наружную поверхность сварочной ванны). Затвердевающий шлак образует на поверхности шва шлаковую корку.

Ввиду того что от токоподвода в электрододержателе сварочный ток протекает по металлическому стержню электрода, стержень разогревается. Этот разогрев тем больше, чем дальше протекание по стержню сварочного тока и чем больше величина последнего. Перед началом сварки металлический стержень имеет температуру окружающего воздуха, а к концу расплавления электрода температура повышается до 500...600 °С (при содержании в покрытии органических веществ – не выше 250 °С). Это

приводит к тому, что скорость расплавления электрода (количество расплавленного электродного металла) в начале и конце сварки различна. Изменяется и глубина проплавления основного металла ввиду изменения условий теплопередачи от дуги к основному металлу через прослойку жидкого металла в сварочной ванне. В результате изменяется соотношение долей электродного и основного металлов, участвующих в образовании металла шва, а значит, и состав и свойства металла шва, выполненного одним электродом. Это один из недостатков ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

Другие существенные недостатки ручной дуговой сварки и наплавки металлическим электродом – малая производительность процесса, сильная зависимость качества сварного шва от практических навыков сварщика и большая глубина термического влияния, что может привести к повреждению восстанавливаемой детали.

По этим причинам в ремонте автомобилей ручная дуговая сварка покрытыми электродами применяется в основном для восстановления крупногабаритных узлов (рамы, кузова грузовых автомобилей, дорожной и сельхозтехники) или для сварки в труднодоступных местах, где затруднен доступ другими видами сварки.

При ремонте легковых автомобилей ручную дуговую сварку покрытыми электродами применяют в основном в кузовном ремонте для постановки электрозаклепок. Электрозаклепками обычно выполняют сварку нахлесточных соединений. При толщине верхнего листа 3...4 мм сварку ведут с его проплавлением (рис. 2.17, б). При большой толщине верхнего листа (до 10 мм) в нем предварительно сверлят отверстие (рис. 2.17, а), диаметр которого на 4...5 мм больше диаметра электродной проволоки. Диаметр электрозаклепки равен двум-четырем толщинам верхнего листа. Зазор между деталями не должен превышать 1 мм. При небольшой толщине нижнего листа сварку для предупреждения прожога выполняют на медной подкладке (рис. 2.17, б).

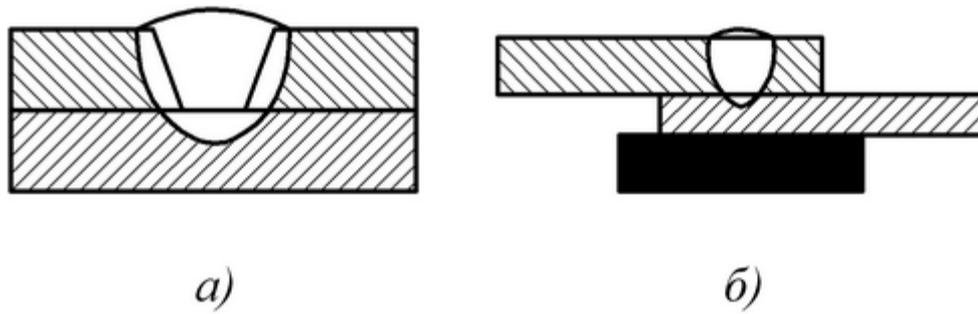


Рис. 2.17. Электрозаклепки, выполненные через отверстие в верхнем листе (а) и с проплавлением верхнего листа (б)

### 2.4.3. Восстановление деталей наплавкой под слоем флюса

Сущность наплавки заключается в защите электрической дуги и расплавленного металла от вредного воздействия атмосферного воздуха слоем сварочного флюса. Наплавка осуществляется при горении электрической дуги между электродной проволокой и деталью под толстым слоем сухого зернистого флюса, покрывающего наплавляемый участок поверхности детали (рис. 2.18).

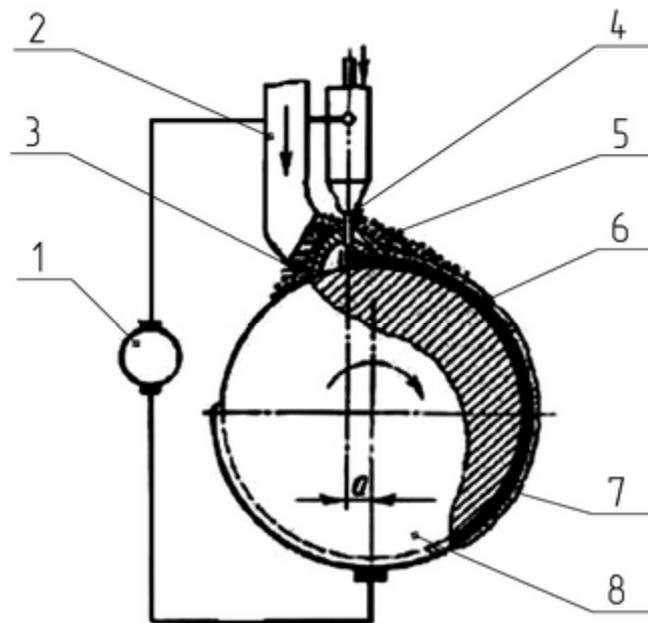


Рис. 2.18. Схема автоматической наплавки под слоем флюса:  
 1 – источник тока; 2 – флюсоподающий патрубок; 3 – оболочка из жидкого флюса; 4 – электродная проволока; 5 – электрическая дуга; 6 – шлаковая корка; 7 – наплавленный металл;  
 8 – наплавляемая деталь

Электрическая дуга плавит основной металл детали, электродную проволоку и флюс. Расплавленный флюс образует эластичную оболочку. Над поверхностью ванны расплавленного металла образуется полость, заполненная газами, надежно предохраняющая расплавленный металл от поступления атмосферного воздуха. Избыток газов происходит через расплавленный флюс наружу.

При наплавке цилиндрической поверхности деталь совершает вращательное движение, а электродная проволока – поступательное. При этом электродную проволоку смещают с зенита наплавляемой поверхности в сторону, противоположную направлению вращения детали, для предотвращения стекания расплавленного металла. Смещение  $a$  зависит от диаметра детали, и для деталей диаметром 40...100 мм оно составляет 4...8 мм. Для обеспечения наиболее гладкой поверхности наплавленного металла наплавка цилиндрических поверхностей проводится так, чтобы каждый последующий валик на треть перекрывал предыдущий. Шлицы наплавляют в продольном направлении, устанавливая конец электродной проволоки посередине впадины между шлицами.

При наплавке под флюсом получается наиболее совершенная защита расплавленного металла от воздуха, благодаря чему содержание в металле азота и кислорода незначительно и металл обладает высокой пластичностью. Кроме того, флюс улучшает качество наплавленного металла и обеспечивает его нормальное формирование при большой силе тока (плотности тока), при которой происходит наплавка. Флюс, покрывающий наплавленный металл, замедляет его охлаждение и увеличивает время пребывания в жидком состоянии, что способствует очищению ванны от неметаллических частиц и газов и, следовательно, получению наплавленного металла со значительно меньшим количеством шлаковых включений и микропор.

При автоматической наплавке используются плавные и неплавные керамические флюсы, а также флюсы-смеси.

Плавные флюсы получают сплавлением исходных материалов. В их состав входят шлакозащитные компоненты, стабилизирующие горение дуги, и др. Они имеют хорошую однород-

ность, высокие технологические свойства, недороги в изготовлении и преимущественно применяются при восстановлении деталей, так как обеспечивают стабильность химического состава наплавленного металла. Недостатком является невозможность введения в них ферросплавов. Наибольшее применение получили плавящие флюсы АН-348А, ОСЦ-45 и АН-15.

Керамические флюсы получают спеканием исходных материалов на жидком стекле. Они содержат ферросплавы и легирующие компоненты. Однако они дороги в изготовлении и неоднородны по своему составу. В практике наибольшее применение получили керамические флюсы АНК-3, АНК-18, АНК-30.

Флюсы-смеси приготавливают в основном из плавящих и керамических флюсов в различных соотношениях в зависимости от свойств, которые необходимо получить в наплавленном металле.

Электродную проволоку подбирают в зависимости от материала восстанавливаемой детали и требований, предъявляемых к ней в процессе эксплуатации. Для наплавки используют сварочную проволоку Св-08, Св-08А, Св-15ГСТЮЦА и наплавочную проволоку Нп-50, Нп-65, Нп-80, Нп-30ХГСА, Нп-40Х2Г2М, Нп-50ХФА и др. Проволоки марок Нп-2Х14, Нп-3Х13 применяются обычно для наплавки ответственных деталей с высокой поверхностной твердостью, проволока Нп-30ХГСА – для деталей, твердость которых не превышает 300...400 НВ.

Наиболее распространенный диаметр используемых электродных проволок 1,2...2,0 мм. При наплавке можно достичь высокой твердости наплавленной поверхности. Так, при наплавке под слоем флюса АН-348А проволокой Нп-65 твердость наплавленного металла 280...300 НВ, а при наплавке проволокой Нп-50ХФА твердость составляет 50...52 HRC<sub>3</sub>. Кроме электродной проволоки сплошного сечения, используют порошковую проволоку, представляющую собой трубку из тонколистовой низкоуглеродистой стали, заполненную порошком. В состав порошка входит металлический компонент, ферросплавы, шлако-, газообразующие и другие компоненты. Наплавка порошковой проволокой позволяет получать высокую твердость поверхности без термической обработки. Например, при наплавке проволокой ГТП-Нп-30Х2Н2Г под флюсом АН-348А твердость наплавленной поверхности достигает 44...51 HRC<sub>3</sub>, а при наплавке самоза-

щитной проволокой ПП-3Х13-0 твердость поверхности составляет 53...57 НRC<sub>3</sub>. В авторемонтном производстве для наплавки коленчатых валов применяют также смесь флюса АН-348-А, 25 % графита и 2 % феррохрома. При этом наплавка ведется проволокой Нп-80.

Автоматическая наплавка деталей под флюсом ведется на постоянном токе, при обратной полярности на станках У-651, У-653, У-652 (для коленчатых валов) или наплавочными аппаратами А-580М, ПАУ-1 и др. Для питания наплавочных установок током применяются преобразователи постоянного тока ПСО-500 (укомплектован автомат А-580М), ПСГ-500-1 или ПСУ-500 (укомплектован ПАУ-1).

Аппараты А-580М и ПАУ-1 устанавливаются на суппорте любого токарного станка, удовлетворяющего габаритам деталей и снабженного редуктором для понижения частоты вращения детали. Продольное перемещение головки осуществляется при помощи суппорта станка.

Примерный режим наплавки применительно к восстановлению автомобильных деталей наплавкой под флюсом может быть следующим:

|  |         |
|--|---------|
| Диаметр электродной проволоки, мм          | 1,2–1,8 |
| Напряжение дуги, В                         | 22–27   |
| Сила тока наплавки, А                      | 150–200 |
| Скорость подачи электродной проволоки, м/ч | 1,5–2,2 |
| Толщина наплавленного слоя, мм             | 0,8–2,5 |
| Продольная подача, мм/об                   | 3,5–5,0 |

Наплавку под флюсом применяют при восстановлении шеек коленчатого вала, шеек под подшипники и резьбы в картерах ведущих мостов, шлицевых поверхностей на различных валах.

Достоинствами автоматической наплавки под флюсом являются: высокая производительность процесса за счет применения больших плотностей тока; высокое качество наплавленного металла благодаря его защите от воздуха, а также легированию флюсом; экономия электроэнергии и электродной проволоки, которая достигается отсутствием потерь на излучение света и тепла; незначительные потери на угар и разбрызгивание; возможность получения наплавленного слоя большой толщины – 1,5...5 мм и более; равномерность слоя и небольшие припуски на последую-

щую обработку; независимость качества наплавленного металла от квалификации сварщика; улучшение условий труда сварщика благодаря отсутствию ультрафиолетовых излучений.

К недостаткам процесса относятся высокий нагрев детали при наплавке, невозможность наплавки деталей диаметром менее 40 мм из-за стекания расплавленного металла и сложности удержания флюса на поверхности детали, необходимость и определенная трудность удаления шлаковой корки.

#### 2.4.4. Восстановление деталей сваркой и наплавкой в среде защитных газов

Сварка и наплавка в защитных газах нашла широкое применение в ремонте. Этим способом можно соединять вручную, полуавтоматически или автоматически в различных пространственных положениях разнообразные металлы и сплавы толщиной от десятых долей до десятков миллиметров.

**Сущность способа.** При сварке в зону дуги 4 через сопло 2 непрерывно подается защитный газ 3 (рис. 2.19).

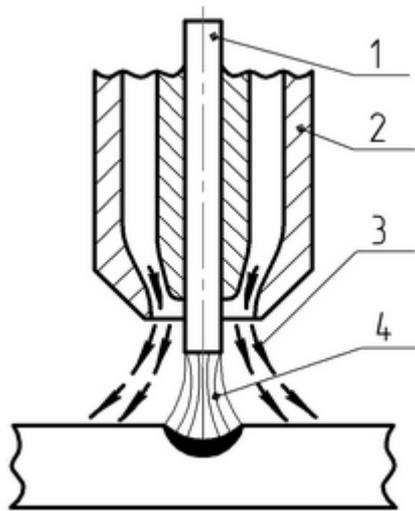


Рис. 2.19. Схема процесса сварки в защитной среде защитного газа: 1 – сварочная проволока; 2 – горелка; 3 – струя защитного газа; 4 – дуга

Теплотой дуги расплавляется основной металл и, если сварку выполняют плавящимся электродом, расплавляется и электродная проволока. Расплавленный металл сварочной ванны, кристаллизуясь, образует шов. При сварке неплавящимся электродом

тродом электрод не расплавляется, а его расход вызван испарением металла или частичным оплавлением при повышенном сварочном токе. Сварка и наплавка ведется на постоянном токе обратной полярности, в случае с неплавящимся электродом – прямой полярности.

Образование шва происходит за счет расплавления кромок основного металла или дополнительно вводимого присадочного металла. В качестве защитных газов применяют инертные (аргон и гелий) и активные (углекислый газ, водород, кислород и азот) газы, а также их смеси. Сквозняки или ветер при сварке, сдувая струю защитного газа, могут резко ухудшить качество сварного шва.

Углекислый газ надежно изолирует зону наплавки и обеспечивает получение наплавленного металла высокого качества с минимальным количеством пор. Однако в зоне наплавки углекислый газ под влиянием высокой температуры разлагается на кислород и окись углерода. Для предотвращения окисления расплавленного металла кислородом применяют электродную проволоку с повышенным содержанием раскисляющих элементов (кремния и марганца). При сварке широко применяется электродная проволока диаметром 0,8...2,0 мм – Св-08Г2С, Св-08ГС, Св-12ГС, а при наплавке – Нп-65Г, Нп-30ХГСА и порошковая проволока ПП-1Х14Т-0, ПП-Г13Н4-0 и др. Наплавка проволокой Нп-30ХГСА обеспечивает твердость наплавленного слоя 32...37 НРС<sub>3</sub>, а проволокой Нп-65Г – твердость до 51 НРС<sub>3</sub>.

Автоматическая наплавка применяется при восстановлении резьб, изношенных шеек под сальники и подшипники различных валов и других деталей цилиндрической формы.

При ремонте кузовов легковых автомобилей, кабин и оперения грузовых автомобилей, при сварке платформ автомобилей-самосвалов и других деталей, изготовленных из листовой стали небольшой толщины, применяют полуавтоматическую сварку в среде углекислого газа с помощью шланговых полуавтоматов. В настоящее время этот тип сварки является наиболее оптимальным для кузовного ремонта.

В состав наиболее распространенных – шланговых – полуавтоматов входят (рис. 2.20): горелка 1 со шлангом 2; механизм подачи электродной проволоки 5; кассета, катушка или другие

устройства 4, являющиеся емкостями для электродной проволоки; шкаф или блок управления 5 (если он конструктивно не объединен с источником питания); источник питания 6; провода для сварочной цепи 7 и цепей управления 8; редуктор и аппаратура для регулирования и измерения расхода газа 9; шланг для газа 10 (в полуавтоматах для сварки в защитных газах); подогреватель газа (в полуавтоматах для сварки в углекислом газе).

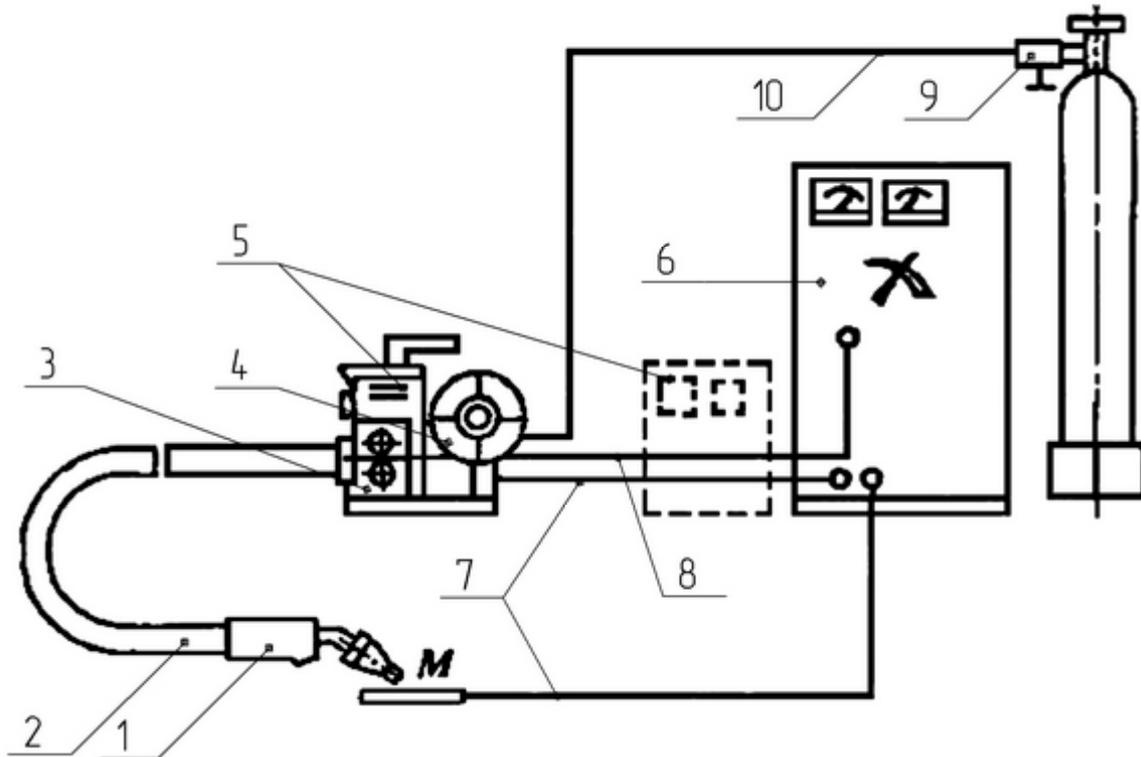


Рис. 2.20. Шланговый полуавтомат для сварки в защитных газах

Наплавкой в среде углекислого газа можно восстанавливать детали с небольшими диаметральными размерами с нанесением слоя небольшой толщины 0,8–1,0 мм. Наплавка может производиться как наложением валиков по винтовой линии, в случае восстановления цилиндрических поверхностей, так и продольными валиками при восстановлении плоскостей и шлицев. Для наплавки используются станки У-651, У-653 или полуавтоматы А-547Р, А-825М или наплавочные головки, применяемые для наплавки под флюсом. Источниками тока и аппаратурой может служить то же оборудование, что и для сварки в среде углекислого газа.

Для уменьшения толщины наплавленного металла и при-

пусков на механическую обработку, а также теплового воздействия дуги (наплавке подлежат малогабаритные детали с небольшим износом) необходимо применять электродную проволоку минимального диаметра. Вследствие небольших износов обычно применяются однослойные наплавки на режимах, ориентировочные значения параметров которых можно принять следующими (табл. 2.3)

Таблица 2.3

Параметры режимов однослойной наплавки

| $D$ детали, мм | $D_{пр}$ , мм | $I$ , А | $V_n$ , м/ч | $U_n$ , В |
|----------------|---------------|---------|-------------|-----------|
| 20–40          | 0,8–1,0       | 90–140  | 30–60       | 18–19     |
| 40–70          | 1,0–1,4       | 140–175 | 50–70       | 18–20     |
| 70–90          | 1,4–1,6       | 175–195 | 60–80       | 20–22     |

Сила тока наплавки устанавливается путем изменения скорости подачи электродной проволоки. Вылет электродной проволоки примерно в пределах 15–20 мм. С вылетом конца электродной проволоки связана надежность защиты расплавленного металла от воздуха. При большом вылете из-за удаления сопла от наплавляемой детали защита расплавленного металла ухудшается, что может быть причиной возникновения пор в покрытии. Кроме того, при слишком большом вылете происходит перегрев электродной проволоки и ее перегорание. Малый вылет проволоки приводит к закупориванию сопла брызгами металла и его обгоранию.

Шаг наплавки принимается равным  $2/3$  ширины наплавляемого валика. Смещение электрода с зенита в зависимости от диаметра наплавляемой детали составляет примерно 3–8 мм против направления движения.

Автоматическая наплавка в среде углекислого газа по сравнению с автоматической наплавкой под флюсом имеет следующие достоинства: меньший нагрев деталей, возможность наплавки деталей от 10 мм и выше, большую (на 30...40 %) производительность по площади наплавки, отсутствие необходимости уда-

ления шлаковой корки, возможность сварки и наплавки при любом пространственном положении, меньшую стоимость углекислого газа по сравнению с флюсом.

Недостатками способа являются необходимость применения легированной проволоки для получения наплавленного металла с требуемыми свойствами и необходимость защиты сварщика от излучаемой дуги.

#### 2.4.5. Восстановление деталей вибродуговой наплавкой

Сущность процесса заключается в электродуговой наплавке поверхности детали вибрирующей электродной проволокой в струе охлаждающей жидкости или защитного газа.

Способ наплавки деталей вибрирующим электродом при помощи автоматической головки с применением охлаждающей жидкости имеет ряд преимуществ перед другими способами наплавки: слабый нагрев восстанавливаемой детали, незначительная величина зоны термического влияния, в результате чего химический состав и физико-механические свойства детали почти не изменяются. Кроме того, применением электродной проволоки с соответствующим содержанием углерода можно получить все виды закалочных структур наплавленного металла, отличающегося достаточно высокой твердостью и износостойкостью. Наряду с этим структура и твердость наплавленного металла получаются неоднородными, по границам плавления отдельных валиков встречаются поры и микротрещины. Большие внутренние растягивающие напряжения, возникающие в покрытии, и дефекты структуры в виде пор и микротрещин резко снижают усталостную прочность деталей, работающих при знакопеременных нагрузках. Поэтому для таких деталей вибродуговую наплавку применять не рекомендуется.

Вибродуговую наплавку можно вести не только в среде охлаждающей жидкости, но и в среде защитных газов, под флюсом и др. В последнем случае наплавленный металл получается более однородной структуры, с меньшими внутренними напряжениями, что дает основание к применению способа (особенно с последующим упрочнением) для восстановления деталей, работающих при знакопеременных нагрузках.

Деталь, подлежащая наплавке, закрепляется в патроне или центрах токарного станка, и при круговой наплавке ей сообщается вращательное движение. На суппорт станка монтируется корпус автоматической головки (рис. 2.21), включающей механизм 5 подачи проволоки с кассетой 6, электромагнитный вибратор 7 с мундштуком 9. Конец электродной проволоки 10 приводится в колебательное движение при помощи вибратора 7, 8. Вследствие вибрации происходит замыкание и размыкание сварочной цепи между электродной проволокой 10 и деталью 1. Для подвода тока от источника 3 к детали используется скользящий контакт 2. Частота вибрации проволоки и, следовательно, замыкания и размыкания сварочной цепи составляет 50–100 Гц. Благодаря действию теплоты, выделяемой в момент замыкания и особенно размыкания сварочной цепи, происходит нагрев электродов, оплавление концов электродной проволоки и сваривание металлов. В зону наплавки металла через канал 4 при помощи насоса 11 подается охлаждающая жидкость; в результате происходит закалка наплавленного слоя металла. Кроме того, охлаждающая жидкость предохраняет детали от деформации и способствует более качественному протеканию процесса.

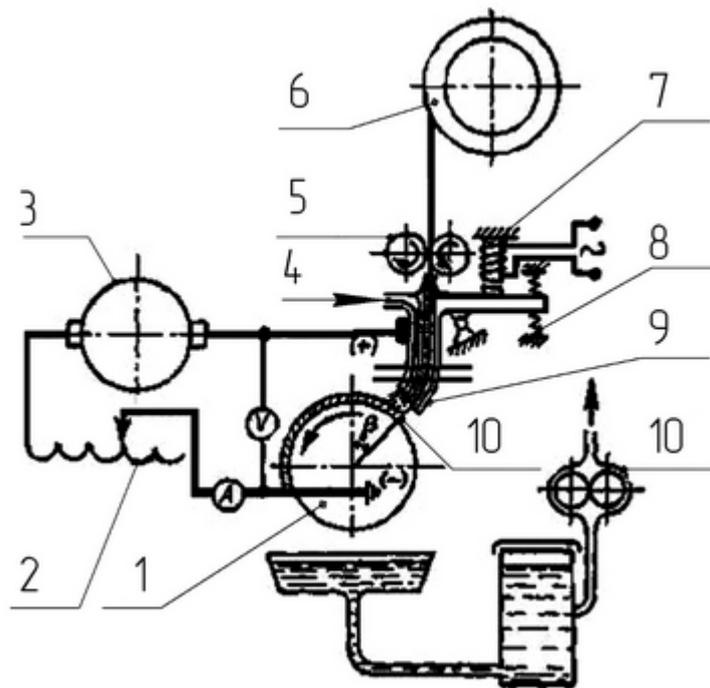


Рис. 2.21. Схема установки для вибродуговой наплавки

Процесс наплавки состоит из одинаковых коротких циклов, в каждом из которых происходит короткое замыкание электрода с поверхностью детали, размыкание электрода и холостой ход.

В момент короткого замыкания сварочной цепи напряжение резко падает до нуля, а сила тока быстро возрастает до максимального значения. При разрыве цепи напряжение между электродами мгновенно повышается до 24–30 В и возникает кратковременный дуговой разряд. Происходит оплавление металла проволоки, оставшегося на поверхности детали после короткого замыкания, плавление электрода и перенос капель расплавленного металла на поверхность детали. При дальнейшем увеличении электродного промежутка дуга гаснет, так как напряжение холостого хода источника тока становится недостаточным для поддержания стабильного дугового разряда. Затем цикл повторяется. При прерывистом процессе из-за высокой плотности тока, возникающей в момент размыкания цепи, ухудшается устойчивость процесса, увеличиваются потери металла на разбрызгивание из-за больших холостых ходов.

Теплота, выделяющаяся в периоды короткого замыкания, составляет 15–20 %, в периоды же дугового разряда 80–85 %. Отсюда следует, что расплавление металла и образование сварочной ванны происходят за счет основной теплоты, выделяющейся в период дугового разряда. Кроме электрических параметров на протекание процесса и качество наплавленного металла большое влияние оказывают вибрация электрода и охлаждающая жидкость. Частая вибрация электрода (50–100 раз в секунду) вызывает столь же частое возбуждение дуговых разрядов, что способствует устойчивости процесса и переносу электродного металла небольшими порциями.

Охлаждающая жидкость уменьшает тепловое воздействие дуги на деталь, способствуя уменьшению зоны термического влияния, выполняет функцию защиты от воздействия кислорода и азота воздуха и повышает скорость охлаждения наплавленного металла, что позволяет получать наплавленный металл закалочных структур с достаточно высокой твердостью и износостойкостью. В качестве охлаждающей жидкости применяется 4–6%-ный водный раствор кальцинированной соды или 20%-ный водный раствор технического глицерина.

Вибродуговая наплавка может производиться на постоянном или переменном токе. Наплавленный металл более высокого качества получается при наплавке на постоянном токе при обратной полярности.

Токарный станок, на суппорте которого устанавливается наплавочная головка, может быть взят любой марки при условии, что его размеры удовлетворяют габаритам восстанавливаемых деталей. Для уменьшения скорости вращения детали при круговой наплавке применяется редуктор, обеспечивающий минимальную частоту вращения детали – до 8 об/мин.

В авторемонтном производстве наибольшее распространение получила наплавочная головка УАНЖ-6 конструкции НИИАТ. Головка снабжается сменными мундштуками для наплавки деталей больших и малых диаметров, а также шлицев, для наплавки одновременно двумя электродными проволоками и для наплавки внутренних поверхностей.

К числу важных механических параметров, кроме величины вибрации, вылета электрода и состава охлаждающей жидкости, о которых говорилось ранее, относятся скорость подачи электродной проволоки, продольная подача головки (шаг наплавки) и расход охлаждающей жидкости. Скорость подачи электродной проволоки обычно принимается в пределах 1,2–2,0 м/мин, а скорость наплавки 0,3–2,0 м/мин; шаг наплавки 2,0–3,0 мм/об.

Марку электродной проволоки выбирают в зависимости от требуемых механических свойств наплавленного металла. При восстановлении стальных деталей для получения наплавленного металла твердостью 51...56 HRC<sub>3</sub> применяют проволоку Нп-65, Нп-80. Для получения твердости 37–41 HRC<sub>3</sub> наплавку ведут проволокой Нп-30ХГСА, а твердости 180...240 НВ – проволокой Св-08. Этими же марками проволок наплавляют чугунные детали. Кроме того, для получения высокой твердости наплавленного слоя применяют проволоку Св-15ГСТЮЦА.

Автоматическую вибродуговую наплавку применяют для восстановления изношенных наружных и внутренних цилиндрических поверхностей стальных и чугунных деталей, а также резьбовых и шлицевых поверхностей. Достоинствами данного способа являются возможность восстановления деталей диаметром 10...15 мм, небольшой нагрев детали, малая зона термического

влияния, возможность получения наплавленного металла требуемой твердости и износостойкости без термической обработки. Недостатком вибродуговой наплавки в струе жидкости является то, что наплавленная поверхность имеет микротрещины, снижающие предел прочности деталей на 30 %.

Для деталей, работающих в условиях знакопеременных нагрузок, применяют проволоки перечисленных марок, но вибродуговую наплавку ведут в среде углекислого газа, что значительно уменьшает количество пор и микротрещин в наплавленном слое. Твердость наплавленного металла 160...450 НВ.

#### 2.4.6. Восстановление деталей газопламенной сваркой и наплавкой

**Газопламенная обработка металлов** – это ряд технологических процессов, связанных с обработкой металлов высокотемпературным газовым пламенем. Наиболее широкое применение имеет газовая сварка и резка, которые, несмотря на более низкую производительность и качество сварных соединений по сравнению с электрическими способами сварки плавлением, продолжают сохранять свое значение при сварке тонколистовой стали, меди, латуни, чугуна. Преимущества газовой сварки и резки особенно проявляются при ремонтных и монтажных работах ввиду простоты процессов и мобильности оборудования. Кроме сварки и резки газовое пламя используется для наплавки, пайки, металлизации, поверхностной закалки, нагрева для последующей сварки другими способами или термической правки и т. д.

**Газовая сварка.** Газовое пламя чаще всего образуется в результате сгорания (окисления) горючих газов технически чистым кислородом (чистота не ниже 98,5 %). При горении горючих газов с использованием воздуха температура газового пламени низкая (не выше 2000 °С), так как много теплоты расходуется на нагрев азота, содержащегося в воздухе. В качестве горючих газов чаще всего используют ацетилен и пропан. Газовое сварочное ацетиленокислородное «нормальное» пламя имеет форму, схематически показанную на рис. 2.22. Во внутренней части ядра пламени 1 происходит подогрев газовой смеси, поступающей из сопла до температуры воспламенения. Зона 2 является наиболее

важной частью сварочного пламени (сварочной зоной). В ней происходит первая стадия сгорания ацетилена за счет кислорода, поступающего в сопло из баллона, в результате чего здесь развивается максимальная температура. Содержащиеся в сварочной зоне газы обладают восстановительными свойствами по отношению к оксидам многих металлов, в том числе и к оксидам железа. Поэтому ее можно назвать восстановительной. Содержание углерода в металле шва изменяется незначительно.

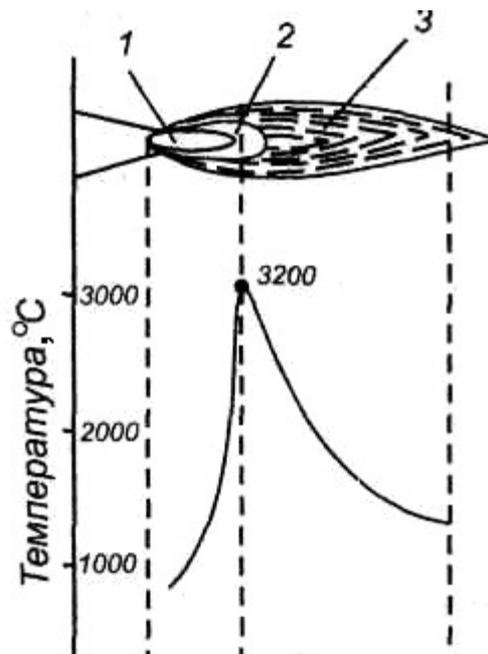


Рис. 2.22. Строение газового пламени

В зоне 3 или факеле пламени протекает догорание газов за счет кислорода воздуха. Содержащиеся в факеле газы и продукты их диссоциации окисляют металлы, т. е. эта зона является окислительной.

Вид ацетиленокислородного пламени зависит от соотношения в газовой смеси, подаваемой в горелку, кислорода и ацетилена  $\beta = O_2/C_2H_2$ . При  $\beta = 1,1 \dots 1,2$  пламя нормальное (см. рис. 2.23). При увеличении этого соотношения (например,  $\beta = 1,5$ ), т. е. относительном увеличении содержания кислорода (окислительное пламя), форма и строение пламени изменяются (см. рис. 2.23). При этом реакции окисления ускоряются, а ядро пламени бледнеет, укорачивается и приобретает коническую заостренную форму.

В этом случае сварочная зона утрачивает восстановительные свойства и приобретает окислительный характер (содержание углерода в металле шва уменьшается, выжигается).

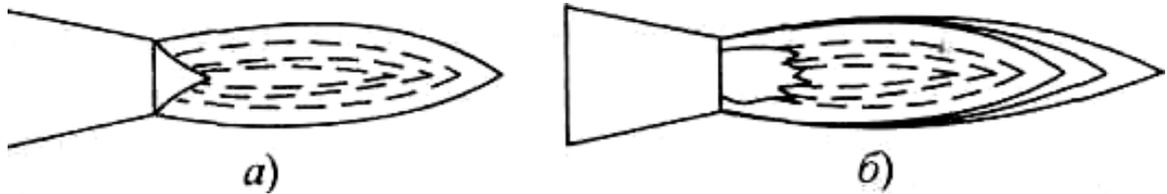


Рис. 2.23. Строение ацетилено-кислородного пламени:  
*а* – окислительное; *б* – науглероживающее

Ввиду относительно невысокого защитного и восстановительного действия пламени раскисление металла в сварочной ванне при сварке сталей достигается введением в нее марганца, кремния и других раскислителей через присадочную проволоку. Их действие основано на образовании жидкотекучих шлаков, способствующих самофлюсованию сварочной ванны. Образующиеся на поверхности сварочной ванны шлаки защищают расплавленный металл от кислорода, водорода и азота, газовой среды пламени и подсосываемого воздуха.

Зона термического влияния состоит из тех же характерных участков, как и при дуговой сварке. Однако ее ширина значительно больше (до 30 мм при сварке стали больших толщин) и зависит от режима газовой сварки.

В процессе сварки происходит расплавление основного и присадочного металлов. Регулирование степени их расплавления определяется мощностью горелки, толщиной металла и его теплофизическими свойствами.

Газовой сваркой выполняют сварные соединения различного типа. Металл толщиной до 2 мм соединяют встык без разделки кромок и без зазора или, что лучше, с отбортовкой кромок без присадочного металла.

Металл толщиной 2...5 мм с присадочным металлом сваривают встык без разделки кромок с зазором между кромками. При сварке металла свыше 5 мм используется V- или X-образная разделка кромок.

Тавровые и нахлесточные соединения допустимы только для металла толщиной до 3 мм. При большой толщине неравномерный разогрев приводит к существенным деформациям, остаточным напряжениям и возможности образования трещин. Свариваемые кромки зачищают от загрязнений на 30...50 мм механическими способами или газовым пламенем.

В качестве присадочного материала используют проволоку, соответствующую по химическому составу основному металлу. Малоуглеродистые стали сваривают проволокой Св-08А, Св-08ГА. Для сварки высокоуглеродистых и легированных сталей, а также для получения наплавленной поверхности повышенной твердости применяют проволоку Св-08Г2С, Св-2ГС, Св-18ХГСА. Малоуглеродистые стали сваривают без флюсов. Средние и высокоуглеродистые стали сваривают с применением технической буры.

Для сварки металла толщиной 0,5–3,0 мм наибольшее распространение получили горелки «Москва» и ГС-3 со сменными наконечниками № 1–7. Для сварки металла толщиной 0,2...4,0 мм применяют сварочные горелки малой мощности ГС-2, «Малютка», «Звездочка» со сменными наконечниками № 0–3.

Режим газовой сварки – это вид пламени и мощность горелки. Газовая сварка ведется нейтральным пламенем. Мощность горелки зависит от толщины свариваемого металла. Так, при толщине металла 1,0...1,5 мм применяют горелку с наконечником № 1, а при толщине 4...7 мм применяют наконечник № 4.

В целом метод газопламенной сварки, несмотря на то что он уступает другим методам сварки и наплавки по ряду параметров, вследствие своей универсальности до сих пор применяется в ремонтных предприятиях.

#### 2.4.7. Восстановление деталей плазменной сваркой и наплавкой

**Сущность способа.** Плазма – ионизированный газ, содержащий электрически заряженные частицы и способный проводить ток. Ионизация газа происходит при его нагреве. Степень ионизации тем выше, чем выше температура газа. В центральной части сварочной дуги газ нагрет до температур 5 000...30 000 °С, имеет высокую электропроводность, ярко светится и представ-

ляет собой типичную плазму. Плазменную струю, используемую для сварки и резки, получают в специальных плазмотронах, в которых нагревание газа и его ионизация осуществляются дуговым разрядом в специальных камерах.

Вдуваемый в камеру газ (рис. 2.24), сжимая столб дуги в канале сопла плазмотрона и охлаждая его поверхностные слои, повышает температуру столба. В результате струя проходящего газа, нагреваясь до высоких температур, ионизируется и приобретает свойства плазмы. Увеличение при нагреве объема газа в 50...100 и более раз приводит к истечению плазмы с высокими околозвуковыми скоростями. Плазменная струя легко расплавляет любой металл.

Дуговую плазменную струю для сварки и резки получают по двум основным схемам. При плазменной струе прямого действия изделие включено в сварочную цепь дуги, активные пятна которой располагаются на электроде и изделии. При плазменной струе косвенного действия активные пятна дуги находятся на электроде и внутренней или боковой поверхности сопла.

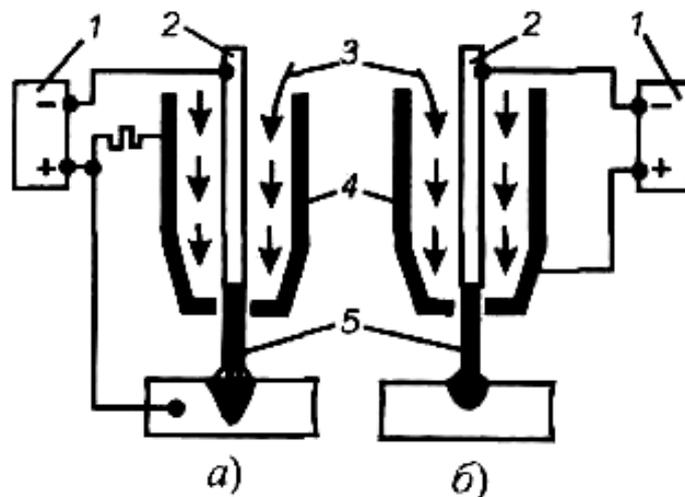


Рис. 2.24. Схемы получения дуговой плазменной струи:  
*а* – прямого действия; *б* – косвенного действия; 1 – источник тока;  
 2 – электрод; 3 – газ; 4 – сопло; 5 – плазменная струя

Дуговая плазменная струя – интенсивный источник теплоты с широким диапазоном технологических свойств. Ее можно использовать для нагрева, сварки, наплавки или резки как электро-

проводных металлов, так и неэлектропроводных материалов, таких как стекло, керамика и др.

Для плазменной наплавки плазменную струю получают в специальных плазменных горелках-плазмотронах. Плазмотрон типа ИМЕТ-107 (рис. 2.25) состоит из медного сопла и электрода, изготовленного из вольфрама диаметром 3...6 мм, изолированных друг от друга изоляционной прокладкой и через отдельные водяные рубашки охлаждаемых водой.

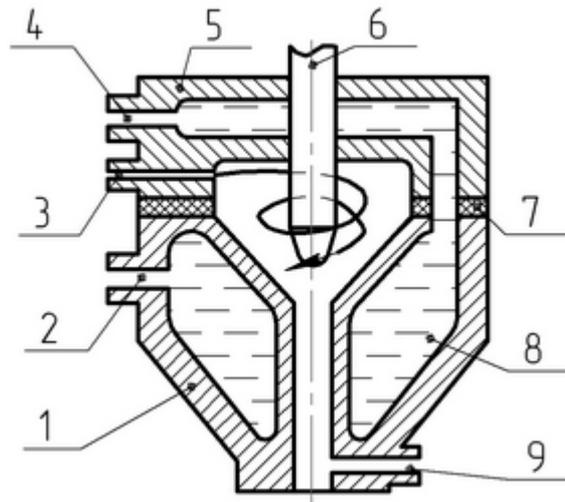


Рис. 2.25. Схема плазмотрона: 1 – сопло-анод; 2 и 4 – отверстия соответственно для входа и выхода воды; 3 – отверстие для входа плазмообразующего газа; 5 – корпус; 6 – катод; 7 – изолирующая прокладка; 8 – рубашка охлаждения; 9 – отверстие для присадочного материала (порошка)

В качестве плазмообразующего газа применяются воздух, аргон, гелий, азот, водород и их смеси. Сила тока в дежурной дуге 15...25 А, в основной дуге 150...200 А, рабочее напряжение 40...45 В. Расход плазмообразующего газа аргона составляет 1,5...2,5 л/мин. Расстояние от сопла до присадочной проволоки 5...8 мм, до детали 10...18 мм.

Плазменную наплавку производят на переоборудованном токарном станке. Деталь устанавливают в патроне или центрах станка, а плазмотрон и механизм подачи проволоки – на суппорте. Промышленностью выпускаются и специальные установки для плазменной наплавки: УН-126, 05.12.351 «Ремдеталь» и др.

Плазменная наплавка применяется для восстановления толкателей, клапанов, коленчатых и распределительных валов, крестовин кардана и дифференциала и других деталей, работающих при больших нагрузках, высокой температуре и в агрессивной среде.

Достоинствами способа являются возможность наплавления на поверхность деталей различных материалов, высокое качество наплавляемого металла, малая глубина проплавления основного металла, возможность наплавки тонких слоев и высокая производительность процесса.

#### 2.4.8. Другие методы сварки и наплавки

**Контактная сварка.** Сущность контактной сварки заключается в нагреве места соединения деталей до расплавления и пластической деформации их с целью получения неразъемного соединения. В зависимости от характера соединения различают различные виды контактной сварки.

**Стыковая сварка.** Применяется при ремонте полуосей, карданных валов, хомутов рессор и других деталей. При стыковой сварке с непрерывным оплавлением соединяемые детали свариваются встык по всей плоскости их касания (рис. 2.26, а). Для этого свариваемые детали устанавливают в зажимах машины, прижимают небольшим усилием  $P$  одну к другой и пропускают по ним электрический ток. В результате большого сопротивления, которое встречает проходящий через детали ток, происходит нагрев и оплавление деталей в местах их стыка. От оплавления к осадке переходят мгновенно. Осадка начинается при включенном токе и заканчивается при выключенном. Плотность тока составляет  $10 \dots 50 \text{ А/мм}^2$ .

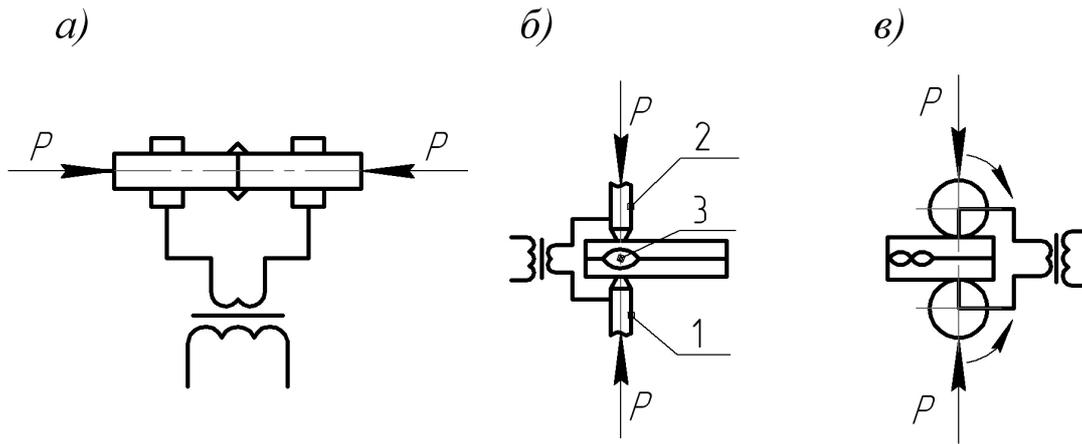


Рис. 2.26. Схемы контактной сварки: *а* – стыковой; *б* – точечной; *в* – шовной; 1 и 2 – электроды; 3 – сварная точка

**Точечная сварка.** Применяется для соединения деталей из тонколистового материала. Заготовки устанавливают и плотно прижимают между торцами медных электродов контактной машины (рис. 2.26, *б*). Затем через электроды и детали пропускают электрический ток большой силы. В месте контакта деталей из-за повышенного электрического сопротивления выделяется теплота, под действием которой центральная часть деталей нагревается до расплавления, образуя расплавленное ядро металла. Ток выключается, и давлением электродов заготовки выдерживают до кристаллизации расплавленного металла в ядре сварной точки, обеспечивая прочное их соединение. Плотность тока составляет  $120 \dots 3600 \text{ А/мм}^2$ , время сварки  $0,2 \dots 1,5 \text{ с}$ .

**Шовная сварка.** Так же как и точечная сварка, этот вид сварки предназначен для соединения деталей из тонколистового материала. Заготовки устанавливают между вращающимися токоподводящими дисковыми электродами, на которые действует усилие механизма сжатия, в результате чего получают сплошной сварной шов (рис. 3.26, *в*). Шовную сварку применяют при необходимости получения сплошного шва, обеспечивающего плотность и герметичность соединения, например при ремонте кузовов, кабин, топливных баков.

**Индукционная наплавка.** Сущность способа заключается в том, что на поверхность восстанавливаемой детали наносится слой специальной шихты, которая затем расплавляется токами высокой частоты, образуя слой наплавленного металла. Для на-

плавки применяют шихту различных составов в зависимости от требуемых свойств наплавленного металла. Например, для восстановления фасок клапанов двигателей используют шихту следующего состава: чугунный порошок – 60 %, феррохром – 20 %, железный порошок – 20 %. Связующими веществами являются жидкое стекло и крахмал, на котором замешивают порошковую смесь шихты. Полученную пасту наносят на поверхность детали в виде обмазки, после чего покрытие сохнет на воздухе в течение 8...10 ч. Кроме пасты используют и брикеты, которые прессуют из пастообразной шихты и после сушки на воздухе подвергают обжигу. При наплавке слоя металла толщиной более 2 мм применяют постоянные или разовые керамические формы, исключаяющие стекание жидкого сплава. Шихта расплавляется в индукторе специальной установки токами высокой частоты. Для равномерного нагрева в процессе наплавки клапану придается вращение 170...200 об/мин. Продолжительность индукционной наплавки 55...60 с. Индукционной наплавкой восстанавливают не цилиндрические поверхности деталей – сферическую поверхность коромысел клапанов и рычагов нажимного диска сцепления, фасок клапанов.

**Лазерная сварка и наплавка.** Сущность процесса заключается в использовании светового потока электромагнитных излучений высокой интенсивности для сварки и наплавки деталей. Для лазерной сварки и наплавки в промышленности применяются: лазерные установки импульсного действия на твердом излучателе-кристалле рубина и лазерные установки непрерывного режима с газовым генератором, в котором в качестве рабочего тела используется смесь углекислого газа, азота и гелия.

Лазерная установка импульсного действия состоит из оптического квантового генератора (лазера), источника питания, оптической системы фокусировки лазерного луча, системы подачи инертного газа.

В процессе работы установки лазер излучает световой поток. Усиление излучения из активного элемента обеспечивается отражателем и зеркалом, которые направляют лазерный луч на полупрозрачное зеркало и через поворотное зеркало и фокусирующую линзу на наплавляемую деталь. Одновременно в зону наплавки подается наплавляемый материал в виде самофлюсую-

щихся порошков. Для защиты расплавленного металла от окисления в зону наплавки через сопло подается аргон.

Лазерная наплавка применяется при восстановлении кулачков распределительных валов, шипов крестовины кардана, плунжеров, толкателей топливных насосов и других деталей с незначительным износом. По сравнению с другими способами, лазерная сварка и наплавка обладают существенными преимуществами: возможностью наращивать любые, в том числе и труднодоступные изношенные участки поверхности; возможностью регулирования количества тепловой энергии, выделяемой в зоне нагрева; отсутствием тепловых деформаций в зоне нагрева.

К числу недостатков лазерных установок относятся ограниченная мощность их излучения и очень высокая стоимость установки.

#### 2.4.9. Особенности сварки чугуна

Для изготовления многих деталей автомобилей применяют серый чугун. Из серого чугуна изготавливают все сложные литые детали: блоки цилиндров, головки блоков, картеры маховиков, корпуса водяных и масляных насосов, картеры коробки передач, ступицы передних колес и ряд других.

Наиболее распространенными дефектами указанных деталей являются различные трещины, отколы, пробоины, срыв или износ резьбы и т. п.

Заварка трещин в сложных по конфигурации тонкостенных автомобильных деталях из серого чугуна представляет определенные трудности, обуславливаемые следующими свойствами чугуна: высоким содержанием углерода, низкой пластичностью и ударной вязкостью, высокой чувствительностью к нагреву и необратимым изменением объема при нагревании (рост чугуна).

В процессе сварки чугуна в деталях возникают внутренние напряжения вследствие высокого местного нагрева и быстрого охлаждения. Результатом возникших напряжений может быть появление трещин по шву, а иногда и в основном металле; быстрое охлаждение ведет к отбеливанию чугуна, особенно в тонкостенных деталях.

Сварку чугунных деталей ведут с местным или общим нагревом и без нагрева деталей. Выбор способа сварки зависит от

вида и места расположения дефекта (трещины, отколы и т. п.), сложности отливки, требуемой прочности и др.

**Газовая сварка чугуна.** Для таких деталей, как блоки и головки цилиндров более надежным способом является ацетиленокислородная сварка с предварительным нагревом до 600–650 °С.

Для нагрева деталей целесообразно применять двухкамерные муфельные и электрические печи. Общим требованием является равномерный нагрев детали и защита металла от непосредственного воздействия пламени во избежание его загрязнения и науглероживания. При нагреве до этой температуры и последующем медленном охлаждении отбеливания и образования закаленных участков в чугуне не происходит и трещины не появляются.

Газовую сварку ведут нейтральным пламенем или с небольшим избытком ацетилена; сварочные горелки выбирают так, чтобы обеспечивалась мощность пламени из расчета расхода 100–120 л/ч ацетилена на 1 мм толщины металла.

Присадочным материалом могут быть чугунные прутки диаметром 6–8 мм марки А. Удобно для этих целей использовать обломки поршневых чугунных колец.

Расплавленный чугун усиленно поглощает кислород воздуха и покрывается пленкой окислов. Так как температура плавления чугуна 1200 °С, т. е. ниже температуры плавления его окислов (1400 °С), при сварке необходимо применять флюсы. Применяются следующие флюсы: 1) бура ( $\text{Na}_4\text{B}_4\text{O}_7$ ); 2) смесь, состоящая из 50 % буры, 47 % двууглекислого натрия ( $\text{NaHCO}_3$ ) и 3 % окиси кремния ( $\text{SiO}_2$ ); 3) смесь из 56 % буры, 22 % углекислого натрия ( $\text{NaHCO}_3$ ) и 22 % углекислого калия ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ). Флюс вносят в ванну путем погружения в него нагретого конца присадочного прутка. В процессе сварки блок или головка блока не должны охлаждаться ниже 500 °С. Для поддержания температуры применяются термоизоляционные кожухи. После сварки трещины термоизоляционный кожух снимают и деталь подвергают отжигу при температуре 600–650 °С для снятия внутренних напряжений. После отжига деталь медленно охлаждают вместе с печью. Затем производят зачистку шва от брызг металла и шлака стальной щеткой и слесарную обработку. После сварки блок или головку подвергают гидравлическому испытанию на специальных стендах.

**Электросварка чугуна.** Изложенный способ сварки чугунных деталей с предварительным нагревом является более надежным, но весьма трудоемким. Поэтому во всех случаях, когда место, величина и характер расположения трещин позволяют вести сварку электродуговым способом без нагрева, целесообразно им пользоваться. Для холодной сварки чугунных деталей могут применяться несколько марок электродов: ОЗЧ-1, МНЧ-1, ЖНБ-1 и др. Электроды ОЗЧ-1 состоят из медного стержня М-2, М-3 с фтористо-кальциевым покрытием типа УОНИ-13/55 (основным), содержащим до 50 % железного порошка. Сварку этими электродами ведут короткой дугой с небольшими участками (30–60 мм), на постоянном токе обратной полярности.

Сила тока при диаметре электрода 3–5 мм составляет 110–190 А. Каждый участок шва сразу после сварки проковывают и возобновляют сварку лишь после охлаждения шва до 50–60 °С. Металл шва отличается высокой пластичностью и прочностью, содержит до 89 % *Cu* и 11 % *Fe*.

Для повышения плотности шва целесообразно применение электродов ОЗЧ-1 в сочетании с электродами МНЧ-1, которыми наплавляется последний слой. Электроды МНЧ-1 изготавливаются из монет металла (*Ni* – 63 %, *Cu* – 37 %) диаметром 3–5 мм с фтористо-кальциевым покрытием. Сварка ведется на постоянном токе обратной полярности небольшими (20–30 мм) участками, предельно короткой дугой, с проковкой каждого участка и возобновлением сварки после охлаждения шва до 50–60 °С. При диаметре электрода 3–5 мм сила сварочного тока составляет 100–190 А. Металл шва представляет собой железо-никелемедный сплав высокой пластичности, низкой твердости и хорошей обрабатываемости.

Вместо электродов МНЧ-1 можно применять электроды ЖНБ-1, стержень которых изготавливается из железо-никелевого сплава (*Ni* – 55 %, *Fe* – 45 %) с покрытием основного типа. Технология сварки та же, что и электродами МНЧ-1. Электроды, содержащие 60 % *Ni* и 40 % *Fe*, считаются наиболее подходящими для холодной сварки чугуна как обеспечивающие хорошие механические свойства соединения.

Электроды ЦЧ-4 имеют стержень из электродной проволоки Св-08 или Св-08А с фтористо-кальциевым покрытием, содержа-

щим феррованадий. Эти электроды целесообразно применять при заварке трещины, для обварки кромок разделанной канавки с целью получения на этих участках плотного и пластичного шва. Заполнение же впадины канавки производится электродами УОНИ-13/45. В случае же использования для заварки трещин одних электродов ЦЧ-4 сварку ведут на постоянном токе (90–180 А) обратной полярности, участками 30–60 мм, с проковкой шва и возобновлением сварки после охлаждения до 50–60 °С.

Для заварки трещин в блоках цилиндров, в том числе и трещин в перемышках между клапанными гнездами и цилиндрами, применяется полуавтоматическая сварка проволокой МНЖКТ-5-1-0,2-0,2 в среде аргона. Сварка ведется с помощью установки для ручной аргонодуговой сварки или полуавтоматов А-547У, А-825М и других. электродной проволокой диаметром 1,0–1,2 мм на постоянном токе (80–120 А) обратной полярности и напряжении 20–26 В, при скорости подачи проволоки 7–11 м/мин и расходе аргона 6–9 л/мин.

Одним из наиболее современных методов является сварка чугуна с использованием самофлюсующейся проволоки на никелевой основе ПАНЧ-11, на железо-никелевой основе ПАНЧ-12, на медно-никелевой основе МН-25, на медной основе МрЗКМцТ-03-03-1-03, создана порошковая проволока ПАНЧ-7 на основе стальной ленты и специальной шихты.

При полуавтоматической сварке проволокой ПАНЧ-11 процесс протекает стабильно, без разбрызгивания металла. Металл шва плотный и прочный, хорошо обрабатывается. Для сварки используют полуавтоматы А-547У, А-825М и др. Сварочная проволока ПАНЧ-12 содержит до 25 % железа, имеет более низкую стоимость, чем ПАНЧ-11, на 30...35 % возрастает значение временного сопротивления металла шва. Сварку проволокой МрЗКМцТ-03-03-1-03 рекомендуется применять для устранения сквозных дефектов у тонкостенных деталей.

Порошковую проволоку ПАНЧ-7 применяют для устранения сквозных и несквозных повреждений средних размеров на обрабатываемых и необрабатываемых поверхностях деталей.

Ковкий чугун обладает наибольшей склонностью к отбеливанию. Поэтому его сварку необходимо выполнять при температуре более низкой, чем температура распада углерода отжига, т. е. ниже 950 °С. Хорошие результаты дает применение пайки-

сварки электродами Л ОМН А-49-05-10-4-04, Л 62, Л 63, Л ОК59-1. Пайку-сварку производят ацетиленокислородным пламенем с использованием флюсов МАФ-1 и ФПСН-2, обеспечивающих хорошую растекаемость и смачиваемость поверхности чугунных деталей. Прочность паяно-сварного соединения достаточно высокая.

Перед сваркой трещин в блоках цилиндров любыми из изложенных способов производят расфасовку трещины под углом  $120\text{--}140^\circ$  на глубину 3–5 мм и сверление отверстий диаметром 3–4 мм по концам трещины. Место сварки тщательно очищается от грязи, масла и коррозии. Наиболее часто встречающиеся дефекты блоков цилиндров и возможные способы их устранения сваркой приведены в работе [3]. Сварка других чугунных деталей по сравнению со сваркой блоков цилиндров не представляет трудностей.

#### 2.4.10. Особенности сварки алюминиевых сплавов

Блоки цилиндров, головки блока, картеры сцепления, удлинители картеров коробок передач, впускные трубопроводы изготавливаются из алюминиевых сплавов АЛ-4, АЛ-9 и др. Характерными повреждениями автомобильных алюминиевых деталей являются трещины между отверстиями для крепления головки, между гнездами под свечи зажигания, различные пробоины в стенках и др.

Алюминиевые сплавы легко окисляются, и поэтому на поверхности деталей всегда находится пленка окиси алюминия, имеющая температуру плавления  $2050^\circ\text{C}$ . Высокая теплопроводность способствует быстрому отводу тепла от места сварки, поэтому необходим предварительный подогрев детали или мощный источник тепла. Неизменный цвет алюминиевых сплавов при нагревании также затрудняет сварку. Большая усадка алюминиевых сплавов при охлаждении из расплавленного состояния и высокий коэффициент линейного расширения вызывают внутренние напряжения. Для их снижения деталь перед сваркой целесообразно подогреть до температуры  $250\text{--}300^\circ\text{C}$ . Современные способы сварки алюминиевых сплавов обеспечивают качественное их восстановление.

Электродуговая сварка осуществляется на постоянном токе при обратной полярности. В качестве присадочного материала используют электроды ОЗА-2. Сердечник электрода изготавливают из сварочной алюминиевой проволоки Св-АК5 или Св-АК10. Покрытие электрода ОЗА-2 обладает большой способностью к влагопоглощению. Перед применением электроды прокаливают при температуре 200...300 °С в течение 1–1,5 ч. При толщине стенок детали менее 4 мм затруднительно устранять дефекты ручной электродуговой сваркой из-за возможности прожога стенок. После окончания сварки сразу же удаляют остатки присадочного материала промывкой теплой водой и очисткой металлической щеткой.

Газовая сварка производится нейтральным пламенем с использованием флюса АФ-4А. В качестве присадочного материала используют прутки того же состава, что и свариваемый металл, а также сварочную алюминиевую проволоку Св-АК5, Св-АК10. Для предотвращения коррозии металла остатки флюса сразу же после окончания сварки следует удалить. Поверхность шва и околошовной зоны смачивают теплой водой и прочищают стальной щеткой до блеска.

При аргонодуговой сварке соединяемые кромки детали и присадочный материал нагревают теплом электрической дуги, образующейся между вольфрамовым электродом и деталью. Сварку производят без флюса, так как из сопла горелки непрерывно подается аргон, который предохраняет расплавленный металл шва от окисления воздухом. В качестве присадочного материала используют прутки того же состава, что и основной металл, и проволоку Св-АК5, Св-АК10. Восстановление деталей осуществляется на установках УДАР-300, УДАР-500, УДГ-301, УДГ-501.

Аргонодуговая сварка по сравнению с ацетиленокислородной и электродуговой имеет следующие преимущества: более высокая производительность процесса (в 3...4 раза); меньшая интенсивность излучения дуги (в 4...8 раз); более высокое качество сварных соединений; отсутствие необходимости в применении флюсов и электродных покрытий.

## 2.5. Восстановление деталей методами пайки

Сущность пайки заключается в получении неразъемных соединений деталей в твердом состоянии при помощи расплавленного сплава (припоя), имеющего температуру плавления ниже, чем соединяемые детали. Соединяемые детали нагревают до температуры, при которой припой полностью расплавляется, смачивает соединяемые поверхности и заполняет зазоры между ними. В процессе смачивания устанавливаются межатомные связи между поверхностными атомами соединяемых деталей и атомами расплавленного припоя. Степень диффузии зависит от чистоты поверхностей соединяемых деталей, свойств припоя и металла соединяемых деталей, температуры пайки и времени выдержки при этой температуре. При охлаждении припой кристаллизуется и образует достаточно прочное соединение деталей.

*Припои.* В зависимости от температуры плавления припои делятся на две группы: низкотемпературные с температурой плавления до 450 °С и высокотемпературные с температурой плавления более 450 °С. При ремонте автомобилей наиболее часто применяют оловянно-свинцовые, медно-цинковые припои и припои для пайки алюминиевых сплавов.

Оловянно-свинцовые припои представляют собой сплавы олова и свинца с небольшим содержанием сурьмы с температурой плавления до 280 °С.

Медно-цинковые припои представляют собой сплавы меди и цинка в различных соотношениях с температурой плавления 800...900 °С. Наибольшее распространение получили припои ПМЦ36, ПМЦ48, ПМЦ54, Л ОК62-06-04, Л 63, Л 68.

Для пайки алюминиевых сплавов применяют низкотемпературные припои на основе олова, цинка и кадмия – П200А, П250А. Их применяют при невысоких требованиях к прочности соединений. Припои на алюминиевой основе имеют высокую температуру плавления, стойкость против коррозии и прочность соединений. К ним относятся припои 34А, П590А, П575А.

*Флюсы.* Прочные и плотные швы могут быть получены, если с поверхностей спаиваемых деталей будут удалены окислы. Для удаления окислов, улучшения смачиваемости основного металла и растекания припоя применяют флюсы. При пайке низко-

температурными припоями черных и цветных металлов применяют хлористый аммоний ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) и хлористый цинк ( $\text{ZnCl}_2$ ), а также различные смеси, куда входят эти и другие хлориды. Для пайки медных проводов в качестве флюса используют канифоль или соединения на ее основе. Для пайки алюминиевых сплавов применяют флюс Ф-134.

При пайке высокотемпературными припоями черных металлов применяют буру и ее смеси с борной кислотой, борным ангидридом и другими компонентами.

**Пайка низкотемпературными припоями.** Процесс пайки состоит из подготовки деталей к пайке, собственно пайки и обработки деталей после пайки. Подготовка поверхностей к пайке включает тщательную их подгонку друг к другу, очистку от загрязнений и окислов. При очистке используют металлические щетки, напильники, шлифовальную шкурку, шаберы. Поверхности подогревают до температуры плавления припоя, наносят флюс и производят лужение соединяемых поверхностей припоем для обеспечения хорошего механического сцепления припоя с основным металлом. С целью фиксации взаимного расположения деталей и обеспечения зазора между соединяемыми поверхностями в пределах 0,05...0,20 мм их прижимают друг к другу при помощи тисков или струбцин. Пайку выполняют при температуре, превышающей температуру плавления припоя на 40...50 °С. Ее осуществляют медным паяльником, нагретым до необходимой температуры, или погружением деталей в тигель с расплавленным припоем.

После пайки детали медленно охлаждаются до полного затвердевания припоя. Паяный шов промывают от остатков флюса горячей водой и зачищают от наплывов припоя. Качество пайки обычно контролируют опрессовкой деталей сжатым воздухом или водой.

Низкотемпературную пайку применяют для пайки радиаторов, коллекторов генераторов и стартеров, топливных баков, трубопроводов низкого давления, электрических проводов и др.

**Пайка высокотемпературными припоями.** Процесс пайки включает подготовку деталей к пайке, нагрев и пайку деталей, обработку деталей после пайки.

Подготовка деталей к пайке включает подгонку соединяемых деталей друг к другу, разделку кромок трещин, изготовление накладок для заделки пробоин, зачистку мест пайки от загрязнений и окислов и т. п. Подготовку осуществляют при помощи молотка, зубила, напильника, шабера, металлической щетки, абразивного круга и др. На поверхности деталей наносится соответствующий флюс и накладывается припой в виде проволоки, пластинки, кольца, изогнутых по форме шва или детали.

Пайку выполняют при температуре несколько выше температуры плавления припоя и выдерживают в течение времени, необходимого для расплавления припоя и заполнения им зазора между деталями. В зависимости от способа нагрева деталей применяют следующие виды пайки: газоплазменную, индукционную, электроконтактную, в печах и ваннах и др.

При газоплазменной пайке деталь нагревают сварочной горелкой. Пруток припоя вводится так же, как и при газовой сварке. Качество пайки высокое, но зависит от квалификации исполнителя в связи с трудностью контроля температуры нагрева деталей, создающего угрозу их перегрева и припоя.

## 2.6. Восстановление деталей напылением

Сущность процесса напыления состоит в том, что расплавленный тем или иным способом металл наносится струей сжатого воздуха или инертного газа с большой скоростью на специально подготовленную поверхность детали. Для восстановления изношенных поверхностей применяют напыление без последующего оплавления и напыление с одновременным или последующим оплавлением. Последующее оплавление осуществляется газовым пламенем, токами высокой частоты или плазменной струей.

В зависимости от вида тепловой энергии, используемой для расплавления металла, различают газоплазменное, плазменное, электродуговое и реже применяемое высокочастотное напыление.

**Газоплазменное напыление.** Сущность газоплазменного напыления заключается в расплавлении напыляемых материалов газовым пламенем и распылении их струей сжатого воздуха или газа. Проволока с постоянной скоростью подается роликами. Проходя через червячный редуктор и попадая в зону пламени, проволока

расплавляется. Металлические порошки поступают в горелку из бункера с помощью транспортирующего газа или под действием силы тяжести (рис. 2.27).

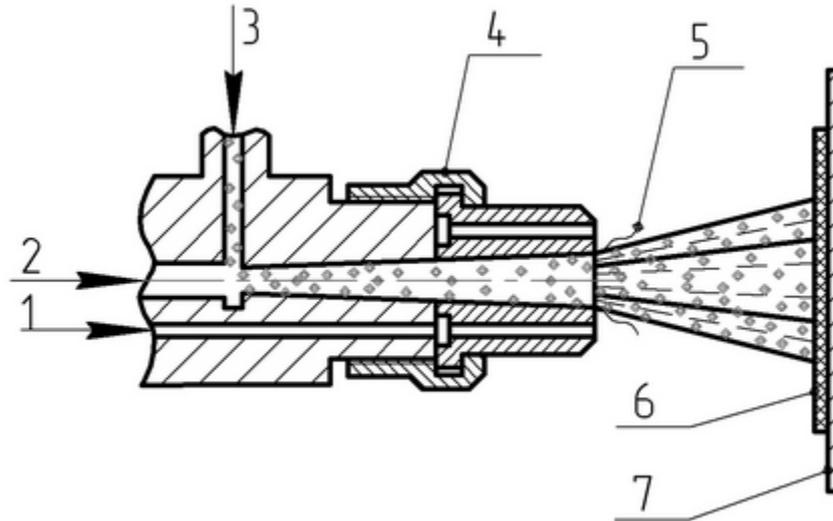


Рис. 2.27. Схема газопламенного напыления: 1 – кислород и горючий газ; 2 – транспортирующий газ; 3 – напыляемый порошок; 4 – сопло; 5 – факел газового пламени; 6 – напыленное покрытие; 7 – напыляемая поверхность

Режим газопламенного напыления следующий: скорость вращения детали 10...15 м/мин; расстояние напыления 100...150 мм; продольная подача аппарата 1,5...2,0 мм/об; давление сжатого воздуха 0,3...0,5 МПа. В качестве горючего газа применяют ацетилен, пропан-бутан, природный газ и др.

Газопламенное напыление применяют для восстановления посадочных мест под подшипники на валах коробки передач, опорных шеек распределительного вала, постелей коренных подшипников в блоке цилиндров и др. Достоинствами газопламенного напыления являются небольшое окисление металла, мелкое его распыление, достаточно высокая прочность покрытия. К недостаткам относится сравнительно невысокая производительность (2...4 кг/ч).

**Плазменное напыление.** Сущность процесса заключается в расплавлении и нанесении напыляемых материалов на поверхность деталей с помощью плазменной струи (рис. 2.28). Для напыления используется плазменная дуга косвенного действия ме-

жду охлаждаемыми вольфрамовым электродом (катодом) и медным соплом (анодом). Напыляемый порошок при помощи транспортирующего газа (азота) подается из порошкового питателя в плазменную струю. Попадая в плазменную струю, порошок расплавляется и приобретает скорость 150...200 м/с и выше.

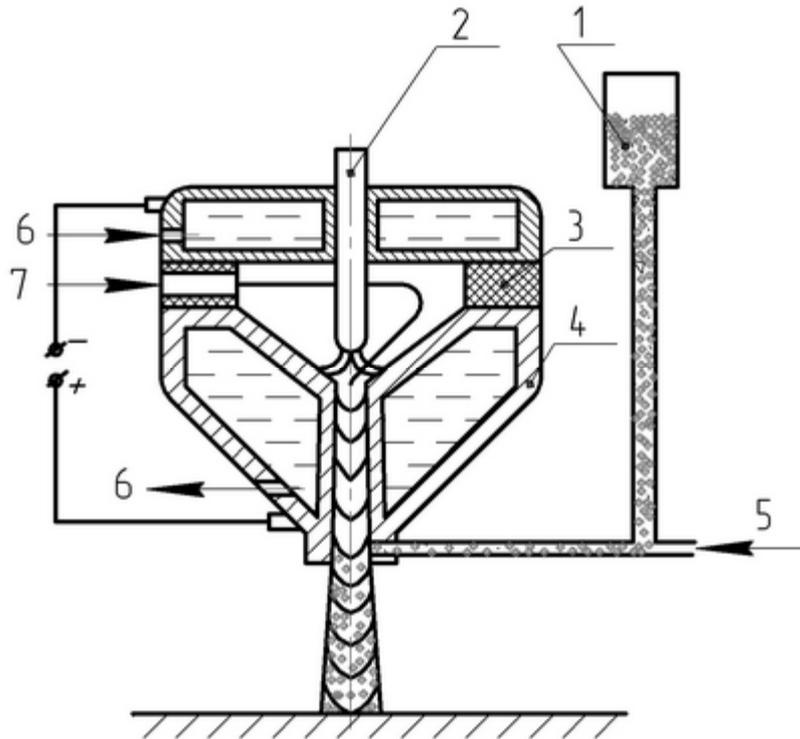


Рис. 2.28. Схема плазменного напыления: 1 – порошковый дозатор; 2 – катод; 3 – изоляционная прокладка; 4 – анод (сопло); 5 – транспортирующий газ; 6 – охлаждающая вода; 7 – плазмообразующий газ

Режим плазменного напыления зависит от напыляемого материала и рекомендуется следующий: сила тока 350...400 А; напряжение 60...70 В; расход плазмообразующего газа 30...35 л/мин; расход порошка 5...8 кг/ч; расстояние напыления 125...150 мм; продольная подача плазмотрона 0,3...0,5 м/мин. Способом плазменного напыления восстанавливают кулачки и опорные шейки распределительных валов, фаску тарелки и торец клапана, юбку толкателя, шейки поворотного кулака, отверстия под подшипники в картере коробки передач и редукторе заднего моста и др.

Достоинством плазменного напыления являются: высокая производительность (до 12 кг/ч); возможность нанесения покрытия из любых материалов толщиной 0,1...10 мм.

**Электродуговое напыление.** Сущность процесса заключается в расплавлении электрической дугой проволоки и нанесении ее частиц на поверхность детали с помощью сжатого воздуха. В корпус аппарата для электродугового напыления с одинаковой скоростью подаются две изолированные друг от друга и находящиеся под напряжением проволоки (рис. 2.29). При соприкосновении проволок в распылительной головке возникает электрическая дуга, под действием которой они плавятся. Струей воздуха давлением 0,4...0,6 МПа частицы расплавленного металла наносятся на подготовленную поверхность детали. Режим электродугового напыления следующий: скорость вращения детали 15...20 м/мин; расстояние напыления 75...100 мм; сила тока 120...180 А; напряжение 25...30 В.

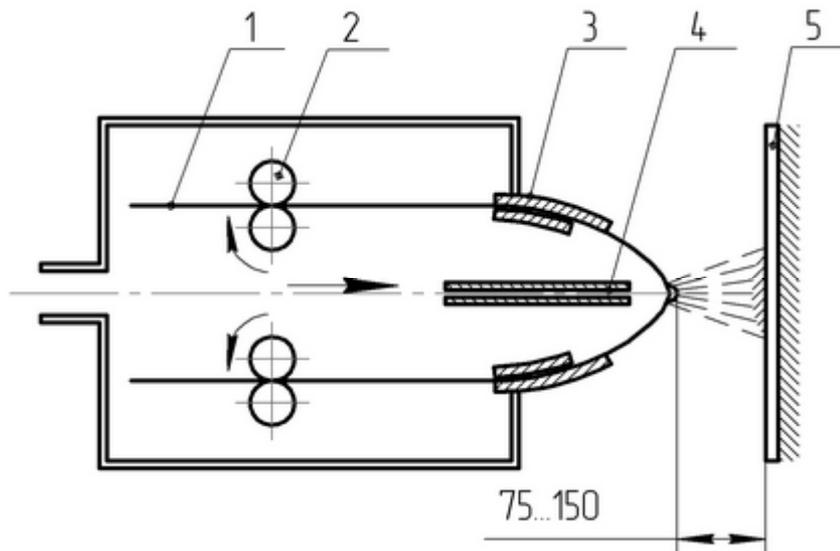


Рис. 2.29. Схема электродугового напыления: 1 – проволока; 2 – подающий механизм; 3 – направляющие наконечники; 4 – воздушное сопло; 5 – напыляемая поверхность

Электродуговое напыление применяется для восстановления изношенных поверхностей деталей цилиндрической и плоской формы из стали, чугуна и цветных металлов, работающих в условиях трения скольжения и неподвижных посадок, и для нанесения антикоррозионных покрытий.

Основными преимуществами являются простота применяемого оборудования, низкая удельная себестоимость. К недостат-

кам относятся выгорание легирующих элементов, повышенное окисление металла.

**Напыляемые материалы. Свойства напыленного слоя.** При восстановлении поверхностей деталей в качестве напыляемых материалов применяют проволоку сплошного сечения, порошковую проволоку и металлический порошок. При газопламенном напылении проволочных материалов для повышения прочности сцепления напыляемого покрытия с основным металлом на поверхность детали вначале наносят подслой, используя проволоку из молибдена, а затем основной слой, используя проволоку из стали 65Г.

При напылении порошковых материалов наибольшее распространение получили самофлюсующиеся твердые сплавы на основе никеля, покрытия из которых характеризуются высокой износостойкостью. К ним относятся порошки марок ПГ-10Н-01, ПГ-12Н-01, ПГМ2Н-02, ПГ-12Н-03, ПГ-12Н-04, ПГ-АНБ, ПГ-АН-9 и др. Для обеспечения требуемой прочности сцепления с основным металлом эти покрытия подвергают оплавлению при температуре 900...1500 °С. Твердость покрытия достигается высокая. Так, при напылении порошком ПГ-АН-9 с непрерывным оплавлением покрытия твердость его составляет 51...56 HRC<sub>3</sub>.

В связи с высокой стоимостью и дефицитностью никеля выпускаются порошки из высоколегированных сталей марок ПР-10Р6М5 и ПР-М6Ф3, которые после напыления и оплавления обеспечивают твердость 53...61 HRC<sub>3</sub>. Для устранения трещин и обломов у чугунных деталей применяются самофлюсующиеся порошковые сплавы марок НПЧ-1, НПЧ-2, НПЧ-3. К порошкам, не требующим оплавления, относятся ПТ-19Н-01, ПТ-НА-01, ПТ-19НВК-01, ПГ-19Н-01, ПГ-19М-01. Для снятия внутренних напряжений и повышения прочности сцепления покрытий восстанавливаемую деталь нагревают до температуры 90...180 °С, наносят подслой из порошка ПТ-НА-01 толщиной 0,10...0,15 мм и затем наносят основной слой.

При плазменном напылении для восстановления деталей применяют износостойкие порошковые сплавы на основе никеля или на основе железа с высоким содержанием углерода. Порошковые сплавы на основе никеля ПГ-СР2, ПГ-СР3, ПГ-СР4 обладают низкой температурой плавления (950...1050 °С), высокой

износостойкостью и свойством самофлюсования. Основной их недостаток – это высокая стоимость. Порошковые сплавы на основе железа с высоким содержанием углерода ПГ-С1, ПГ-ФБХ6-2, ПГ-С27 имеют низкую стоимость, высокую износостойкость, но они более тугоплавкие, температура их плавления 1250...1300 °С. Кроме того, они не обладают свойствами самофлюсования. Поэтому на практике применяют композиционные смеси порошковых сплавов на основе железа с порошковыми сплавами на основе никеля, например: ПС-1 (50 % ПГ-СР3 и 50 % ПГ-С1), ПС-2 (80 % ПЖ-5М и 20 % ПГ-СР4) и др.

Свойства плазменных покрытий значительно улучшаются введением в технологический процесс восстановления деталей операции оплавления покрытия. При этом повышаются прочность сцепления покрытия с деталью в 5...10 раз, твердость поверхности до 50...54 HRC, усталостная прочность на 20...25 % и износостойкость покрытия, исчезает пористость. Оплавление покрытия может выполняться ацетиленокислородным пламенем, плазменной струей, токами высокой частоты. Наибольшее распространение получило оплавление токами высокой частоты, которые обеспечивают локальный нагрев, не нарушающий термообработки всей детали.

При электродуговом напылении сначала напыляют подслоя, используя молибден, вольфрам, никель, хром, их сплавы (например, проволоку Х20Н80, Х15Н60 и др.). Материал основного покрытия подбирают в зависимости от конкретных условий работы детали. Применяют электродные сварочные и износостойкие наплавочные проволоки Св-08Г2С, Нп-40, Нп-30Х13, Нп-30ХГСА и др.

Особенностью напыленных поверхностей является пористость. Наибольшую пористость имеют покрытия, полученные электродуговым напылением (15...20 %), наименьшую – полученные плазменным и детонационным напылением (5...10 %). Пory покрытия хорошо удерживают смазку, что способствует повышению износостойкости деталей. Однако пористое покрытие имеет пониженную механическую прочность.

**Особенности технологии напыления.** Процесс нанесения покрытия включает следующие операции: очистку детали от загрязнений; механическую обработку восстанавливаемой поверх-

ности; изоляцию поверхностей, не подлежащих напылению; придание шероховатости поверхности; при необходимости предварительный подогрев поверхности; напыление покрытия; удаление изоляции; контроль качества покрытия; механическую обработку напыленной поверхности.

Подготовка поверхности детали под напыление имеет большое значение для обеспечения прочного сцепления покрытия с основным металлом детали. Чугунные детали подвергают нагреву до температуры 250 °С в нагревательной печи до полного удаления масла из пор. Для получения правильной геометрической формы восстанавливаемой поверхности и равномерной толщины покрытия детали подвергают механической обработке – шлифованию или точению, обеспечивая после обработки напыленной поверхности толщину покрытия порядка 0,4...0,6 мм.

Прочность сцепления покрытия в значительной мере зависит от метода подготовки шероховатости поверхности детали. Для деталей, не испытывающих знакопеременные нагрузки, шероховатость создают нарезанием «рваной» резьбы, устанавливая режущую кромку резца ниже оси детали на 2...5 мм и вылет резьбового резца не менее 70...100 мм. Для деталей с твердостью не более 350...400 НВ за один проход осуществляют косую накатку с углом насечки около 30° при радиусе вершин и впадин 0,2 мм и глубине насечки 0,6 мм. Закаленные поверхности готовят абразивно-струйной обработкой в специальных установках.

Перерыв между операциями подготовки и напыления должен быть минимальным и не превышать 2 ч. Участки детали, прилегающие к напыляемой поверхности, защищают экранами, пробками, заглушками. После нанесения покрытия деталь охлаждают на воздухе, удаляют изоляцию поверхностей и обрабатывают покрытие до требуемого размера.

При восстановлении деталей напылением применяют специальные установки и аппараты. Для газопламенного напыления проволочными материалами служат установки МГИ-4А и МГИ-5. Для газопорошковой наплавки применяют горелки ГН-2, ГН-4 и аппараты 021-3 «Ремдеталь», 021-4 «Ремдеталь», 01-02-11 «Ремдеталь». Для газопорошковой наплавки изношенных поверхностей дета-

лей также выпускаются специализированные посты 01-05-148 «Ремдеталь», 01-05-149 «Ремдеталь», 01-05-161 «Ремдеталь» и установки УГПТ, УПТР-1-1-78М, УУТР.

При плазменном напылении применяют специальные установки, которые включают в себя плазмотрон, порошковый питатель, пульт управления и источник питания. Наиболее широкое применение получили установки УМП-6 для напыления покрытий из порошковых материалов и УПУ-3Д для напыления покрытий как из порошковых материалов, так и проволоки. Для электродугового напыления применяют ручные аппараты ЭМ-14, ЭМ-14М, стационарные аппараты ЭМ-12, ЭМ-15 и установки КМД-2, УЭМП-1.

## 2.7. Восстановление деталей с помощью гальванических покрытий

### 2.7.1. Сущность процесса нанесения гальванических покрытий

Восстановление деталей гальваническими покрытиями заключается в электролитическом осаждении металла на поверхность при прохождении тока через электролит, т. е. при электролизе. В ремонтном производстве гальванические процессы применяются для нанесения металлических покрытий на изношенные поверхности деталей и для нанесения защитно-декоративных покрытий. Широкое распространение получили хромирование и железнение, а также никелирование, меднение и цинкование. Применяются и химические процессы: химическое никелирование, оксидирование и фосфатирование.

При гальваническом осаждении металла катодом является восстанавливаемая деталь, а анодом – металлическая пластина.

Аноды применяют двух видов: растворимые и нерастворимые. Растворимые аноды изготавливают из металла, который осаждается на детали, а нерастворимые – из свинца.

При прохождении постоянного тока через раствор электролита на катоде разряжаются положительно заряженные ионы, образуя гальванические покрытия, а водород выделяется в виде газа. На аноде разряжаются отрицательно заряженные ионы и выделяется кислород. Металл анода растворяется, и его атомы обра-

зуют новые ионы металла, переходящие в раствор взамен вышедших на катоде. При использовании нерастворимых анодов электролит пополняется ионами металла посредством добавления в электролит веществ, содержащих ионы осаждаемого металла.

Детали хромируют в ваннах, корпус которых изготовлен из листовой стали толщиной 4...5 мм (рис. 2.30). Корпус ванны 8 вставлен в стальной кожух 5. Пространство между корпусом ванны и кожухом заполнено водой, служащей для равномерного подогрева электролита и поддержания его температуры в заданных пределах. Вода подогревается паром или электричеством. Внутренняя поверхность ванны облицована свинцом, винипластом, диабазовыми плитками на кислотоупорном цементе и другими кислотостойкими материалами.

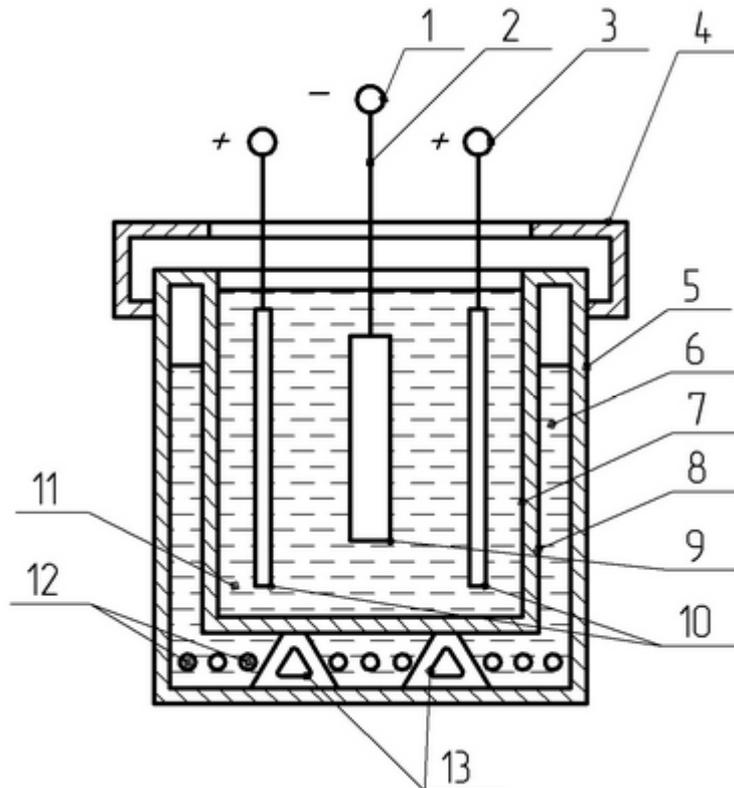


Рис. 2.30. Ванна для нанесения гальванических покрытий:  
 1 и 3 – катодная и анодная штанги; 2 – подвесное приспособление; 4 – вентиляционный отсос; 5, 7, 8 – кожух, футеровка и корпус ванны; 6 – вода; 9 – катод (деталь); 10 – анодные пластины; 11 – электролит; 12 – подогрев ванны

Удаление вредных испарений обеспечивается вентиляционными бортовыми отсосами 4. Для подвешивания анодных пластин 10 и деталей 9 в верхней части ванны в изоляторах установлены токопроводящие штанги 1 и 3 в виде сплошных стержней или труб, изготовленных из меди или латуни.

В качестве источников постоянного тока применяют полупроводниковые выпрямители. Они имеют систему автоматического регулирования, поддерживающую заданную плотность тока независимо от колебаний напряжения питающей сети и изменения загрузки ванны.

В процессе электролиза толщина покрытий на различных участках детали неодинакова.

Способность электролита давать равномерные по толщине покрытия называется рассеивающей способностью электролита. Рассеивающая способность электролита может быть повышена за счет изменения его состава. Электролиты с малой концентрацией основной соли имеют более высокую рассеивающую способность.

Свойство электролита обеспечивать покрытия на углубленных частях деталей независимо от его толщины характеризуется так называемой кроющей способностью электролита. С увеличением в электролите концентрации основной соли кроющая способность улучшается.

### 2.7.2. Восстановление деталей хромированием

Хромирование получило широкое распространение благодаря ценным физико-механическим качествам хромового покрытия. Благодаря высокой твердости, низкому коэффициенту трения и высокой коррозионной стойкости хром обладает также высокой износостойкостью. Хром химически устойчив по отношению к большинству газов, щелочей и кислот, но в соляной и горячей концентрированной серной кислоте легко растворяется. Хорошо отполированная хромированная поверхность имеет высокие декоративные качества. Электролитический хром хорошо сцепляется со сталью, никелем, медью и ее сплавами.

Таблица 2.4

## Основные виды гальванических покрытий

| Вид покрытия                | Толщина наносимого слоя, мм | Плотность осажденного металла, г/см | Электрохимический эквивалент, г/(А·ч) | Плотность тока, А/дм <sup>2</sup> | Выход металла по току, % |
|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Хромирование: износостойкое | 0,200...0,300               | 6,90                                | 0,324                                 | 50...75                           | 13...15                  |
| защитно-декоративное        | 0,001                       | 6,90                                | 0,324                                 | 20...25                           | 13...15                  |
| Железнение: горячее         | 0,500...1,200               | 7,80                                | 1,042                                 | 30...50                           | 70...80                  |
| холодное                    | 0,300...0,500               | 7,80                                | 1,042                                 | 10...18                           | 45...80                  |
| Цинкование                  | 0,010                       | 7,10                                | 1,220                                 | 2                                 | 75                       |
| Меднение                    | 0,003                       | 8,91                                | 2,372                                 | 1,5                               | 75                       |
| Никелирование               | 0,020                       | 8,85                                | 1,094                                 | 3                                 | 95                       |

Электролитическое осаждение хрома осуществляется из электролита, состоящего из водного раствора хромового ангидрида  $\text{CrO}_3$  и серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Концентрация хромового ангидрида в электролите может быть различной, однако соотношение количества хромового ангидрида к серной кислоте должно составлять 100:1.

В зависимости от назначения хромового покрытия различают твердое (износостойкое) и защитно-декоративное хромирование. Твердое хромирование применяют для восстановления изношенных поверхностей деталей, а также для повышения их износостойкости. Твердые хромовые покрытия могут быть двух видов: гладкие и пористые. Гладким хромовым покрытием восстанавливают стержни клапанов, направляющие поверхности толкателей, прецизионные пары топливной аппаратуры, изношенные шейки валов и осей и др. Пористое хромовое покрытие применяют для поверхности деталей, работающих в условиях высоких удельных

нагрузок и граничного трения, например: поршневых колец двигателей и гильз цилиндров.

Защитно-декоративные покрытия характеризуются высокой долговечностью и применяются для защиты деталей от коррозии и придания им красивого внешнего вида.

К основным недостаткам процесса хромирования относятся: низкая производительность процесса; малый выход хрома по току – 12–15 %; малая толщина наносимого слоя покрытия; высокая стоимость покрытия.

**Гладкое хромирование.** Технологический процесс хромирования состоит из трех стадий: подготовки деталей к нанесению покрытий, нанесения покрытия и обработки деталей после нанесения покрытия. Подготовка деталей к нанесению покрытия включает следующие операции: механическую обработку поверхностей (шлифование и полирование); обезжиривание в органических растворителях; монтаж деталей на подвесные приспособления; изоляцию поверхностей, не подлежащих хромированию; электрохимическое обезжиривание деталей с последующей промывкой в воде; декапирование (анодную обработку).

Механическая обработка включает шлифование поверхностей деталей для придания им правильной геометрической формы и полирование для получения необходимой шероховатости поверхностей с использованием шлифовальных и полировальных кругов.

Обезжиривание деталей предназначено для удаления с поверхностей деталей жировых загрязнений. Детали обезжиривают в органических растворителях: тетрахлорэтилене, трихлорэтилене, уайт-спирите и др.

Монтаж деталей осуществляют на специальных подвесных приспособлениях, которые должны обеспечить надежный контакт с восстанавливаемой деталью и токопроводящей штангой, получение равномерного покрытия и беспрепятственное удаление пузырьков водорода, выделяющегося при электролизе, не допустить экранирование отдельных участков деталей.

Изоляция мест, не подлежащих хромированию, снижает расход хрома и повышает производительность ванны. Для защиты поверхностей деталей применяют кислотостойкие краски (на нитроцеллюлозных основах), перхлорвиниловую изоляционную

ленту, листовую резину, которыми плотно обвертывают защищаемые поверхности.

Окончательное электрохимическое обезжиривание в щелочных растворах является наиболее эффективным способом очистки поверхностей деталей. Стальные детали обезжириваются в электролите, содержащем 35...40 г/л каустической соды NaOH, 25...30 г/л кальцинированной соды Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 2...3 г/л жидкого стекла (Na<sub>2</sub>O–2SiO<sub>2</sub>) и 15...20 г/л тринатрийфосфата Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>–12H<sub>2</sub>O, при температуре электролита 65...70 °С и плотности тока 12...16 А/дм<sup>2</sup>, продолжительность процесса 5...8 мин. Детали подвешивают на катодную штангу, в качестве анодов применяют пластины из стали или никеля. При электролизе на поверхности детали в виде пузырьков выделяется водород, который механически разрушает жировую пленку.

После обезжиривания детали промывают в холодной, а затем в горячей воде с целью удаления с поверхностей деталей остатков щелочных растворов, которые могут загрязнить гальванические ванны. Сплошная без разрывов пленка воды на обезжиренных поверхностях свидетельствует о хорошем качестве очистки.

Декапирование (анодную обработку) проводят с целью снятия окисных пленок с обрабатываемых поверхностей детали, которые образуются во время обезжиривания и промывки, а также для обнажения структуры металла детали, что способствует прочному сцеплению покрытия с металлом детали. Помещенные в ванну хромирования детали выдерживают без тока в течение 1...2 мин для их прогрева до температуры электролита, а затем подвергают декапированию в течение 30...45 с при анодной плотности тока 25...35 А/дм<sup>2</sup>.

Хромирование начинают с плотности тока в 1,5 раза больше заданного технологическим процессом. Через 1...2 мин плотность тока снижают до заданного значения. Повышение плотности тока в начале электролиза обеспечивает осаждение хрома на углубленных участках детали сложной конфигурации. При хромировании в электролите, содержащем 150...200 г/л хромового ангидрида CrO<sub>3</sub> и 1,5...2,0 г/л серной кислоты H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, при температуре 55...65 °С и плотности тока 40...60 А/дм<sup>2</sup> скорость осаждения хрома составляет 0,02...0,04 мм/ч. Время хромирования зависит от толщины необходимого покрытия. При хромировании применяют

нерастворимые аноды, которые изготавливают из сплава свинца с 6 % сурьмы.

Обработка деталей после нанесения покрытий включает следующие операции: промывку деталей в непроточной, а затем в холодной проточной воде; нейтрализацию в растворе кальцинированной соды; окончательную промывку в теплой воде; демонтаж деталей с подвесных приспособлений и удаление изоляции; термическую обработку деталей (в сушильном шкафу при температуре 150...200 °С в течение 1,5–2 ч для удаления водорода из хромового покрытия и устранения хрупкости покрытия).

Качество покрытия контролируют по внешнему виду. Наличие темных мест, непокрытых участков, отслаивание, шелушение и другие дефекты не допускаются.

**Пористое хромирование.** Гладкое хромовое покрытие плохо смачивается маслом, легко разрывается под воздействием нагрузок и вызывает повышенный износ сопряженных деталей. Этот недостаток устраняется при применении пористого хромирования. Пористое покрытие получают путем анодной обработки поверхностей деталей, предварительно покрытых слоем гладкого хрома. Имеющиеся на поверхности гладкого хромового покрытия микроскопические каналы и трещины увеличиваются, образуя в верхнем слое хромового покрытия поры глубиной 0,04...0,60 мм.

Анодную обработку выполняют в том же хромовом электролите, который применяют для наращивания хрома. Плотность тока находится в пределах 24...45 А/дм<sup>2</sup>, температура электролита 50...55 °С.

**Проточное хромирование.** Восстановление поверхностей крупногабаритных деталей сложной формы вызывает большие трудности, связанные с изоляцией мест, не подлежащих покрытию, сложностью конструкции подвесных приспособлений и быстрым загрязнением ванны. Поэтому поверхности этих деталей при централизованном ремонте восстанавливают нанесением покрытия безваннным способом, при котором в зоне покрытия создают местную ванну и в нее принудительно подают электролит. Для хромирования в проточном электролите кроме ванны необходима специальная установка, включающая насос и систему трубопроводов для подачи электролита, площадку для установки детали, специальные цилиндрические аноды и их крепления.

Аноды располагаются внутри хромируемой поверхности, а в пространство между ними подается электролит. При хромировании в электролите, содержащем 150 г/л хромового ангидрида  $\text{CrO}_3$  и 1,5 г/л серной кислоты  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , при расстоянии между анодами и поверхностью детали до 10...15 мм, скорости протекания электролита 8...100 см/с и плотности тока 150...200 А/дм<sup>2</sup> скорость осаждения хрома достигает 0,14...0,18 мм/ч.

Хромирование в проточном электролите применяется для восстановления внутренних рабочих поверхностей блоков цилиндров, отверстий под подшипники в картере коробки передач, картере сцепления и др. Благодаря принудительной циркуляции электролита обеспечиваются высокая равномерность покрытия по всей поверхности и получение мелкодисперсной структуры. Осадки получают повышенной твердости и износостойкости.

### 2.7.3. Восстановление изношенных деталей железнением

В авторемонтном производстве железнение применяется в основном для восстановления изношенных поверхностей деталей. Твердым электролитическим железом восстанавливаются цилиндрические поверхности толкателей, клапанов, шейки валиков масляного и водяного насосов, шейки вала рулевой сошки, шейки валов коробки передач и др.

Железо, осаждаемое на детали электролитическим путем, представляет собой металл серебристо-белого цвета с мелкокристаллической структурой. По своему составу оно приближается к малоуглеродистой стали. При определенных составах электролита и режимах электролиза получают осадки железа с твердостью 51...57 HRC. Гальванические осадки железа характеризуются высокой износостойкостью. Покрытия можно получить большой толщины: гладкие покрытия твердостью до 300 НВ можно получить толщиной до 3 мм; покрытия более высокой твердости до 57 HRC<sub>3</sub> – толщиной 0,8...1,2 мм. Свойства покрытий зависят от режима их нанесения. С повышением плотности тока и понижением температуры электролита увеличивается твердость покрытия. Мягкие покрытия, получаемые при температуре электролита 90 °С и выше, не пригодны для восстановления и упрочнения деталей без термической обработки. Распростране-

ние получили покрытия средней и высокой твердости, осаждаемые при температуре 60...80 °С при плотности тока 20...50 А/дм<sup>2</sup>, позволяющей наращивать покрытия со скоростью 0,2...0,5 мм/ч. Прочность сцепления покрытия с основным металлом достаточно высокая, обеспечивающая надежную работу восстановленной детали.

Технологический процесс железнения, как и хромирования, состоит из трех стадий: подготовки деталей к нанесению покрытия, нанесения покрытия и обработки деталей после нанесения покрытия.

Подготовка деталей к нанесению покрытия аналогична их подготовке при хромировании.

Анодная обработка производится в растворе следующего состава: 365 г/л 30%-ного раствора серной кислоты H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 10...25 г/л сернокислого железа FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O. Детали обрабатываются на аноде при плотности тока 60...70 А/дм<sup>2</sup> и температуре 18...25 °С в течение 2...3 мин. Катодом при этом служат пластины из свинца или нержавеющей стали.

После анодной обработки детали тщательно промывают водой до полного удаления кислоты из всех полостей и углублений. При железнении в горячем электролите детали промывают в воде, нагретой до температуры 60...70 °С с целью предварительного прогрева деталей, и помещают в ванну железнения. Для разрушения пассивной пленки детали выдерживают без тока в течение 10...20 с.

Железнение начинают при плотности тока 1...5 А/дм<sup>2</sup>, а затем в течение 5...10 мин увеличивают ее до заданного значения. В этот период на поверхности детали формируется сплошной граничный слой покрытия. Для получения твердых износостойких покрытий применяют электролит следующего состава: 200...250 г/л хлористого железа FeCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O; 0,7...1,0 г/л соляной кислоты HCl; 20...30 г/л хлористого марганца MnCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O. Плотность тока 30...40 А/дм<sup>2</sup>, температура электролита 60...80 °С. Время железнения зависит от требуемой толщины покрытия. Анодами служат пластины из стали 10 или 20. Полученное покрытие должно быть гладким, без большого количества бугорков, разрывов, шелушения и других видимых дефектов.

Обработка деталей после железнения аналогична хромированию.

Хлористые электролиты обладают повышенной агрессивностью, поэтому железнение производится в стальных ваннах со специальным покрытием (углеграфитовыми плитками). Для уменьшения загрязнения электролита шламом, который образуется при растворении анодов, их помещают в чехлы из кислотостойкой ткани. Кроме того, для получения качественного покрытия электролит подвергается фильтрации. Установка для непрерывной фильтрации состоит из насоса и фильтра, включенных последовательно.

По сравнению с хромированием, процесс железнения имеет следующие преимущества: применение простого и дешевого электролита; более высокая рассеивающая способность электролита; получение покрытия толщиной 1,0...1,2 мм; более низкая стоимость процесса. К недостаткам железнения относятся сложность подготовки деталей к нанесению покрытия, необходимость фильтрации и корректировки электролита.

Железнение в гальванических ваннах крупных деталей сложной конфигурации вызывает затруднения из-за необходимости изоляции значительного числа поверхностей и больших размеров ванн. В связи с этим получило распространение железнение вне ванн для восстановления посадочных мест под подшипники в картере коробки передач, в картере заднего моста, в корпусе водяного насоса и др.

Восстанавливаемую поверхность зачищают наждачной шкуркой, обезжиривают растворителем, венской известью и промывают горячей и холодной водой. При помощи специального приспособления создается емкость для электролита, т. е. гальваническая ванночка (рис. 2.31).

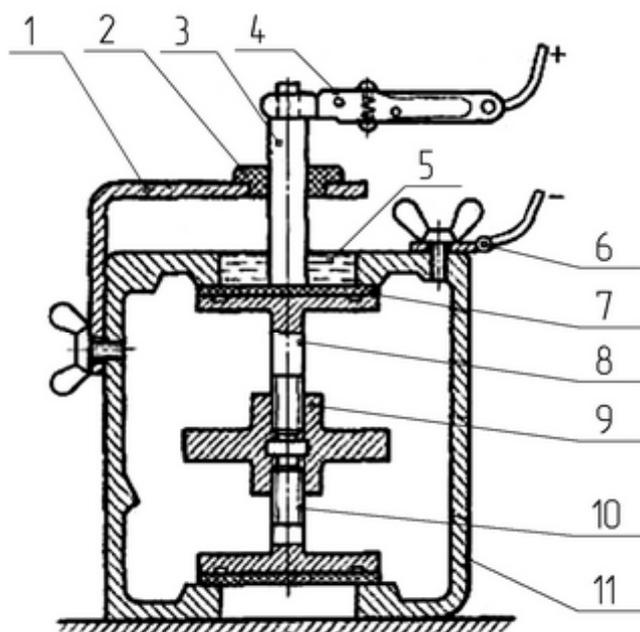


Рис. 2.31. Приспособление для железнения вне ванны: 1 – угольник для центрирования и крепления анода; 2 – эбонитовая втулка; 3 – анод; 4 – быстросъемный зажим; 5 – электролит; 6 – катодный контакт; 7 – резиновая пластина; 8 – верхний прижим с левой резьбой; 9 – зажимная гайка; 10 – нижний прижим с правой резьбой; 11 – картер коробки передач

В центре ванночки устанавливают цилиндрический анод 3 из стали 10 или 20 диаметром, равным  $1/3$  диаметра восстанавливаемого отверстия. Проводят анодное травление поверхности отверстия в электролите 5, содержащем 450 г/л серной кислоты  $H_2SO_4$  и 20...30 г/л сернокислого железа  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ , при плотности тока  $20...25 \text{ А/дм}^2$  и температуре  $20...25 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение 1...2 мин. Затем удаляют электролит резиновой грушей, промывают поверхность ванночки водой, меняют полярность и заливают электролит, содержащий 500...550 г/л хлористого железа  $FeCl_2 \cdot 4H_2O$  и 2...3 г/л соляной кислоты  $HCl$ . Железнение ведется при плотности тока  $10...15 \text{ А/дм}^2$ . После железнения электролит удаляют, поверхность промывают горячей водой, приспособление снимают. Поверхность отверстия протирают тампоном, смоченным 10%-ным раствором каустической соды, промывают холодной водой, просушивают и контролируют качество покрытия.

### 2.7.4. Электролитическое натирание

Процесс является разновидностью электролитических покрытий вне ванн и не требует применения сложного оборудования и оснастки. Электролитическим натиранием восстанавливают цилиндрические поверхности деталей, имеющих небольшой износ. В зависимости от применяемого электролита на поверхность деталей наносят покрытия из цинка, железа, меди, хрома и других металлов.

Восстанавливаемую деталь, являющуюся катодом, устанавливают в патрон токарного станка или специального приспособления. Анодом является стержень из нержавеющей стали, покрытый адсорбирующим материалом (сукном, хлопчатобумажной тканью), образующим тампон. На тампон непрерывно подается электролит, поступающий из резервуара 1 (рис. 2.32). При включении тока в области контакта анода 2 и детали 3 происходит процесс электролиза, и на поверхности детали откладывается слой металла. Стекающий с детали электролит собирается в ванну для повторного использования.

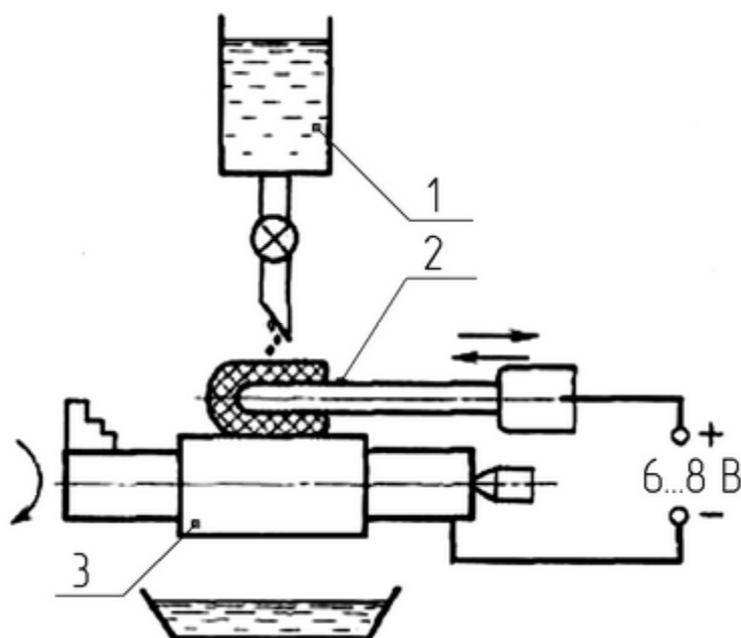


Рис. 2.32. Схема нанесения покрытий электролитическим натиранием

Электролитическое натирание цинком применяют при восстановлении посадочных отверстий в корпусных чугунных и стальных деталях. При натирании цинком в электролите, содержащем 600 г/л сернокислого цинка, 30 г/л борной кислоты, при скорости относительного перемещения электродов 10...12 м/мин и температуре 18...20 °С плотность тока составляет 200...250 А/дм<sup>2</sup>.

Электролитическое натирание железом применяют при восстановлении изношенных поверхностей деталей типа валов, подвергающихся и не подвергающихся термической обработке. При натирании железа в электролите, содержащем 600...700 г/л хлористого железа и 1,5...2,3 г/л соляной кислоты, при частоте вращения детали 4...6 мин<sup>-1</sup> и температуре 18...20 °С плотность тока составляет 250...350 А/дм<sup>2</sup>.

Основными преимуществами процесса электролитического натирания по сравнению с обработкой поверхности вне ванн являются: возможность применения больших плотностей тока, обеспечивающих высокую производительность процесса; простота применяемого оборудования; возможность нанесения покрытий на любые участки деталей всевозможных размеров и конфигурации.

#### 2.7.5. Защитно-декоративные гальванические покрытия

Для защиты деталей от коррозии и придания им красивого внешнего вида применяют защитно-декоративные покрытия. По роду защитного действия гальванические покрытия подразделяются на анодные и катодные. При соприкосновении двух металлов в присутствии коррозионной среды образуется гальваническая пара, в которой более электроотрицательный металл становится анодом и растворяется, а менее электроотрицательный – катодом. При анодной защите металлов менее электроотрицательный металл покрывается более электроотрицательным, например железо покрывается цинком. В присутствии влаги цинк будет подвергаться коррозии, защищая тем самым железо от окисления. При катодной защите более электроотрицательный металл покрывается менее электроотрицательным, например железо покрывается оловом. Защитное действие катодных покрытий заключается в изолировании поверхности деталей от воздей-

ствия коррозионной среды. К катодным покрытиям на стальных деталях относятся хромовые, никелевые, медные и др. Наибольшей прочностью обладают четырехслойные катодные покрытия, которые получают последовательным нанесением слоев никеля, меди, никеля и хрома. Первый слой никеля обеспечивает высокую прочность сцепления покрытия с деталью. Слой меди имеет небольшую пористость и обеспечивает хорошую защиту от коррозии. Второй слой никеля придает покрытию красивый внешний вид. Тонкий, полупрозрачный слой хрома защищает слой никеля от механических повреждений.

Технологический процесс нанесения защитно-декоративных покрытий не отличается от процесса нанесения износостойких покрытий.

**Никелирование.** В авторемонтном производстве электролитическое никелирование применяют в качестве подслоя при декоративном хромировании. В процессе никелирования в электролите, содержащем 270...330 г/л сернокислого никеля, 36...44 г/л борной кислоты, 0,1...0,2 г/л «2-Бтиндиола-1,4», 1,0...1,5 г/л сахарина, при его перемешивании сжатым воздухом и температуре 60 °С плотность тока составляет 4...5 А/дм<sup>2</sup>. При никелировании применяют растворимые аноды из электролитического никеля. Слой никеля образуется в течение 20 мин.

Химическое никелирование. Сущность процесса заключается в получении никель-фосфорных покрытий контактным способом из специальных растворов без применения электроэнергии. Особенностью процесса является равномерное образование покрытия на деталях сложного профиля. Никель осаждается с одинаковой скоростью на любых участках изделия, если они соприкасаются с раствором и поверхность подготовлена соответствующим образом.

**Меднение.** Электролитическое меднение применяют в качестве подслоя при защитно-декоративном покрытии стальных деталей, для защиты поверхностей деталей при цементации, для зубьев шестерен, червяков и других деталей с целью улучшения плавности их зацепления и облегчения приработки. При меднении в электролите, содержащем 200...250 г/л сернокислой меди, 50...60 г/л серной кислоты, и при температуре 27 °С плотность

тока составляет 5 А/дм<sup>2</sup>. При меднении применяют растворимые аноды из меди.

**Цинкование.** Цинковые покрытия в авторемонтном производстве применяют в основном для защиты крепежных деталей от коррозии. При цинковании в электролите, содержащем 200...250 г/л сернокислого цинка, 30 г/л сернокислого алюминия, 30...100 г/л сернокислого натрия, 10 г/л декстрина, и при температуре 18...25 °С плотность тока составляет 1...2 А/дм<sup>2</sup>. Цинкование производится в специальных вращающихся установках – колоколах. Анодом служит цинковая пластина, помещаемая в центре вращающегося колокола.

Для защиты стальных деталей от коррозии применяют также химическую обработку – оксидирование и фосфатирование.

**Оксидирование.** Оксидирование стальных деталей (воронение) состоит в создании на их поверхности оксидной пленки, которая имеет высокую прочность и надежно защищает металл в легких коррозионных условиях. Химическое оксидирование производится в стальной ванне, в которую погружают детали на подвесках или в проволочных корзинах. В растворе, содержащем 500...700 г/л каустической соды, 50...100 г/л азотнокислого натрия, 150...250 г/л азотистокислого натрия, оксидирование производится при температуре 135...145 °С в течение 10...30 мин. Декоративные и защитные свойства оксидированных деталей повышаются после их пропитки в машинном масле при температуре 110...115 °С.

**Фосфатирование.** Фосфатирование состоит в создании на поверхности защищаемого металла пленки, состоящей из нерастворимых фосфорнокислых солей марганца и железа. Благодаря хорошей адгезии фосфатные покрытия применяют в качестве грунта под лакокрасочные покрытия. Химическое фосфатирование производят в стальных ваннах. В растворе, состоящем из солей марганца, железа и фосфорной кислоты, фосфатирование производится при температуре 97...99 °С в течение 1...2 ч.

Защитная способность фосфатных покрытий выше, чем у оксидных пленок. Фосфатная пленка имеет высокую коррозионную стойкость в нефтепродуктах. В щелочах и кислотах покрытия неустойчивы.

## 2.8. Использование полимеров для восстановления деталей

### 2.8.1. Виды синтетических материалов, используемых при ремонте

При восстановлении деталей автомобилей все более широкое применение должны находить различные виды синтетических материалов (полимеров). Их используют для восстановления следующих дефектов:

- наращивания изношенных поверхностей;
- устранения механических повреждений;
- восстановления посадок;
- нанесения защитных и декоративных покрытий;
- соединения деталей склеиванием;
- герметизации стыков;
- изготовления некоторых деталей.

Использование для этих целей синтетических материалов обусловлено их высокими физико-механическими свойствами, низкой трудоемкостью технологических процессов ремонта (в большинстве случаев не требуется трудоемкой разборки-сборки узла), низкой стоимостью, доступностью (нет необходимости в использовании сложного специального оборудования). Кроме того, они являются одним из немногих видов покрытий, нанесение которых не вызывает снижения усталостной прочности восстановленных деталей.

По назначению синтетические материалы подразделяются на две группы. Первая группа – это термополимеры, которые находятся уже в готовом (полимеризовавшемся) состоянии в виде гранул, порошка и т. п. Для использования их расплавляют, а затем при охлаждении они снова становятся твердыми. Полимеры этой группы используются для создания защитных, декоративных и антифрикционных покрытий, для восстановления посадок и для склеивания.

Вторая группа – это полимеры, которые полимеризуются в процессе использования в основном из жидкого состояния. Применяются для заделки пробоин, трещин, герметизации, восстановления посадок, склеивания, стопорения и фиксации, защиты от коррозии. К ним относятся различные клеи, компаунды, шпак-

левки, анаэробные герметики, эластомеры, герметизирующие жидкие прокладки и ряд других материалов.

### 2.8.2. Восстановление деталей эпоксидными компаундами

Для устранения трещин и пробоин, неплотностей сварки и пайки в корпусных деталях, для восстановления в них посадочных поверхностей под подшипники, для очень прочного склеивания деталей наиболее широкое применение получили распространение *эпоксидные компаунды*. Компаунд, как правило, состоит из эпоксидной смолы, пластификатора, наполнителя и отвердителя. Эпоксидная смола (связующее) является основой компаунда и придает ему главные качества – прочность, водостойкость, высокую адгезию.

Пластификаторы повышают эластичность и пластичность эпоксидных композиций, их стойкость к температурным колебаниям.

Наполнители повышают механическую прочность, теплоустойчивость, теплопроводность эпоксидных композиций, уменьшают их хрупкость и усадку. В качестве наполнителей используют стальной или чугунный порошок, алюминиевую пудру, асбест, порошки слюды и графита, стекло- и углеволокно и другие материалы.

Отвердители предназначены для полимеризации, т. е. превращения эпоксидных композиций из жидкого состояния в твердое.

В зависимости от используемых компонентов и их соотношения различные фирмы-производители предлагают широкий ассортимент эпоксидных компаундов, клеев, шпаклевок, герметиков, с различной прочностью, временем полимеризации (от 5 минут до 24 часов) эластичностью, адгезией и другими механическими и химическими свойствами. Например, это компаунды АНАТЕРМ, ЭДП – отечественные, DoneDial, Loctite, Abro – зарубежных фирм и ряд других. Кроме того, имеется возможность приготовления компаундов по специальным рецептам [15].

В большинстве случаев поставляемые в продажу эпоксидные компаунды состоят из двух частей (упаковок): в часть А входит

связующее, пластификатор и наполнитель, часть Б – это отвердитель. Перед использованием компоненты тщательно смешиваются.

Трещины эпоксидными композициями заделываются следующим образом. Вначале для снятия концентраторов напряжений засверливают ее концы сверлом диаметром 3...4 мм. Затем трещину разделяют шлифовальным кругом на гибком валу или при помощи зубила и молотка под углом 90...120° на глубину 0,7...0,8 толщины стенки. Вдоль трещины по обе стороны на расстоянии 15...20 мм поверхность зачищают шлифовальным кругом или наждачной шкуркой. Подготовленную поверхность обезжиривают ацетоном при помощи кисти с последующей выдержкой в течение 5 мин до полного испарения растворителя. В засверленные отверстия вставляют асбестовые пробки и утопляют их на 3/4 глубины. Выбранный по свойствам компаунд готовят к использованию (т. е. тщательно перемешивают компоненты). Затем его при помощи шпателя наносят в подготовленный шов в два слоя. Вначале наносят тонкий слой, тщательно втирая его в материал шва. Второй слой наносят с таким расчетом, чтобы он заполнил всю трещину с перекрытием кромок на 10...15 мм при толщине слоя 2...3 мм. Для ускорения процесса сушки и получения высокого качества отвержденного состава деталь нагревают до температуры 60...70 °С и выдерживают на время полимеризации (от 0,5 до 5 часов). Наплывы и потеки компаунда удаляют шабером, напильником или шлифмашинкой. Отремонтированные детали проверяют наружным осмотром или гидравлическим испытанием.

Тонкие трещины и небольшие раковины устраняют эпоксидной композицией, в которую входят только эпоксидная смола и отвердитель. Для повышения прочности и герметичности устраняемых трещин и пробоин применяют стеклоткани.

Пробоины в корпусной детали устраняют двумя способами: постановкой заплат внахлестку и заподлицо (рис. 2.33). При наложении заплат внахлестку по периферии пробоины сверлят отверстия диаметром 3,0...3,5 мм на расстоянии 20...30 мм одно от другого. Поверхность вокруг пробоины зачищают до металлического блеска и обезжиривают. На подготовленную поверхность наносят тонкий слой эпоксидной композиции и заполняют просверленные отверстия. Затем накладывают металлическую на-

кладку 1 толщиной 0,5...0,8 мм или накладку из стеклоткани, чтобы она на 15...20 мм перекрывала края пробоины, и слегка прижимают или прикатывают ее. На поверхность наклейки в зависимости от размеров пробоины поочередно наносят 3...5 слоев эпоксидной композиции и стеклоткани с прикаткой их роликом.

При наложении заплата заподлицо с поверхностью детали применяют металлическую накладку 3, которую с помощью закрепленной на ней проволоки 4 прижимают к поверхности пробоины. Затем поочередно накладывают слои эпоксидной композиции и стеклоткани. После отверждения композиции снимают металлическую пластину и отрезают концы проволоки.

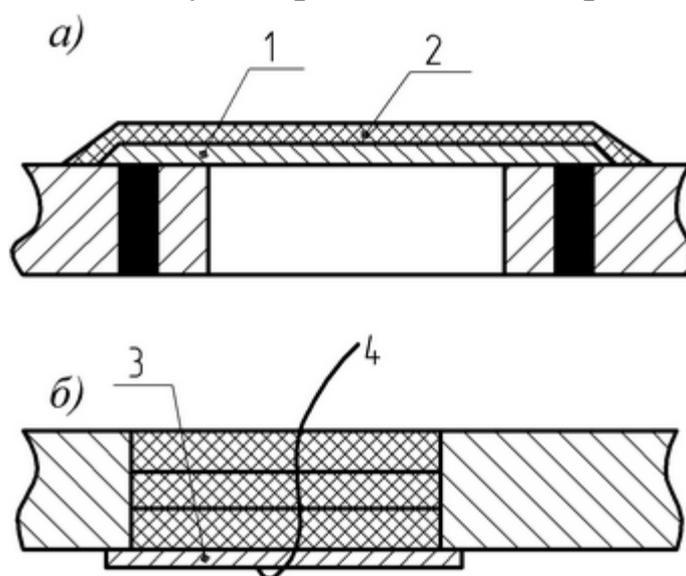


Рис. 2.33. Устранение пробоин постановкой заплат на эпоксидном компаунде: *а* – внахлестку; *б* – заподлицо; 1, 3 – металлическая накладка; 2 – клеевая заклепка; 4 – проволока

Нанесением эпоксидных компаундов восстанавливают и изношенные (до 1–2 мм) посадочные поверхности под подшипники и неподвижные сопряжения (крестовины карданных валов, посадки рычагов на осях, втулок, шкивов и т. д.) Для этих целей используют высокопрочные на сжатие компаунды (например, АНАТЕРМ-205), содержащие металлические наполнители. При восстановлении посадки готовится компаунд, наносится на сопрягаемые поверхности и детали фиксируются в рабочем состоянии друг относительно друга на время полимеризации. Для повышения прочности соединение нагревают до 60...70 °С. Если

соединение должно быть разъемным, поверхность неизношенной детали смазывают тонким слоем масла.

После отверждения компаунда восстанавливаемые поверхности обрабатывают на металлорежущих станках или слесарно-механическим инструментом. Герметичность отремонтированных блоков цилиндров и головок цилиндров проверяют на стендах для гидравлического испытания.

### 2.8.3. Анаэробные полимеры и жидкие прокладки

**Анаэробные полимеры.** Все более широкое применение получают анаэробные клеи и герметики на акриловой основе: «Анатерм», «Унигерм» – отечественные, продукция зарубежных фирм: Henkel, DoneDial, Loctite, Abro и др. Это синтетические жидкие составы, способные длительное время в присутствии кислорода воздуха оставаться в исходном состоянии и быстро полимеризоваться при комнатной температуре в узких зазорах соединяемых деталей при нарушении контакта с кислородом воздуха с образованием прочного полимерного слоя. На скорость отверждения анаэробных полимеров (от нескольких секунд до нескольких часов) влияет зазор между соединяемыми деталями, температура при отверждении, отсутствие контакта с воздухом, характер покрытия поверхностей деталей и чистота этих поверхностей. Существуют и двухкомпонентные составы, полимеризующиеся после смешения компонент.

Технологический процесс восстановления и фиксации неподвижных соединений включает выбор марки анаэробного герметика, подготовку сопрягаемых поверхностей деталей, нанесение анаэробного герметика, сборку соединения. Для анаэробных герметиков с различной вязкостью рекомендуются максимальные зазоры в сопряжениях, которые они способны герметизировать – 0,07...0,60 мм.

Подлежащие сборке или герметизации поверхности деталей очищают от ржавчины и окалины механическим способом, масляные и другие загрязнения удаляют органическими растворителями. Неметаллические материалы, отличающиеся большой пористостью, не обезжиривают, а зачищают шлифовальной шкуркой. На очищенную и обезжиренную поверхность наносят герме-

тик с помощью капельницы флакона или при помощи кисти, шпателя.

В отвержденном состоянии анаэробные герметики нерастворимы в органических растворителях, обладают хорошей химической стойкостью, устойчивы к действию высоких механических нагрузок и переменных температур, стойки к ударам и вибрации, обеспечивают уплотнение изделий с высокой степенью герметичности.

С помощью герметиков восстанавливают посадочные поверхности деталей в неподвижных соединениях, обеспечивают герметизацию и стопорение резьбовых соединений, устраняют пористость поверхностей деталей после наплавки и напыления покрытия, герметизируют сварные швы и другие виды работ. Для восстановления посадочных зазоров и натягов в сопряжениях, предупреждения от задиров при запрессовке и распрессовке поверхностей сопрягаемых деталей, защиты их от коррозии, снижения концентрации напряжений на поверхности деталей и повышения их усталостной прочности, выравнивания удельных давлений по периметру используют, например, состав Loktite-660.

**Жидкие прокладки.** Повышение надежности соединений в узлах автомобилей, снижение трудоемкости и стоимости работ по их уплотнению дает новый вид герметизирующего материала – жидкие прокладки. Они представляют собой полимерные композиции различной степени вязкости. Изменяя форму в процессе сборки соединений, жидкие прокладки заполняют все микронеровности, царапины, риски и вмятины на поверхностях деталей и обеспечивают герметичность соединения. Жидкие прокладки могут применяться самостоятельно или в сочетании с твердой прокладкой. Они стойки к вибрациям, ударам и могут эксплуатироваться в широком диапазоне температур и давлений.

Для ремонтных целей используют универсальную жидкую прокладку «Гермесил» или другие марки на основе низкомолекулярного силиконового каучука.

Технологический процесс нанесения жидкой прокладки состоит из подготовки поверхностей соединения, нанесения жидкой прокладки, выдержки на воздухе, сборки соединения, закрытой выдержки до начала эксплуатации агрегата.

Для обеспечения приклеивания прокладки соответствующую поверхность сопрягаемой детали подвергают обработке шлифовальной шкуркой, очистке шпателем с последующим обезжириванием органическим растворителем. Существующая масляная пленка на другой из сопрягаемых поверхностей предотвращает приклеивание к ней прокладки. Жидкую прокладку наносят на поверхность соединения выдавливанием валика из тубы с последующим разравниванием шпателем слоя прокладки. Отверждение прокладки происходит за счет ее взаимодействия с атмосферной влагой, начинается с поверхностного слоя и продолжается по мере диффузии влаги воздуха в глубь материала. Отверждение осуществляется за 10 мин, а эксплуатация агрегата допускается через 20...30 мин после нанесения жидкой прокладки.

Жидкие прокладки различных марок надежно заменяют картонные, паронитовые, резиновые. В отдельных случаях их можно использовать вместо асбестовых, пробковых, фибровых и других прокладок. Они позволяют восстанавливать герметизирующую способность прокладки головки цилиндра двигателя с устранением местных деформаций прокладки, нарушения покрытия. Жидкая прокладка позволяет также восстанавливать другие повреждения прокладки, герметизировать резьбовые соединения и шланги. Ее можно использовать при восстановлении изоляции электропроводки, для склеивания фар, герметизации соединений без полной разборки.

#### 2.8.4. Технология склеивания деталей

Синтетические клеи широко применяют при ремонте автомобилей благодаря существенным преимуществам клеевых соединений по сравнению с заклепочными, сварными и другими видами крепления. Основными их достоинствами являются: возможность соединения разнородных металлов, устойчивость к воздействию топлив и смазочных материалов, способность выдерживать высокие рабочие температуры, простота и дешевизна склеивания.

Поверхности деталей, подлежащие склеиванию, тщательно очищают от загрязнений, обезжиривают и придают им шероховатость. Затем наносится слой клея и производится его полимеризация.

зация. Время и температура полимеризации клея зависят от марки и указаны в инструкции по его применению. Нанесение толстых (до 0,50 мм) слоев клея резко снижает прочность соединения (кроме эпоксидных клеев). Для некоторых типов клеев необходимо нанести два-три слоя клея толщиной 0,10...0,15 мм с сушкой каждого из них.

Наиболее прочное склеивание достигается применением эпоксидных и акриловых (цианоакрилатных) клеев, описанных выше.

Кроме этих клеев до сих пор еще широко применяются синтетические клеи БФ-2, БФ-4, ВС-10Т, БФТ-52, ВС-350 и др. Клеи БФ-2, БФ-4 относятся к числу универсальных и применяются для склеивания металлов и пластмасс между собой и с другими материалами, работающими при температуре не выше 80 °С. При ремонте автомобилей их используют для приклеивания заплат при устранении пробоин на бачках радиаторов, топливных баков. Они применяются и при сборке кузовов и кабин автомобилей. На склеиваемые поверхности клеи наносятся в 1–3 слоя с последующей сушкой каждого слоя при температуре 15...30 °С в течение 1 ч и при температуре 55...60 °С в течение 15 мин. Отверждение производится при температуре 140...150 °С и давлении 0,5...0,6 МПа в течение 1 ч.

Клей ВС-ЮТ в основном используется для приклеивания фрикционных накладок к тормозным колодкам и дискам сцепления. Применяется он и для склеивания металлов, стеклотекстолитов, работающих при температуре не выше 200 °С. На подготовленные поверхности наносится первый слой клея с последующей выдержкой на воздухе в течение 10...15 мин и второй слой – до полного высыхания. После просушки клея склеиваемые детали соединяют, обеспечивая давление 0,5...1,0 МПа (рис. 2.34). Отверждение производится при температуре 180 °С в течение 1...2 ч.

Одной из разновидностей склеивания деталей является стопорение резьбовых соединений фиксаторами резьб. Данные составы представляют собой метакриловые клеи, полимеризующиеся в отсутствие кислорода воздуха (т. е. после закручивания резьбы). Фиксаторы резьб бывают слабой фиксации, средней (откручиваемые ручным инструментом) и сильной фиксации (разборка после нагрева до 200–300 °С). Использование фиксато-

ров исключает самоотвинчивание соединений, повышает антикоррозийную защиту и увеличивает нагрузочную способность резьбы.

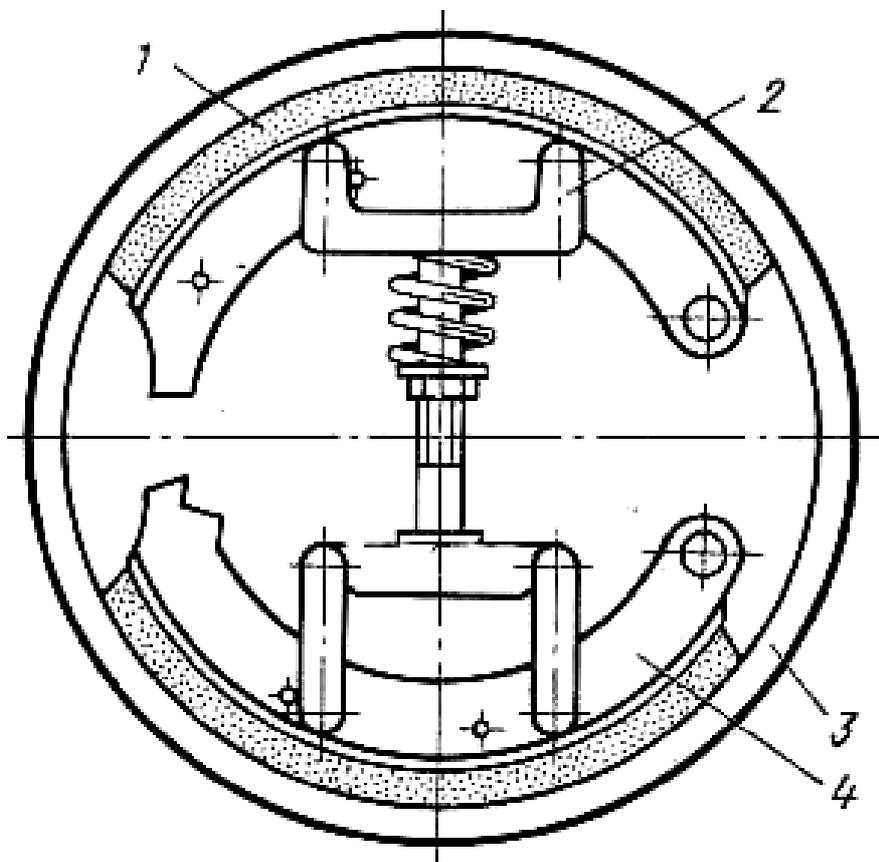


Рис. 2.34. Приспособление для прессования тормозной накладки:  
1 – тормозная накладка; 2 – винтовой нагружатель;  
3 – технологический барабан; 4 – тормозная колодка

### 2.8.5. Восстановление деталей термополимерами

Для восстановления цилиндрических поверхностей деталей применяют порошкообразные полиамиды. Покртия полиамидных (капроновых) порошков обладают высокой механической прочностью, хорошими антифрикционными свойствами и износостойкостью, низким коэффициентом трения. В распыленном состоянии порошки обладают высокой адгезией к металлу, стойки к воздействию органических кислот и масел. Наиболее широкое распространение получили следующие способы напыления: вихревой, вибрационный, газопламенный. Для напыления используют порошки, полученные механическим или химическим

путем из гранул полиамидов. Напылением порошковых полиамидов восстанавливают отверстия в корпусных деталях, шейки осей колодки тормоза и педали сцепления, шейки валика водяного насоса и поверхности других деталей. Для снятия внутренних напряжений покрытые полиамидами детали подвергают термической обработке путем их нагрева в масле до температуры 140...160 °С в течение 15...60 мин. После охлаждения производят механическую обработку покрытия детали. Порошковые пластмассы наносят также путем их напыления на предварительно подогретую поверхность детали. При этом деталь подогревают до температуры плавления пластмассы. Частицы порошка, попадая на нагретую поверхность детали, расплавляются и образуют покрытие.

**Вихревое напыление.** Сущность его заключается в том, что предварительно обезжиренную и подогретую до температуры 280...300 °С деталь помещают в специальную камеру, где пластмассовый порошок под действием сжатого газа находится во взвешенном состоянии, оседает на нагретую поверхность детали и расплавляется на ней. Камера 4 вихревого напыления разделена пористой перегородкой 5 на две части (рис. 2.35). В нижнюю часть камеры подается сжатый воздух или азот. Сверху на пористую перегородку насыпают порошок пластмассы. Сжатый газ, проходя с определенным давлением через пористую перегородку, взвихривает его в камере. Время выдержки детали в камере зависит от необходимой толщины покрытия. Вихревое напыление обеспечивает получение покрытия толщиной 0,1...0,5 мм.

**Вибрационное напыление.** Сущность процесса заключается в том, что на помещенную в специальную камеру обезжиренную и подогретую деталь оседает пластмассовый порошок, который поддерживается во взвешенном состоянии с помощью электромагнитного вибратора. Для поддержания порошка во взвешенном состоянии частота вибрации должна составлять 50...100 Гц. Вибрационное напыление обеспечивает получение толщины покрытия до 1 мм. Тонкостенные быстроохлаждающиеся детали после нанесения покрытия нагревают повторно до оплавления порошка покрытия.

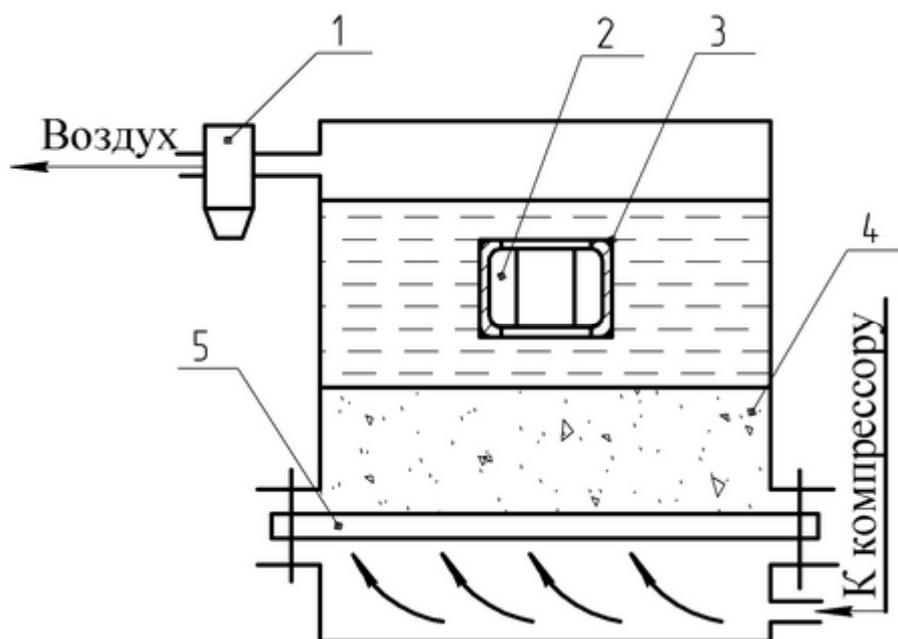


Рис. 2.35. Схема установки для вихревого напыления пластмассовых покрытий: 1 – уловитель порошка; 2 – напыляемая деталь; 3 – изоляция; 4 – камера; 5 – пористая перегородка

## 2.9. Технологические методы восстановления лакокрасочных и антикоррозионных покрытий

### 2.9.1. Назначение и виды лакокрасочных материалов

Лакокрасочные покрытия применяются для защиты деталей автомобиля от разрушения под влиянием внешней среды и придания им декоративного вида. На эксплуатационную надежность лакокрасочных покрытий влияют такие физические процессы, как растрескивание пленки вследствие различных коэффициентов теплового расширения материалов покрытия и защищаемого изделия, адсорбция на покрытии влаги, пыли и различных газообразных примесей, содержащихся в атмосфере. Под влиянием этих факторов происходят механическое разрушение и старение покрытия. Началом старения лакокрасочных покрытий является потеря его блеска. В дальнейшем покрытие теряет эластичность, растрескивается, шелушится и разрушается.

При недостаточной водостойкости пленки через ее поры проникает вода, которая, соприкасаясь с металлом, вызывает его кор-

розию под пленкой. Продукты коррозии вспучивают лакокрасочную пленку, и она отрывается от поверхности металла.

Другой случай разрушения лакокрасочного покрытия вызван аварийными повреждениями, при которых приходится менять или ремонтировать кузовные детали и соответственно заново окрашивать их.

В соответствии с функциями лакокрасочных покрытий они должны отвечать следующим требованиям: обладать стойкостью к воздействию окружающей среды, высокой прочностью на износ и механические воздействия, высокой адгезией при нанесении, декоративными свойствами, устойчивыми к колебаниям температур и др. В связи с невозможностью создания лакокрасочного материала, удовлетворяющего всем эксплуатационным требованиям, применяют многослойные покрытия.

В общем случае структура лакокрасочного покрытия состоит из слоев:

- фосфатированный слой пленки нерастворимых фосфатов, который увеличивает срок службы лакокрасочного покрытия, улучшает сцепление их с металлом и замедляет развитие коррозии в местах нарушения лакокрасочной пленки. При заводской окраске детали кузова подлежат фосфатированию в обязательном порядке;

- слой грунта, который имеет хорошую адгезию и обеспечивает в первую очередь защиту материала изделия, толщина этого слоя 15–25 мкм;

- шпаклевка для выравнивания неровностей;

- слой порозаполнителя – жидкой шпаклевки для заделки мелких дефектов на основном слое шпаклевки;

- краска (толщина слоя 25–35 мкм);

- лак, если используется краска с эффектом «металлик» (суммарная толщина слоя вместе с краской 30–40 мкм).

По составу лакокрасочные материалы состоят из многих компонентов, важнейшими из которых являются пленкообразующие, пигменты, растворители.

В качестве *пленкообразующих* используют естественные и искусственные смолы, растительные масла, битумы, эфиры и др. Они служат для образования пленки с достаточной адгезией и необходимыми служебными свойствами.

**Пигменты** служат для придания покрытию необходимого цвета, а также для улучшения ряда его свойств.

**Растворители** служат для придания лакокрасочным покрытиям необходимой вязкости, растекаемости, улучшения адгезии.

В состав лакокрасочных покрытий входят и другие компоненты, улучшающие их служебные и технологические свойства (например, отвердители для двухкомпонентных красок – эпоксидных и акриловых).

Свойства лакокрасочного материала в основном определяются типом пленкообразователя, и исходя из этого в авторемонте применяются следующие типы материалов:

- материалы на глифталевых смолах: шпаклевки ГФ-021, ГФ-02, ГФ-073 (с фосфатирующим эффектом) и др., ряд материалов импортных производителей. Режим сушки 20–24 °С – 24 ч, 70–80 °С – 0,5 ч. Материалы на этой основе обладают хорошей адгезией, защитными свойствами, недороги и нашли наибольшее применение в качестве грунта при авторемонте;

- материалы на эпоксидной основе: грунтовки ЭП-057, ЭП-060; краски ЭП-525 и др. Обладают отличной адгезией и защитными свойствами, но невысокими декоративными качествами. Сложные в нанесении и последующей обработке (полировке). Материалы двухкомпонентные: основа и отвердитель. Время полимеризации: 20–24 °С – 24 ч, 70–80 °С – 0,5 ч. Применяются в основном как второй слой грунта при производстве автомобилей и для окраски в особо тяжелых условиях эксплуатации;

- материалы на основе меламиналкидных смол: краски МЛ-12, МЛ-152, МЛ-197, «Вика-синтал» – отечественные и широкий ряд зарубежных производителей. Этот тип эмалей обладает прекрасными показателями: прочность, эластичность, высокая адгезия, долговечность, отличные декоративные качества. Но все эти качества приобретаются в результате сушки при высокой температуре: 80–130 °С от 1 до 0,5 ч. В настоящее время это наиболее применяемый материал для недорогой и качественной ремонтной окраски (кроме «Металликов»);

- материалы на основе акриловых смол: «Вика-акрил» – отечественные и широкий ряд зарубежных производителей. Этот тип эмалей обладает самыми лучшими показателями: прочность, эла-

стичность, высокая адгезия, долговечность, отличные декоративные качества. Кроме того они очень технологичны: время полимеризации при 20–24 °С – 1 ч, легко наносятся, имеют отличную укрывистость, низкий расход. Материалы двухкомпонентные: основа и отвердитель. К недостаткам можно отнести высокую стоимость (в 2–4 раза больше, чем для меламиналкидных красок). Эти материалы в продажу поставляются только по системе цветоподбора, т. е. необходимый цвет получают в месте продажи смешением базовых компонентов. В настоящее время это наиболее качественные материал для ремонтной окраски;

– материалы на нитроцеллюлозной основе. Применяются как первый слой (база) для окраски с эффектом «металлик». Обладают отличными декоративными свойствами, но прочность и долговечность невысоки, поэтому требуется нанесение второго слоя – прозрачного лака на акриловой основе, который придает блеск и защитные свойства. Эти материалы в продажу поставляются также только по системе цветоподбора. Время полимеризации при 20–24 °С – 10 мин.

Кроме перечисленных применяется еще ряд материалов: термостойкие краски КО для деталей выпускной системы, краски для пластмассовых и резиновых деталей и др.

В современных условиях фирмы-производители лакокрасочных материалов поставляют систему (комплект) материалов для восстановления лакокрасочного покрытия. В такой комплект входит грунтовка, эмаль обычная и металлик, лак, шпаклевки и порозаполнители, а также растворители. Использование этих материалов в комплексе дает наиболее качественный результат по окраске автомобиля.

### 2.9.2. Технология восстановления лакокрасочного покрытия

Ремонт лакокрасочного покрытия состоит из следующих основных операций:

- подготовки поверхности;
- нанесения слоя грунта;
- нанесения шпаклевки для выравнивания окрашиваемой поверхности;

- шлифования для сглаживания шероховатостей и неровностей;
- нанесения слоя порозаполнителя (или слоя краски) для выявления дефектов зашпаклеванной и зашлифованной поверхности;
- нанесения слоя эмали, краски, лака в соответствии с техническими требованиями;
- сушки покрытия;
- полирования (при необходимости).

От качества подготовки поверхностей в значительной степени зависит долговечность лакокрасочного покрытия. Прежде всего автомобиль тщательно моют, обязательно и снизу – днище, колеса, арки колес, а если он разобран полностью, то и салон. В противном случае при окраске создаваемые распылителем воздушные вихри увлекают пыль и грязь, которые, оседая на сырой эмали, испортят качество покрытия. При покраске кузова снаружи автомобиль разбирают только частично, демонтируя бамперы, облицовку радиатора, молдинги и другие детали. Полная окраска требует и полной разборки.

При ремонте первой операцией подготовки под окраску является удаление старой краски, продуктов коррозии и жировых загрязнений. Существует три способа удаления старой краски: огневой, механический и химический.

Огневой способ имеет весьма ограниченное применение и заключается в том, что старая краска выжигается с поверхности детали пламенем газовой горелки или паяльной лампы. Для удаления старой краски с деталей кузова и оперения этот способ применять не рекомендуется.

Механический способ заключается в том, что старая краска удаляется с помощью щеток с механическим приводом, иглофрезой, дробью. При дробеструйной очистке и очистке механизированным ручным инструментом одновременно с лакокрасочным покрытием удаляются ржавчина и окалина. Наиболее распространенным абразивным материалом для дробеструйной обработки металлических поверхностей является металлическая дробь, выпускаемая промышленностью с размером зерен 0,2–0,3 мм. Шероховатость обработанной поверхности не должна быть больше

20–30 мкм, что обеспечивает высокое качество вновь нанесенного защитного покрытия.

Для осуществления дробеструйной обработки используют передвижной дробеструйный аппарат с ручным пистолетом. В этом аппарате предусмотрена автоматическая регенерация абразивной дроби и подача ее в дробеструйный пистолет.

Для удаления продуктов коррозии ручным механическим способом применяют различные установки. Из этих установок наибольший интерес представляет иглофреза. Изготовлена иглофреза из прямых отрезков высокопрочной проволоки с определенной плотностью набивки. Такой инструмент может срезать слой ржавчины, окарины, металла толщиной 0,01–1 мм. Из ручного механизированного инструмента для очистки поверхностей и удаления лакокрасочных покрытий используют также шлифмашинки разных конструкций.

Для удаления покрытий химическим способом применяют различные смывки (табл. 2.5). Смывки наносят на поверхность распылением или кистью. Через несколько часов покрытие вспучивается, и его удаляют механическим способом, а затем поверхность промывают водой. Химический способ удаления старой краски наиболее эффективен как по качеству, так и по производительности, но не удаляет ржавчину, окарину и т. п.

В зависимости от состояния наносимого материала и способа его подачи на окрашиваемую поверхность используют самые разнообразные методы окрашивания: механические (кистью, тампоном), окунанием, пневматическим и безвоздушным распылением.

Механический способ прост, но не дает необходимые декоративные свойства и применяется для окраски деталей с невидимой стороны (рама, полости кузова). Окунанием окрашивают небольшие детали. Как разновидность способа окунания производят окраску мелких выбоин и царапин на кузовных деталях, нанося капельку краски с заостренной палочки.

Таблица 2.5

## Смывки лакокрасочных покрытий

| Тип смывки | Состав смывки                 |               | Пленкообразователи удаляемых лакокрасочных покрытий  |
|------------|-------------------------------|---------------|--|
|            | Компоненты                    | Содержание, % |  |
| СД (СП)    | диоксалан-1,3                 | 50            | Масляные, фенольно-масляные, виниловые   |
|            | бензол                        | 30            |  |
|            | этиловый спирт                | 10            |  |
|            | ацетон                        | 10            |  |
| АФТ        | диоксалан-1,3                 | 47,5          | Нитроцеллюлозные, масляные, виниловые, фенольно-масляные, поливинилбутиральные   |
|            | толуол                        | 28,0          |  |
|            | ацетон                        | 19,0          |  |
|            | колоксилин                    | 5,0           |  |
|            | парафин                       | 0,5           |  |
| СП-6       | метиленхлорид                 | 70,36         | Масляные, алкидные, винилхлоридные, полиакрилатные, меламиноформальдегидные, эпоксидные  |
|            | смола ПСХ-С                   | 11,24         |  |
|            | диоксалан-1,3                 | 9,21          |  |
|            | ксилол                        | 5,62          |  |
|            | уксусная кислота              | 2,25          |  |
|            | парафин                       | 1,12          |  |
| СП-7       | метиленхлорид                 | 75,8          | Масляные, алкидные, винилхлоридные, полиакрилатные, меламиноформальдегидные, эпоксидные. Покрытия, состоящие из грунтов В-КФ-093, ЭФ-083 и эмалей МЛ-197, МЛ-12, МЛ-1110 |
|            | этиловый спирт                | 8,4           |  |
|            | аммиак (25%-ный раствор)      | 6,2           |  |
|            | метилцеллюлоза                | 4,0           |  |
|            | диэтиленгликоль               | 2,5           |  |
|            | ОП-7                          | 1,5           |  |
|            | жирные кислоты льняного масла | 1,0           |  |
|            | парафин                       | 0,6           |  |
| СПС-1      | метиленхлорид                 | 69,6          | Эпоксидные, эпоксидно-этинолевые, полиуретановые, алкидные, масляные   |
|            | тиксотропная паста            | 13,2          |  |
|            | этиловый спирт                | 7,7           |  |
|            | ОП-7, ОП-10                   | 5,0           |  |
|            | парафин                       | 3,7           |  |
|            | жидкое мыло                   | 0,8           |  |

Пневматическое распыление является наиболее распространенным методом нанесения ремонтного покрытия. В авторемонтном производстве окраска кузовов осуществляется распылением краски при помощи пистолета-краскораспылителя. Способ окраски краскораспылителем высокопроизводителен и более экономичен по сравнению с ручным способом. При малом объеме окрасочных работ, а также при исправлении дефектов пользуются пульверизатором (рис. 2.36), снабженным стаканчиком для краски, смонтированным на корпусе пистолета (краскораспылитель КР-Ю и др.). Подача краски производится самотеком под действием силы тяжести или инъекционным способом. Разведенная краска поступает в пистолет, откуда разбрызгивается на окрашиваемую поверхность воздушной струей. Воздух от компрессора через масловлагоотделитель поступает к пистолету под давлением 0,3–0,4 МПа.

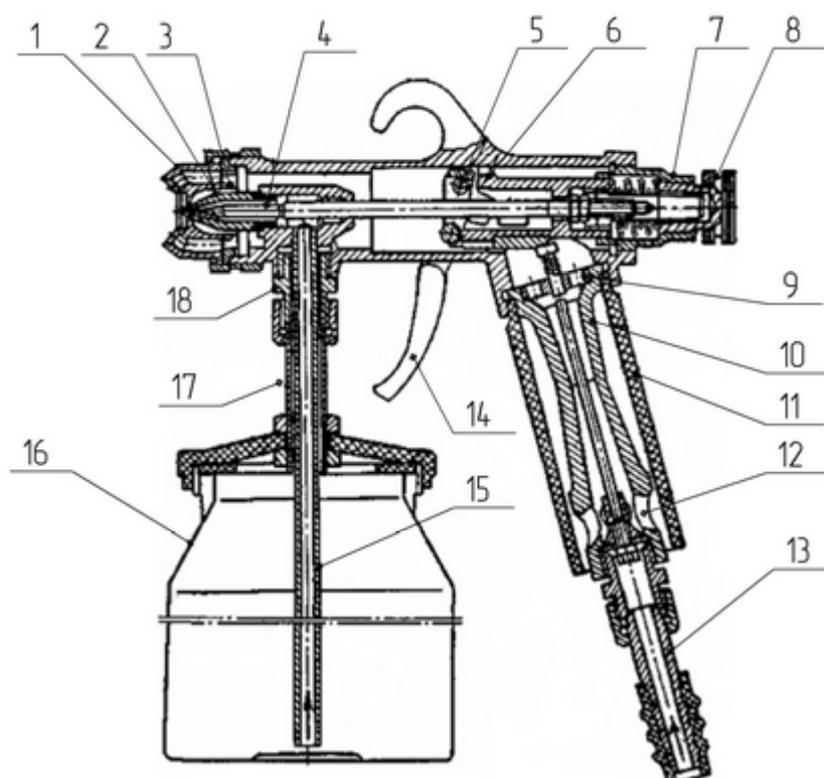


Рис. 2.36. Схема бестуманного пистолета-распылителя:  
 1 – головка; 2 – сопло; 3 – факельное кольцо; 4 – игла; 5 – рычаг;  
 6 – затвор; 7, 8 – регулировочные гайка и винт; 9 – решетка;  
 10 – патрубок; 11 – рукоятка; 12 – воздушное сопло;  
 13 – ниппели; 14 – спусковой крючок; 15, 17 – трубки;

16 – стаканчик; 18 – штуцер

Для окраски больших поверхностей кузова применяются краскораспылители с отдельным бачком. Давление на краску в нагнетательном бачке  $1,5\text{--}2\text{ кг/см}^2$  ( $0,15\text{--}0,20\text{ МПа}$ ). Для обеспечения одинаковой консистенции краски бачок снабжен мешалкой, приводимой в движение от руки. Окрашивание кузова производится в распылительных камерах.

Способ окрашивания распылением краски имеет ряд существенных недостатков: метод требует разжижения краски до определенной вязкости растворителем, что приводит к большей пористости слоя краски и возможным потекам при ее нанесении, тяжелые санитарно-гигиенические условия работающих.

Безвоздушное распыление красок можно осуществлять с подогревом и без подогрева красок. Сущность способа безвоздушного распыления красок состоит в следующем (рис. 2.37).

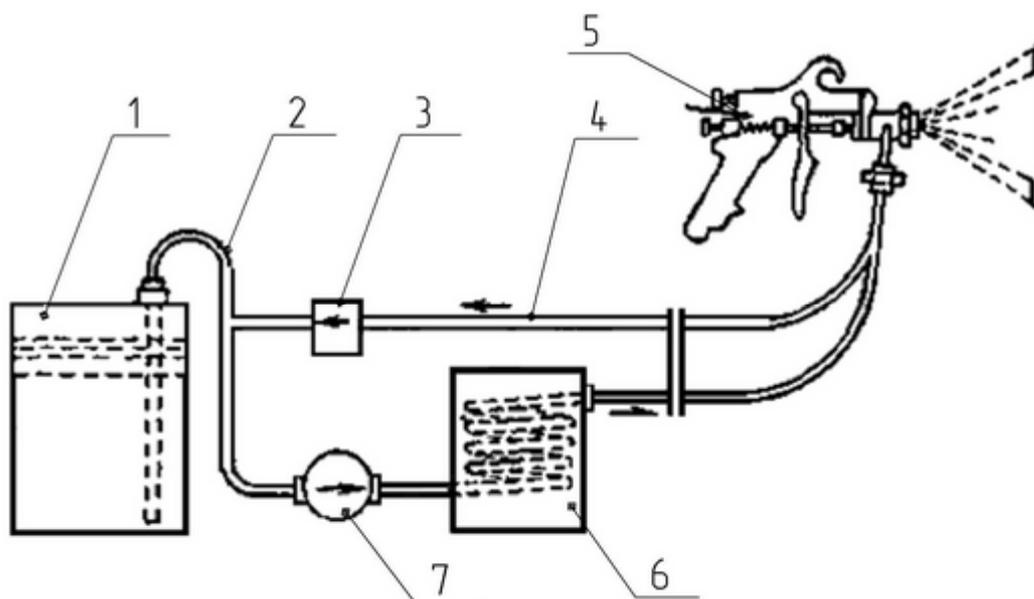


Рис. 2.37. Схема установки для безвоздушного распыления

Краска из бачка 1 по питающей линии 2 насосом 7 под давлением  $4\text{--}6\text{ МПа}$  подается к подогревателю 6, где нагревается до  $70\text{--}100\text{ }^\circ\text{C}$ , а затем поступает к распылителю 5. При выходе краски из сопла в атмосферу происходит большой перепад давления от  $4\text{--}6\text{ МПа}$  до  $100\text{ кПа}$ . При этом происходит большое увеличение объема и дробление частиц краски и мгновенное испарение быстро летучей части растворителя. Факел распыляемой краски

становится защищенным от окружающей среды оболочкой паров растворителя, поэтому тумана не образуется. Потери краски на туманообразование снижаются в 2–4 раза по сравнению с пневматическим распылением, а санитарные условия работы улучшаются. В применяемых установках неиспользованная часть краски насосом 7 подается обратно в бачок 1 по шлангу 4 через регулирующий клапан 3.

Безвоздушным распылением можно наносить все применяемые для окраски лакокрасочные материалы. Покрытие получается хорошего качества, равномерной толщины и почти при полном отсутствии пористости. Для безвоздушного распыления с подогревом выпускается установка УРБ-3 во взрывобезопасном исполнении с усовершенствованной конструкцией сопел. Окраску безвоздушным распылением без подогрева краски целесообразно применять в том случае, когда не требуется высокого качества декоративности покрытия, например при грунтовании. Хотя процесс нанесения краски при этом проще, чем при распылении с подогревом, все же покрытие получается неровным, с потеками.

*Окраска в электростатическом поле* является одним из наиболее экономичных методов окрашивания. Сущность его заключается в том, что при создании электрического поля высокого напряжения частицы краски приобретают заряд и осаждаются на окрашиваемой поверхности детали, имеющей противоположный заряд. Наносить покрытия в электростатическом поле можно в стационарных камерах или при помощи передвижных ручных установок. Но ввиду сложности метод в ремонте практически не применяется.

*Сушка лакокрасочных покрытий.* Лакокрасочные материалы при обычной температуре сохнут медленно (24–48 ч), а меламиноалкидные эмали на воздухе совсем не сохнут, сушка их происходит только при повышенной температуре. Для ускорения процесса высыхания лакокрасочной пленки и придания ей прочности и твердости применяют искусственную сушку окрашенных изделий. Применяются два способа сушки: конвекционный – обогревание изделий горячим воздухом в специальных сушильных камерах и терморadiационный – инфракрасными лучами за счет теплоизлучения (рис. 2.38)

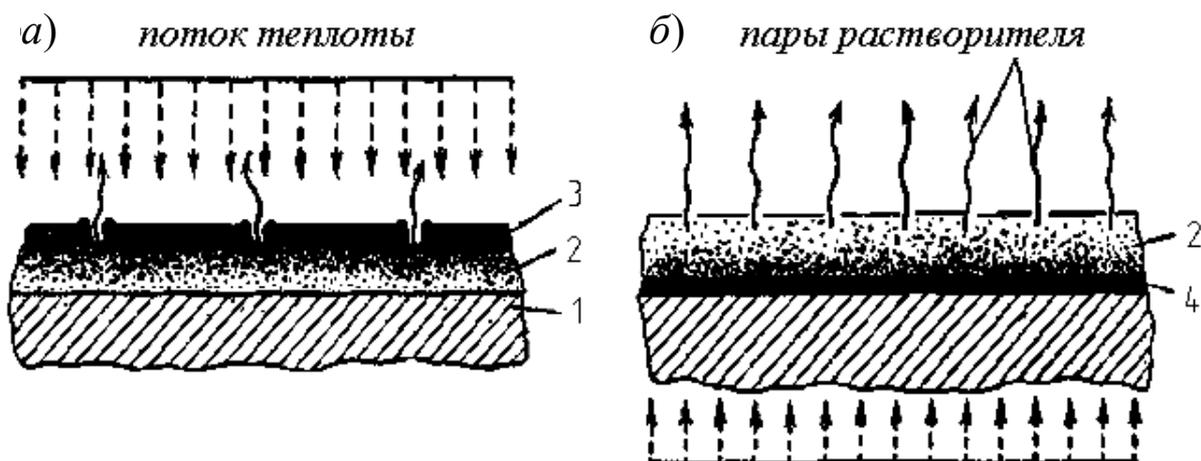


Рис. 2.38. Схема образования лакокрасочного покрытия при сушке: *а* – конвекцией; *б* – терморрадиацией; 1 – изделие; 2 – не засохший слой; 3 – корка; 4 – высыхающий слой

При конвекционном способе сушки высыхание краски происходит с поверхности покрытия с образованием поверхностной пленки, препятствующей высыханию нижних слоев и улетучиванию из слоя краски растворителя. Пары растворителя приводят к разрушению покрытия и образованию пор. Длительность сушки при этом увеличивается. Все это является недостатком данного способа.

Терморрадиационная сушка – сушка инфракрасными лучами, основанная на свойстве инфракрасных лучей проникать через различные среды. Инфракрасные лучи с длиной волны 4–5 мкм способны проникать через воздух и слой краски, теряя при этом незначительную часть своей энергии. Основная же часть электромагнитной энергии инфракрасного излучения задерживается и аккумулируется металлом изделия и переходит в тепловую энергию. При этом металл нагревается, и теплота от него передается краске. Таким образом, распространение теплоты по толщине покрытия и высыхание краски происходит от нижних слоев, прилегающих к поверхности изделия, к наружным слоям. При этом пары растворителя свободно улетучиваются, и образования поверхностной пленки не происходит, так как отверждение верхних слоев краски наступает в последнюю очередь.

Для сушки отдельных участков кузова, окрашенного мела-

миноалкидными эмалями, можно использовать ламповые излучатели. Лампы устанавливаются на расстоянии 200–300 мм от окрашенной поверхности и располагаются перпендикулярно к ней. Вместо инфракрасных ламповых излучателей широкое распространение получили панельные излучатели инфракрасных лучей закрытого типа, представляющие собой чугунные плиты, нагреваемые газом или электрическим током. Термоизлучатели, обогреваемые током, изготавливаются не только в виде плит, но и в виде трубчатых электронагревателей с параболическими отражателями. Для сушки небольших поверхностей кузова, окрашенного меламиноалкидными эмалями, применяются трубчатые терморрадиационные рефлекторы темного излучения. Термоизлучатель состоит из трубчатых нагревательных элементов, температура которых на наружной поверхности достигает 400–450° С.

Продолжительность сушки меламиноалкидной эмали: первого слоя 6–10 мин, второго – 15–20 мин. Терморрадиационная сушка лакокрасочных покрытий является прогрессивным производительным способом, позволяющим сократить продолжительность сушки по сравнению с конвекционной в 2–5 раз.

### 2.9.3. Восстановление антикоррозийных покрытий

Автомобиль выходит с завода с защищенным от коррозии кузовом. Этому служат эмали, грунты, мастики, герметики, гальванические покрытия и другие средства, предохраняющие металл узлов и деталей от контакта с влагой. Кроме этих функций такие покрытия служат также как дополнительная антишумовая и антивибрационная защита.

Тем не менее, существующие защитные покрытия кузовов автомобилей всех марок неспособны безгранично долго противостоять разрушительному воздействию дорог, климата и агрессивных веществ, содержащихся в воздушном бассейне современных промышленных городов. В зависимости от реальных условий раньше или позже на кузовах появляются очаги коррозии, развивающиеся с разной степенью интенсивности. Этот процесс необратим. Его нельзя остановить полностью, но замедлить возможно. Кроме того, антикоррозийные покрытия могут разрушаться вследствие аварийных повреждений.

По своему назначению антикоррозионные покрытия можно разделить на четыре группы:

- покрытия для защиты скрытых полостей кузова;
- покрытия для защиты колесных арок;
- покрытия для защиты внутренних поверхностей кузова;
- защита сварочных и стыковых швов.

*Покрытия для защиты скрытых полостей* кузова должны иметь следующие свойства:

- быть легко проникающим и в труднодоступные, скрытые полости автомобиля (пороги, лонжероны, усилители и др.), т. е. достаточно жидким и в процессе нанесения;
- обладать вытесняющими влагу свойствами;
- содержать вещества, останавливающие коррозию (ингибиторы коррозии);
- обладать хорошей адгезией к поверхности металла, иметь способность смачивать и подниматься по вертикальной поверхности;
- после нанесения создавать на поверхности металла эластичную пленку, надежно защищающую его от воздействия внешней среды. Эта пленка не должна разрушаться под воздействием рабочих температур покрытия ( $-40+60$  °С).

Некоторые современные антикоры имеют в своем составе люминисцентные вещества, светящиеся при облучении ультрафиолетовой лампой. Это позволяет легко контролировать качество нанесения покрытия.

В большей или меньшей степени такими свойствами обладают ряд препаратов, как отечественных, так и импортных: «Мовиль», «Тектил», «Ваксойл», «Соудал» и др.

Этот тип антикоррозионных составов наносится в основном с помощью безвоздушного распыления. В качестве распылителя используется установка, похожая на установку для безвоздушного распыления краски (рис. 2.39).

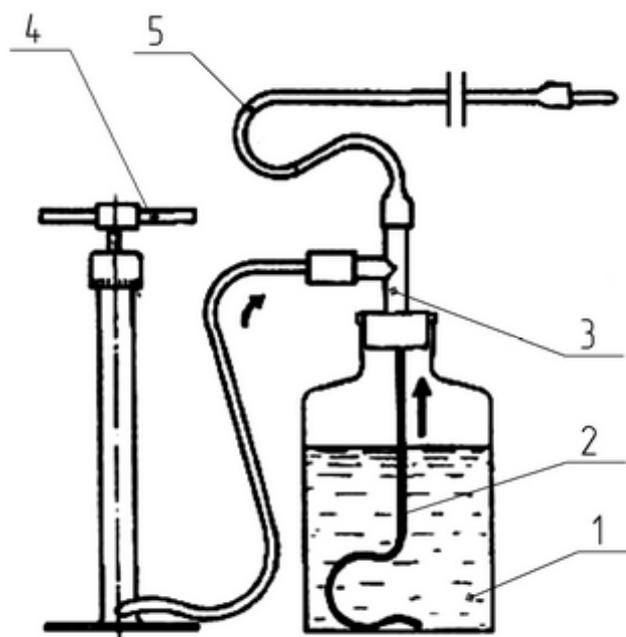


Рис. 2.39. Устройство для распыления антикоррозионных составов в скрытые полости: 1 – бак с составом; 2 – трубка подачи; 3 – штуцер подачи нагнетающего воздуха; 4 – воздушный насос; 5 – шланг с форсункой на конце

*Покрyтия для защиты колесных арок и днища кузова.* Эти антикоррозийные составы предназначены для защиты всех наружных поверхностей кузова, расположенных снизу днища: внутренние поверхности крыльев и брызговиков; наружные поверхности лонжеронов и усилителей пола, кронштейнов, бензобака и др. Все эти поверхности в процессе эксплуатации испытывают на себе воздействие водяных и грязевых потоков, образуемых колесами, удары камней и постоянно покрыты слоем грязи – то мокрым, пропитанным солевыми растворами, то замерзающим и при этом разбухающим. Резкие температурные колебания тоже постоянно сопровождают эксплуатацию автомобиля и его кузова. Такие жесткие условия приводят к тому, что малейшее повреждение защитных покрытий здесь вызывает быстрое развитие коррозионного поражения. Больше всего страдают колесные ниши, пороги и части днища, расположенные позади ведущих колес. В то же время именно они труднодоступны для осмотра, и тем большие усилия нужны для защиты их покрытия, улучшения его сохраняющей способности.

Таким образом, антикоррозионные составы для защиты этих поверхностей должны иметь следующий комплекс свойств:

- обладать высокой износостойкостью при абразивном износе;
- быть достаточно эластичными и не повреждаться при ударах;
- обладать хорошей адгезией к поверхности металла;
- давать возможность наносить толстый слой для антивибрационной и шумовой защиты;
- содержать вещества, останавливающие коррозию;
- покрытие не должно разрушаться, трескаться, твердеть или оплывать под воздействием рабочих температур эксплуатации ( $-40+60$  °С).

В наибольшей степени данным требованиям отвечают защитные покрытия на основе эпоксидных смол с добавлением каучука, резины для придания эластичности и ряда других добавок. В более дешевых покрытиях в качестве связующего используют битум с добавками полимеров и резиновой крошки. Наиболее дешевыми покрытиями являются битумные с добавками слюды, сланцев и т. п. (битумно-сланцевые).

На рынке присутствует большое количество антикоррозионных составов и мастик, как от отечественных, так и зарубежных производителей, отвечающих данным требованиям, например: «БПМ», «Мастика полимерно-битумная», «Антигравий», «Тектил для днища» и др.

Все перечисленные составы наносятся двумя способами: механическим (кистью) и распылением воздушным или безвоздушным. Для облегчения нанесения битумные мастики рекомендуется подогревать или разбавлять растворителями. Толщина наносимого слоя может составлять от 0,5 до 2 мм (рис. 2.40).

*Покрытия для защиты внутренних поверхностей кузова.* Предназначены для защиты от влаги: пола салона и багажника, внутренних поверхностей дверей и других поверхностей большой площади, к которым имеется свободный доступ для обработки. Одновременно данные составы являются антивибрационными и противозумовыми. Должны обладать теми же свойствами, что и предыдущие составы, но без предъявления требований к стойкости от абразивного износа. Выпускаются в основном в виде битумных мастик с различными наполнителями. Способ нанесения – механический или распылением. Как вариант имеют

распространение покрытия в виде ковра с алюминиевой или полимерной подложкой. При нанесении такого покрытия из целого рулона отрезают кусок нужной формы и размеров, накладывают на защищаемую поверхность, прикатывают липкой стороной. Дополнительно такое покрытие может быть прогрето с помощью теплового пистолета для лучшего прилипания к поверхности. Наиболее удобно такие покрытия использовать для вертикальных поверхностей: дверей, щита передка, боковых стенок салона.

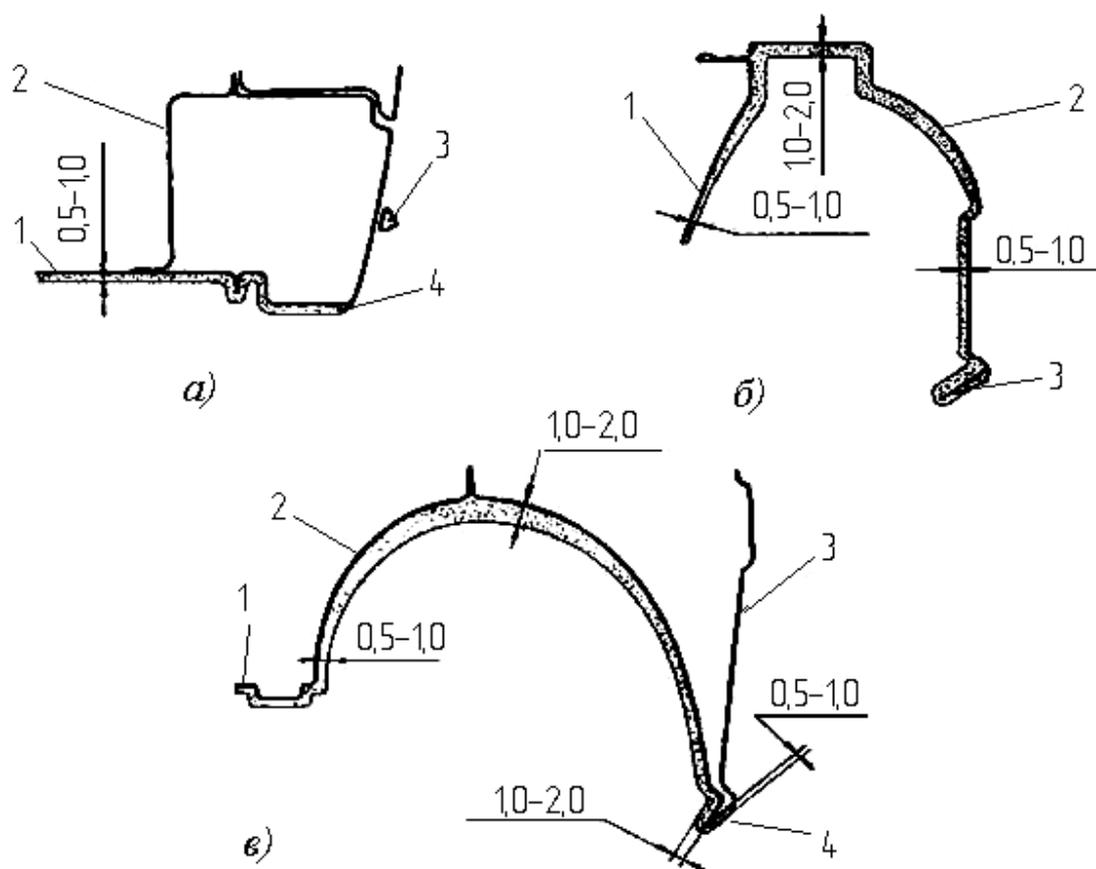


Рис. 2.40. Рекомендуемая толщина слоев защитной мастики на различных участках днища и колесных ниш: а – днище и пороги: 1 – пол кузова; 2 – порог; 3 – молдинг; 4 – мастика; б – ниша переднего колеса: 1 – брызговик; 2 – крыло; 3 – мастика; в – ниша заднего колеса: 1 – пол багажника; 2 – арка колеса; 3 – крыло; 4 – мастика

*Антикоррозийные составы для защиты сварочных и стыковых швов.* Очень многие соединения элементов кузова образуют щели. К ним относятся приварочные поверхности элементов кузо-

ва, собираемых на болтах до окраски, – передних крыльев, брызговиков облицовки радиатора, петель дверей и других деталей. Сюда же можно отнести и многие швы точечной сварки и фальцевые соединения наружных и внутренних панелей дверей, капота, крышки багажника и практически всех кузовных деталей (рис. 2.41). В процессе эксплуатации в эти щели может попасть влага, проникнуть в глубь которой поможет капиллярный эффект. Эта попавшая влага практически не высыхает, и соединение начинает корродировать изнутри. Дополнительно нужно отметить, что эти соединения «дышат», т. е. деформируются в процессе эксплуатации кузова, вследствие его нежесткости. Поэтому к составам для обработки таких поверхностей предъявляются требования:

- быть легко проникающими в щели;
- обладать вытесняющими влагу свойствами;
- содержать вещества, останавливающие коррозию (ингибиторы коррозии);
- обладать хорошей адгезией к поверхности металла, иметь способность смачивать и подниматься по вертикальной поверхности;
- герметизировать шов, оставаясь эластичными в рабочем интервале температур ( $-40+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Исходя из перечисленных требований, наиболее подходящим для защиты таких стыков у новых деталей кузова будет полимеризующийся на воздухе силиконовый герметик. Герметики поставляются в продажу в виде туб, для выдавливания необходимо иметь специальный пресс-пистолет.

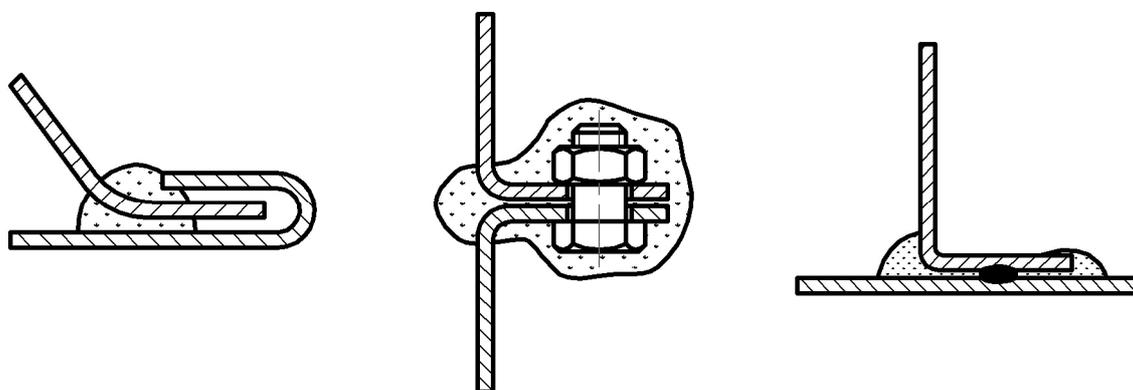


Рис. 2.41. Антикоррозионная обработка соединений кузовных деталей, где образуются щели (точками показан нанесенный герметик)

Для защиты от коррозии старых (уже начавших корродировать) деталей лучше всего использовать комбинацию двух составов. Саму щель напитать составом для защиты скрытых полостей. Такие составы имеют хорошую способность растекаясь смачивать поверхности. Если вдоль любой щели капнуть «Мовилем», то он будет уходить в нее, а подпитывая эту каплю до тех пор, пока она исчезает, можно заполнить щель до краев, предотвратив в дальнейшем попадание сюда воды. Подпитывают каплю заостренной палочкой, тонкой кисточкой или масленкой с тонким носиком. Если размер щели позволяет, то «Мовиль» вносят непосредственно кисточкой.

Затем после обработки проникающим средством с наружных поверхностей шва растворителем удаляют его пятна и потеки и сверху наносят из тубы силиконовый герметик.

### 3. ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ АВТОМОБИЛЕЙ

#### 3.1. Основы разработки технологических процессов восстановления деталей

Основным назначением разработки технологических процессов при ремонте является установление содержания и последовательности выполнения операций по восстановлению служебных свойств деталей, узлов и агрегатов с обеспечением высокого качества при минимальных трудовых и материальных затратах. Исходными данными при разработке технологического процесса являются:

- годовой объем выпуска объектов ремонта;
- чертеж узла или сборочной единицы, в который входит деталь;
- рабочий чертеж детали с техническими условиями на ремонт и контроль;
- технологический процесс изготовления детали на предприятии-изготовителе, необходимый для установления преемственности процессов изготовления и ремонта;
- ремонтный чертеж детали, выполненный в соответствии с требованиями стандарта на ремонтную документацию;
- сведения о числе поврежденных поверхностей, характере повреждений, вероятных сочетаниях дефектов у изношенных деталей, числе деталей с определенными сочетаниями дефектов. Эти сведения являются важными и обязательными при определении рациональной последовательности устранения дефектов, объемов ремонтируемых деталей по маршрутам, числа технологических маршрутов, потребности и загрузки оборудования, норм материалов и других технико-экономических расчетов;
- указания о предпочтительном способе устранения отдельных дефектов детали и сочетаний дефектов, данные об уровне восстановления долговечности детали и других служебных свойств их поверхностей;
- справочные и паспортные данные об оборудовании, режущем, измерительном и вспомогательном инструменте, руково-

дящие и нормативные материалы, обобщение передового опыта и научно-технических достижений.

Разработка технологического процесса восстановления детали включает целый комплекс работ:

1. Анализ технологического процесса изготовления детали (выполняется в целях установления преимущества процессов изготовления и ремонта).

2. Анализ информации о частоте и характере повреждений детали (выполняется с целью формирования технологических маршрутов восстановления и определения их числа).

3. Анализ и систематизация возможных способов устранения отдельных дефектов детали. Выбор методов восстановления.

4. Выбор схемы технологических баз для обработки, обеспечивающих соответствующие технические условия на ремонт детали. При этом чаще всего восстанавливаются существующие технологические базы или в качестве таковых выбираются вспомогательные базовые неизношенные поверхности.

5. Разработка состава и последовательности выполнения технологических операций и заполнения маршрутной карты. При этом по каждой операции предварительно намечается оборудование, приспособления, режущий, измерительный и вспомогательный инструмент. На основании маршрутной карты составляются операционные карты на все операции. Операции расчленяются на переходы, в которых указывается способ установки и крепления детали, проводимая при переходе работа с указанием номера поверхности обработки. Размеры обработки указываются на эскизе.

6. Выбор средств технологического оснащения по каждой операции (оборудования, приспособлений, режущего, измерительного и вспомогательного инструмента). Технологическое оборудование должно обеспечить требуемое качество ремонта и производительность, отвечающую наименьшему технологическому циклу, механизацию и автоматизацию трудоемких технологических процессов, требования охраны труда. В авторемонтном производстве возможно применение универсального, специализированного и специального оборудования. Универсальное оборудование находит широкое применение при ремонте на всех стадиях технологического процесса. К нему следует отнести

прежде всего металлорежущие станки, располагающие высоким технологическим потенциалом, простотой и доступностью.

Специализированное (групповое) оборудование целесообразно применять при систематическом характере выполнения операции для деталей данного типоразмера. К нему следует отнести моечные установки, механизированные ванны, установки для очистки деталей косточковой крошкой, конвейерные линии и т. п. Такое оборудование позволяет обеспечивать обработку деталей нескольких наименований, сходных по технологическим целям и конструкции. Специальное оборудование имеет, как правило, узкие технологические цели и не может использоваться для ремонта объектов других наименований. К специальному оборудованию относятся, например, специальные станки для восстановления крестовин, шлифовки распредвалов и т. п.

7. Установление размеров общих операционных припусков и допусков на обработку. Припуск на обработку восстановленных деталей колеблется в значительных пределах для одной и той же детали (поверхности) в зависимости от способа восстановления. Например, после хромирования шеек валов припуск составляет 0,05...0,03 мм, при металлизации тех же валов 1...3 мм, а после наплавки 2...4 мм. При восстановлении деталей под ремонтный размер (коленчатые валы, гильзы) наблюдаются большие колебания припусков из-за неравномерного износа и искажения геометрической формы поверхности.

8. Установление режимов резания и нормирование технологического процесса. Рассчитанные режимы резания должны быть оптимальными и обеспечивать наибольшую производительность труда при наименьшей себестоимости и высоком качестве обработки с максимальным использованием станков по мощности и времени и наиболее экономичном использовании инструмента.

Одним из наиболее важных моментов при разработке технологического процесса ремонта является выбор эффективного способа восстановления изношенных и поврежденных деталей.

Для восстановления одной и той же детали часто пригодны несколько способов. Однако они, как правило, неравноценны по своим технико-экономическим показателям. Поэтому при разработке технологических процессов необходимо решать задачу выбора наиболее эффективного способа восстановления. Обосновы-

вается этот выбор на последовательном рассмотрении следующих критериев: применимости, долговечности, экономического и технико-экономического.

Критерий применимости позволяет на основе знаний структурных характеристик деталей, условий их работы и эксплуатационных свойств способов восстановления в первом приближении решать вопрос о применимости того или иного из них для восстановления отдельных деталей. Однако может оказаться, что для восстановления детали возможно применение нескольких различных способов.

Долговечность деталей, восстановленных тем или иным способом, зависит от эксплуатационных свойств способов. Наиболее рациональными из них будут те, которые обеспечат наибольшую долговечность восстановленной детали. Критерий долговечности численно выражается коэффициентом долговечности  $K_{\partial}$  для каждого из способов восстановления и каждой конкретной детали:

$$K_{\partial} = D_{\partial} / D_n, \quad (3.1)$$

где  $D_{\partial}$  и  $D_n$  – долговечность восстановленной и новой одноименной детали соответственно.

Чем больше значение этого коэффициента, тем предпочтительнее способ восстановления.

Критерии применимости и долговечности выражают техническую часть задачи без учета экономической целесообразности применения того или иного способа. Поэтому необходима еще оценка способов восстановления при помощи экономического критерия, определяемого стоимостью восстановления детали. Вопрос о выборе рационального способа окончательно решается при помощи технико-экономического критерия, связывающего долговечность детали с экономикой ее восстановления:

$$C_{\partial} \leq K_{\partial} \cdot C_n, \quad (3.2)$$

где  $C_{\partial}$  – стоимость восстановления детали;  $C_n$  – стоимость соответствующей новой детали.

Таким образом, определение численного значения технико-экономического критерия сводится к расчету себестоимости восстановления деталей и установлению коэффициента долговечности.

Кроме рассмотренных критериев способа восстановления, следует учитывать показатели производительности, безлюдности, безотходности, безвредности и надежности технологических процессов, соответствующих тому или иному способу восстановления.

В настоящее время на основании богатого накопленного опыта авторемонтных предприятий для типовых деталей автомобилей уже сформировались типовые технологические процессы их восстановления, наиболее оптимальные с технологических и экономических точек зрения. В последующих разделах мы рассмотрим типовые технологические процессы восстановления основных групп деталей автомобилей.

### 3.2. Восстановление деталей класса «Корпусные»

К корпусным деталям относятся блоки и головки цилиндров, картеры агрегатов трансмиссии, крышки распределительных шестерен и др. Блоки цилиндров и головки двигателей изготавливают из серого и легированного чугуна или из алюминиевых сплавов. Корпусные детали трансмиссии грузовых автомобилей изготавливают преимущественно из серого чугуна, легковых – из алюминиевых сплавов.

Общим конструктивно-технологическим признаком для большинства корпусных деталей является наличие развитой плоской поверхности и двух установочных отверстий, используемых в качестве установочной базы как при изготовлении, так и при восстановлении деталей данного класса. Корпусные детали служат несущим остовом для крепления всех деталей агрегата, имеют отверстия для подшипников, валов, втулок, гильз, вкладышей, штифтов, плоскостей и резьбовые отверстия для крепления деталей, технологические плоскости и отверстия.

Корпусные детали и в особенности блоки и головки цилиндров двигателей в процессе эксплуатации подвергаются химическому и тепловому воздействию, а также влиянию абразивной среды и значительным переменным нагрузкам. Поэтому их раз-

меры, геометрия, структура металла, взаимное расположение осей и поверхностей нарушаются, что резко ухудшает работу агрегата и снижает его эксплуатационные качества, приводит к потребности восстановления его первоначальных характеристик.

Ресурс отремонтированных узлов и агрегатов в значительной мере зависит от уровня технологии и качества восстановления корпусных деталей. Зачастую восстановление изношенных отверстий корпусов приводит к нарушению межосевых расстояний, соосности отверстий, параллельности осей, что является причиной низкого ресурса отремонтированных узлов и агрегатов. Так, ресурс коробок передач, собранных из новых деталей и восстановленных корпусов с нарушениями пространственной геометрии, составляет менее половины ресурса новых.

Характерными дефектами, возникающими в эксплуатации и подлежащими устранению при капитальном ремонте деталей класса «Корпусные», являются:

- механические повреждения (трещины, сколы, пробоины, обломы болтов, шпилек, срыв резьбы);
- нарушения геометрических размеров, формы и взаимного расположения поверхностей вследствие износа и деформаций;
- прогары, оплавления у кромок камеры сгорания, коррозионные разрушения отверстий водяной рубашки головок цилиндров и др.

Известно, что не во всех деталях будут возникать одновременно все перечисленные дефекты. Для разработки типового технологического процесса целесообразно принять во внимание все указанные дефекты, что позволит разрабатывать технологический процесс восстановления для любой конкретной детали путем исключения отсутствующих у нее дефектов.

При восстановлении корпусных деталей в первую очередь выполняют операции удаления обломанных болтов и шпилек. Для этих целей используют сверлильный или электроискровой станок. Затем устраняют механические повреждения, прогары, оплавления и коррозионные разрушения отверстий водяной рубашки, так как нагрев детали при этом вызывает возникновение остаточных напряжений, приводящих в итоге к короблению восстановленных деталей.

Кроме горячего способа сварки деталей из чугуна, наиболее часто используемого при ремонте, в практике широкое применение находят полугорячий (предварительный нагрев детали до температуры 150...400 °С) и холодный способы. При этом наиболее часто пользуются ручными способами сварки.

Большими технологическими преимуществами обладают холодные способы сварки чугуна. Из них особо следует выделить три способа:

- электродуговая сварка медно-железными, медно-никелевыми и железно-никелевыми электродами (ОЗЧ-2, МНЧ-2, ОЗНЖ-1, ОЗЧ-3), которая обеспечивает хорошее качество сварочного соединения;

- электродуговая механизированная сварка различными по составу проволоками, которая позволяет в 1,5...2 раза повысить производительность сварки и сократить расход электродного материала в 2...3 раза. Так, например, при полуавтоматической сварке чугуна самозащитной проволокой ПАНЧ-11 процесс протекает стабильно без разбрызгивания металла, формирование сварочного шва хорошее, без подрезов, наплывов и других наружных дефектов. Металл шва хорошо обрабатывается, он плотный и прочный, обладает высокой стойкостью против образования трещин. Метод рекомендуется применять для холодной заварки трещин длиной до 200 мм, а также обварки заплат чугунных деталей с толщиной стенки 4...8 мм. Хорошие результаты при заварке трещин дает полуавтоматическая сварка в среде аргона проволокой МНЖКТ-5-1-02-02 диаметром 1...1,2 мм на постоянном токе обратной полярности с последующей проковкой шва. Вместе с тем, следует отметить, что плотный металл, наплавленный этой проволокой, получить трудно. Поэтому применение такой проволоки целесообразно для заварки трещин и обломов только тех деталей, герметичность которых после ремонта не обязательна (например, картер сцепления и др.);

- газовая пайка-сварка с использованием низкотемпературных и активных флюсов. Этот способ позволяет получить высокое качество чугуна в зоне сплавления и в целом сварного соединения. Наиболее перспективны для ремонтного производства припои Ломна, Б-62, Л-63, ЛОК-59-1-03 на медной основе. Указанные припои и флюсы целесообразно использовать при ремон-

те деталей из чугуна для восстановления небольших обломов, раковин, а также других дефектов на обработанных поверхностях. Прочность паяно-сварочного соединения достаточно высока.

Хорошими качественными показателями обладают восстановленные детали с применением клеесварного соединения «сталь – чугун». Сущность этой технологии ремонта чугунных корпусных деталей состоит в следующем. Поверхность детали с трещиной подготавливают одним из известных способов (металлической щеткой, с шлифовальным кругом) и засверливают концы трещины. Затем поверхность обезжиривают ацетоном, бензином или другим растворителем и шпателем наносят клеевую композицию (толщина 1 слоя 0,3...0,6 мм). После этого устанавливают накладку из стали 20 и приваривают ее контактным точечным способом. Размеры накладки выбирают такими, чтобы она перекрывала трещину на 15...20 мм по длине и на 40...50 мм по ширине. Толщина накладки должна быть такой, чтобы ее прочность не уступала прочности металла ремонтируемой детали. Как вариант можно использовать крепление накладки винтами или болтами через специально просверленные отверстия.

Высокое качество восстановления чугунных деталей с дефектами типа трещин, обломов, раковин позволяет получить применение газопорошковой наплавки (ГПН) порошковыми самофлюсующимися сплавами НПЧ-1, НПЧ-2, НПЧ-3. Сущность этого процесса заключается в том, что самофлюсующийся порошковый сплав подается через пламя специальной ацетиленовой горелки и наносится на поверхность детали в зоне дефекта. Процесс сопровождается незначительной теплопередачей в основной металл, что не приводит к его расплавлению и остаточным деформациям детали. Наплавленный металл плотный, поддается обработке резанием. Технологический процесс ГПН включает местный нагрев поверхности в зоне дефекта до температуры 400...450 °С, нанесение тонкого слоя порошкового сплава и его оплавление с целью предохранения поверхности от окисления. Для этого горелку с полностью открытым порошковым каналом быстро проносят над нагретой поверхностью, в результате чего выдуваемый потоками сварочных газов металлический порошок образует тончайший слой на поверхности детали. Наплавку ведут прерывистой пульсирующей подачей порошка, что необходимо

для полного расплавления зерен порошкового сплава. Заполнение дефекта надо начинать с центра и по мере заполнения переходить по краям до полного выравнивания с поверхностью неповрежденного металла. Наплавленную поверхность и зону, прилегающую к ней, по окончании наплавки необходимо прогреть и проковать вручную наплавленный металл.

Детали из алюминия и его сплавов восстанавливают аргоно-дуговой сваркой, обладающей большими техническими возможностями: сохранением химического состава металла на участке сварного соединения, незначительными деформациями детали, отсутствием потребности во флюсах и др. В практике находят применение как ручная сварка неплавящимся электродом, так и полуавтоматическая сварка плавящимся электродом. Для ручной аргоно-дуговой сварки неплавящимся электродом выпускаются специальные установки типа УДАР или УДГ-301, обеспечивающие высокую устойчивость дуги и автоматическое включение и выключение подачи газа. Для расплавления основного металла и присадочной проволоки применяют прутки или электроды из вольфрама с присадкой. В качестве защитного газа используют чистый аргон марки А по ГОСТ 10157–79, в качестве наплавочного материала – алюминиевую проволоку марки АК по ГОСТ 7871–75.

Перед проведением сварочно-наплавочных работ необходима тщательная очистка поверхностей от загрязнений. Трещины разделяют при толщине стенки более 4 мм (глубина  $1/3 \dots 1/2$  толщины стенки и ширина 6...8 мм). При меньшей толщине трещины ограничиваются зачисткой зоны на ширину 15...18 мм. Отверстия на концах трещины не сверлят, так как даже сильный нагрев алюминиевого сплава не способствует ее распространению. Наплавочную проволоку перед сваркой нужно очистить от жировых и масляных загрязнений и окисной пленки травлением в 8...10%-ном растворе ортофосфорной кислоты, а затем промыть в горячей воде.

Места под подшипники в корпусных деталях восстанавливают при помощи дополнительных ремонтных деталей, гальванических и эпоксидных покрытий, наплавкой и плазменной металлизацией. Так, при восстановлении посадочных мест для неподвижных посадок в корпусных деталях из ковкого чугуна при-

меняется напыляемый материал на железной основе с небольшим содержанием углерода – железный порошок марки ПЖ-5С по ГОСТ 9849–86. В качестве легирующей присадки при этом используется алюминиевый порошок (крупка) АКП, который вступает в экзотермическую реакцию с окислами железа с восстановлением железа, что способствует прочности связи покрытия с основой.

Хорошие результаты дает при восстановлении посадочных мест в деталях из серого чугуна плазменная металлизация механической смесью порошков железа и меди. Наиболее простым способом восстановления изношенных гнезд под вкладыши коренных подшипников блока цилиндров является растачивание их под увеличенный размер вкладышей ремонтного размера. При этом используются расточные станки. После растачивания масляные каналы промывают с целью удаления стружки и остатков продуктов износа.

При отсутствии вкладышей ремонтного размера гнезда восстанавливают путем фрезерования (шлифования) торцов крышек коренных подшипников по плоскости разъема на 0,3...0,4 мм и последующего растачивания гнезд до номинального размера при условии сохранения допустимого размера расстояния от оси отверстия гнезд до верхней плоскости блока цилиндров в пределах, оговоренных техническими условиями на ремонт.

Коллективом ГОСНИТИ разработаны технологический процесс и оборудование для восстановления изношенных гнезд коренных подшипников блоков цилиндров с диаметром отверстий 95 мм и более электроконтактной приваркой стальной ленты с последующим растачиванием приваренного слоя до номинального размера. Для приварки применяют ленту из стали 20 или 10. При восстановлении посадочных мест, точность расположения которых регламентирована, последние должны растачиваться с одной установки в линию, а для обеспечения требуемой точности межцентровых расстояний они растачиваются одновременно. После восстановления посадочных отверстий контролируют их размеры, форму и расположение. Контроль размеров осуществляется как одномерными (пробками), так и универсальными измерительными средствами. Точность расположения посадочных

отверстий проверяют скалками в сочетании с универсальным измерительным инструментом.

*Типовой технологический процесс.* Основная задача при восстановлении корпусных деталей состоит в правильном выборе способа нанесения покрытия (сварка, наплавка, металлизация, гальванические и полимерные покрытия), схемы базирования и технологии механической обработки, позволяющих восстанавливать и износостойкость, и заданные параметры точности.

Несмотря на некоторые конструктивные отличия деталей данного класса, у них имеется много общего в построении технологического процесса их восстановления, что создает возможность разработки типового технологического процесса.

Технологический процесс восстановления деталей начинают с удаления обломанных болтов и шпилек.

Затем приступают к подготовке детали под сварку трещин и пробоин, под заделку трещин пластмассами, клеесварным соединением, под газопорошковую наплавку, аргонодуговую сварку или газотермическое напыление никель-алюминиевыми порошками деталей из алюминиевых сплавов. После соответствующей подготовки и обработки осуществляется заделка трещин, пробоин и обломов.

Кроме заварки и наплавки, для устранения трещин часто применяют фигурные уплотняющие и стягивающие вставки. При восстановлении резьбовых отверстий предпочтение следует отдавать постановке спиральных вставок, особенно для деталей из алюминиевых сплавов. Изношенные места под подшипники восстанавливают постановкой дополнительного элемента или нанесением гальванических или полимерных покрытий. Последовательность операций технологического процесса восстановления корпусных деталей следующая:

- удаление обломанных болтов и шпилек на сверлильном или электроискровом станке;
- заварка трещин, отверстий, приварка вставок;
- заделка трещин и пробоин пластмассами;
- заделка трещин клеесварным соединением «сталь – чугун»;
- подготовка трещин, отверстий с сорванной резьбой и подгонка вставок к заварке на сверлильном станке или зачистной машинкой;

- заделка трещин, обломов, раковин газопорошковой наплавкой на установке для газопорошковой наплавки;
- заделка трещин, пробоин, обломов у деталей из алюминиевых сплавов аргоно-дуговой сваркой (наплавкой);
- восстановление поврежденных поверхностей головок цилиндров газотермическим напылением никель-алюминиевыми порошками;
- испытание швов на герметичность на стенде для гидравлического испытания;
- восстановление резьбовых отверстий заваркой, постановкой свертыша, нарезание резьбы ремонтного размера, установка резьбовой спиральной вставки;
- предварительная расточка мест под подшипники, вкладыши, поверхностей под покрытие, дополнительных элементов (втулки) на расточном станке;
- окончательная расточка мест под подшипники, дополнительных элементов (втулки) на расточном станке;
- запрессовка дополнительных элементов – пресс;
- нанесение покрытий гальванических, полимерных – установки для нанесения покрытий;
- предварительная обработка дополнительных элементов, гальванических, полимерных покрытий на расточном станке;
- окончательная обработка дополнительных элементов, гальванических, полимерных покрытий на расточных и шлифовальных станках;
- доводка точных внутренних поверхностей на хонинговальном станке;
- контроль размеров, формы и расположения.

Для одной и той же детали, как уже отмечалось, возможны несколько вариантов технологических процессов. Выбор оптимального варианта упрощается при наличии типовых технологических процессов, которые предполагают классификацию деталей по технологическим признакам и систематизацию дефектов, встречающихся в деталях каждого конкретного класса.

### 3.3. Восстановление деталей класса «Втулки»

К втулкам относятся детали с отношением их высоты  $H$  к наибольшему диаметру  $D$  не менее 0,5, т. е.  $H \geq 0,5D$ . К этому классу относятся гильзы цилиндров, крышки подшипников первичного вала коробки передач, фланцы валов коробки передач, ступицы колес, чашки дифференциалов, втулки и др. Для их изготовления чаще всего применяют модифицированный, ковкий и специальный чугун, углеродистые стали.

Конструктивной особенностью деталей данного класса является наличие концентричных наружных и внутренних цилиндрических поверхностей. По технологическим признакам они могут быть гладкие и ступенчатые, зубчатые и шлицевые, фланцевые и сложные, а также включающие в себя различное сочетание перечисленных поверхностей.

Установочной базой при механической обработке наружной поверхности являются внутренняя цилиндрическая поверхность и ее торец. Установочной базой при обработке внутренней цилиндрической поверхности фланцевой втулки являются наружная поверхность втулки и торец фланца.

Втулки работают в условиях трения в сопровождении циклических изменений температуры. Разрушительными факторами в процессе их эксплуатации являются трение, циклические смены температуры и агрессивность среды. В определенных зонах механизма, как правило, действует основной фактор, а остальные являются сопутствующими, усиливающими действие основного.

Основными дефектами являются: износ внутренних и наружных посадочных мест под подшипники; износ шеек под сальники; износы, задиры, кольцевые риски на трущихся поверхностях.

Износ отверстий под подшипники, сальники в ступицах колес, отверстия под шейку шестерни полуоси в чашках дифференциала и других деталях устраняют постановкой дополнительных ремонтных деталей – втулок. Для этого растачивают отверстие и фаску в нем, в отверстие запрессовывают втулку, торец которой подрезают заподлицо с основным металлом, и растачивают отверстие и фаску во втулке в соответствии с размером на рабочем чертеже. При восстановлении отверстий под подшипники и саль-

ники вибродуговой наплавкой отверстия растачивают, наплавляют в два слоя, после чего их растачивают в соответствии с размером на рабочем чертеже.

Износ шейки под подшипник в чашке дифференциала устраняют вибродуговой наплавкой. Вначале обтачивают изношенную шейку, производят наплавку, а затем обтачивают наплавленную поверхность и шлифуют шейку в соответствии с размером на рабочем чертеже. При восстановлении шейки электроконтактной приваркой стальной ленты предварительно шлифуют шейку, затем приваривают ленту и шлифуют поверхность ленты в соответствии с размером на рабочем чертеже.

Износ шейки фланца под сальник устраняют вибродуговой наплавкой или в среде углекислого газа. После наплавки шейки при помощи прошивки калибруют шлицевое отверстие. Наплавленную шейку подвергают черновому, чистовому шлифованию и полированию.

При задирах, рисках и небольших износах шейки под подшипники и сальники восстанавливают хромированием и железнением.

Износ отверстий во фланцах под болты устраняют заваркой отверстий, подрезкой мест наплавки заподлицо с основным металлом, сверлением отверстий с последующим зенкованием фасок по размерам рабочего чертежа. Резьбовые отверстия с наличием износа или с повреждением резьбы более двух ниток восстанавливают нарезанием резьбы ремонтного размера или постановкой ввертыша с внутренней резьбой в соответствии с размером на рабочем чертеже.

Изношенные отверстия под шипы крестовины в чашках дифференциала восстанавливают развертыванием до ремонтного размера или наплавкой. Предварительно собирают правую или левую чашки дифференциала, рассверливают отверстия, затем чашки разбирают и наплавляют отверстия. После чего чашки вновь собирают, отверстия рассверливают, зенкеруют и развертывают в соответствии с размером на рабочем чертеже. Изношенные отверстия под шипы крестовины и стяжные болты или заклепки в чашках дифференциала можно устранять сверлением новых отверстий в промежутках между изношенными.

Износ и задиры на сферической и торцевой поверхностях чашки дифференциала устраняют растачиванием сферической поверхности и подрезкой торцевой до ремонтного размера с последующей компенсацией увеличенного размера постановкой ремонтных шайб при сборке дифференциала.

Износ внутренней поверхности гильзы цилиндров устраняют расточкой под один из ремонтных размеров. Ремонтный интервал составляет 0,5 мм. После растачивания отверстие гильзы подвергают предварительному и окончательному хонингованию.

Восстановление изношенного отверстия гильзы цилиндров до размера на рабочем чертеже осуществляют пластинированием. Внутреннюю поверхность изношенной гильзы цилиндров растачивают, хонингуют и зенкуют в отверстии фаску торцевой фрезой. Ленты из стали 65Г, У10А или 60С2А толщиной 0,5; 0,6; 0,7 мм нарезают на пластины в размер, обусловленный диаметром расточенной гильзы с учетом припуска под шлифование торцов. После обработки торцов пластину помещают между специальными обжимными оправками, обжимают и свертывают пластину во втулку. С помощью пресса и пуансона запрессовывают втулку в гильзу цилиндров. В каждую гильзу последовательно запрессовывают две пластины определенной ширины. Благодаря упругим свойствам и небольшой толщине пластины плотно прилегают к поверхности отверстия. В отверстии запрессованной втулки зенкуют фаску и производят хонингование отверстия. Последующий ремонт гильз цилиндров заключается в выпрессовке изношенных и установке новых пластин. Изношенное отверстие в гильзе цилиндров восстанавливают в соответствии с размером на рабочем чертеже также термопластическим обжатием.

Посадочные пояски гильзы цилиндров восстанавливают электродуговым напылением проволоки Св-08А. Для улучшения сцепляемости покрытия с основой восстанавливаемые поверхности поясков обрабатывают дробью ДЧК-0,5. После напыления пояски шлифуют в соответствии с размером на рабочем чертеже.

Посадочные пояски гильзы восстанавливают также плазменным напылением порошковых смесей ПС-4 и ПС-5 на основе железного порошка 5Ж-5М с добавлением 1–2 % порошка алюминия АКП (смесь ПС-4) и с добавлением 1–2 % АКП и 5–10 % медного порошка ПМС-2 (смесь ПС-5).

Посадочные пояски гильзы восстанавливают и приваркой ленты из стали 40 или 50 толщиной 0,5 мм.

*Типовой технологический процесс.* Основное техническое требование, которое необходимо выполнить при восстановлении втулок, – это обеспечение размеров и шероховатости восстанавливаемых поверхностей, их твердости и прочности сцепления с основным металлом, а также соосности и симметричности относительно общей оси, допустимой овальности и конусообразности.

Технологический процесс восстановления деталей данного класса начинают с операций, связанных с термическим воздействием на деталь. Подготавливают изношенные и поврежденные резьбовые отверстия под заварку, а изношенные наружные и внутренние цилиндрические поверхности под наплавку. Производят заварку и наплавку подготовленных поверхностей и последующую их механическую обработку. Поверхности обрабатывают под постановку дополнительных ремонтных деталей, устанавливают и обрабатывают их до получения необходимых размеров и шероховатости поверхностей. Подготавливают поверхности под гальваническое наращивание металла и после его наращивания обрабатывают покрытия. Точные наружные поверхности подвергают полированию, а внутренние – хонингованию.

Схема типового технологического процесса следующая:

- подготовка отверстий с поврежденной или изношенной резьбой к заварке;
- подготовка изношенной поверхности к наплавке;
- наплавка подготовленных поверхностей;
- заварка резьбовых отверстий;
- обработка заваренных резьбовых отверстий;
- обработка наплавленных поверхностей;
- обработка поверхностей под постановку дополнительной детали;
- постановка дополнительной детали;
- обработка установленных дополнительных деталей;
- подготовка поверхностей под гальваническое наращивание;
- гальваническое наращивание поверхностей;
- предварительная обработка гальванических покрытий;
- чистовая обработка поверхностей;
- хонингование (полирование) поверхностей.

*Применяемые средства технологической оснащённости.* Механическая обработка применяется для восстановления поверхности полых стержней способом ремонтных размеров и постановкой дополнительных ремонтных деталей, а также для подготовки поверхностей под другие способы восстановления и затем для окончательной их обработки. Наружные и внутренние цилиндрические поверхности обрабатывают на токарно-винторезных станках. Если нельзя применить точение из-за высокой твердости поверхности или необходимы высокая точность обработки и малая шероховатость поверхности, осуществляется шлифование на круглошлифовальных станках. Гладкие и резьбовые отверстия обрабатывают на вертикально-сверлильных станках, а внутренние поверхности гильз цилиндров – на алмазно-расточных и хонинговальных станках.

В зависимости от типа производства, конструктивно-технологических параметров восстанавливаемых деталей и характера дефекта применяют тот или иной тип оборудования для механизированного наращивания поверхностей.

Восстановление наружных и внутренних цилиндрических поверхностей осуществляется: вибродуговой наплавкой на переоборудованных токарных станках наплавочными головками УАНЖ-6, ОКС-1252, ОКС-6569, ВГ-822 и др.; в среде углекислого газа на переоборудованных токарных станках с наплавочными автоматами АДПГ-500, АТП-2, полуавтоматами А-547Р, А-547У, А-537 и на установках УД-209, УД-292, УД-420, 011-1-00.01 «Ремдеталь» и др.

Посадочные пояски гильз цилиндров восстанавливают плазменным напылением на установках УПУ-3М, УМП-5; электродуговым напылением электрометаллизатором ЭМ-12-67 на установке ОКС-11244; электроконтактной приваркой стальной ленты на установке 011-1-07 «Ремдеталь» и др.

Восстановление посадочных мест в стаканах подшипников электроконтактной приваркой стальной ленты осуществляется на установке 011-1-10 «Ремдеталь».

Гильзы цилиндров восстанавливают термопластическим обжатием на установках 02.04.093 «Ремдеталь», ОР-11301 и др.

Восстановление поверхностей деталей гальваническими покрытиями осуществляется в стационарных ваннах для подготов-

ки деталей к покрытию, нанесения покрытия и окончательной обработки после нанесения покрытия.

Для механической обработки втулок применяют стандартные или разрабатывают специальные приспособления с учетом установочных баз для обработки этих деталей. В качестве стандартных приспособлений применяют оправки, на которые надевают втулки, и центры, в которых устанавливают оправки.

Наплавленные поверхности обрабатывают в несколько проходов. При черновом точении и растачивании используют резцы с пластинками из твердых сплавов Т5К10, Т15К6, ВК6, ВК8. Чистовую обработку выполняют резцами с пластинками из твердых сплавов Т30К4, ВК3, Эльбор-Р, Гексанит-Р. Наплавленную поверхность под флюсом рекомендуется обрабатывать при черновом шлифовании шлифовальным кругом 24А 16Н СМ2 6К5, при чистовом – 24А 16Н СМ2 1К5. Наплавленную поверхность в среде углекислого газа рекомендуется обрабатывать при черновом шлифовании шлифовальным кругом 24А 40 С2 К7, при чистовом – 24А 16 С1 К7. Наплавленную поверхность вибродуговой наплавкой рекомендуется обрабатывать при черновом шлифовании шлифовальным кругом 15А 40Н СТ1 6К1, при чистовом – 24А 25Н СМ2 4К1.

Плазменные покрытия, полученные нанесением покрытия ПГ-СР4, обрабатывают шлифовальным кругом 24А 40Н СМ1-С1 6К или 91А 40Н СМ1-С1 6К. Покрытия, полученные нанесением порошков ВСНГН и СНГН, рекомендуется обрабатывать кругом из синтетических алмазов АСР 160/125 100%-ной концентрации на высокотокпроводных связках М5-5, М5, МВ-1 и др.

Стальные ленты, приваренные электроконтактной сваркой с твердостью поверхности 46–56 НРС, рекомендуется обрабатывать шлифовальным кругом 24А 25 СМ2 6К, с твердостью поверхности 56–61 НРС – 24А 40 С2 6К. Шлифование поверхностей, покрытых железнением и хромированием, осуществляют шлифовальным кругом 24А 25Н СМ2 6К1.

Прогрессивной отделочной и увеличивающей долговечность обработкой гильз цилиндров является алмазное плосковершинное хонингование, которое выполняется в две стадии: предварительное и окончательное. Для предварительного хонингования рекомендуется использовать бруски марки АСК 250/200 М1 100, которые обес-

печивают большую глубину рисок, служащих в последующем масляными карманами. Для окончательного хонингования целесообразно использовать бруски марки АСО 80/64 Р11 50, обеспечивающие требуемую шероховатость обрабатываемой поверхности.

Для контроля размеров обрабатываемых поверхностей полых стержней измерительные средства выбирают в зависимости от допуска на размеры этих поверхностей и их формы. Широко применяют универсальные средства измерения: штангенциркули, микрометры, калибры, индикаторные нутромеры. Радиальное и торцовое биение контролируют индикаторами.

### 3.4. Восстановление деталей класса «Валы»

К валам относятся детали, которые характеризуются цилиндрической формой при длине, значительно превышающей диаметр детали. К валам относятся поршневые пальцы, оси привода сцепления, валики водяного насоса, шкворни, оси блока шестерен заднего хода, толкатели, валы коробок передач, карданные валы и крестовины карданов, валы и полуоси задних мостов, поворотные цапфы, валы рулевого управления, впускные и выпускные клапаны, коленчатые и распределительные валы и др. Для их изготовления применяют конструкционные среднеуглеродистые и легированные стали, высокопрочный чугун. Рабочие поверхности в большинстве случаев подвергают закалке токами высокой частоты или цементации (цианированию) с последующей закалкой и низкотемпературным отпуском.

Валы очень разнообразны по форме и размерам, однако по технологическим признакам их разделяют на прямые валы, т. е. гладкие, и валы с фасонной поверхностью, или ступенчатые. Наиболее простую геометрическую форму имеют прямые круглые валы. Валы с фасонной поверхностью имеют более сложную форму. Они могут быть со шлицами на одной или нескольких ступенях стержня, с резьбой, с фланцем на конце стержня, с канавками для выхода шлифовального круга или без канавок, но с закруглениями небольшого радиуса в местах перехода от одной ступени к другой (галтелью). Резьбы, лыски, кольцевые канавки, галтели, пазы под шпонки, отверстия на цилиндрических поверхностях стержней являются концентраторами напряжений.

Некоторые детали данного класса имеют присущие только их поверхностям признаки. Это наличие в коленчатом валу шатунных шеек, отстоящих от оси вала на определенном расстоянии и имеющих определенный угол развала кривошипов, наличие резьбового отверстия под храповик и центрального отверстия во фланце вала, наличие точных отверстий для крепления маховика к коленчатому валу. Характерными в конструкции распределительных валов является наличие кулачков сложного профиля, эксцентрика, зубчатого венца, опорных шеек малого диаметра и относительно большая длина вала.

В зависимости от отношения длины  $l$  к диаметру  $d$  различают жесткие и нежесткие валы. Жесткие валы имеют отношение длины к диаметру в средней части не более 12, т. е.  $l/d \leq 12$ . Нежесткие стержни имеют отношение  $l/d > 12$ .

При механической обработке валов установочными базами в основном служат центровые отверстия и реже наружные цилиндрические поверхности. Установочной базой при обработке на бесцентрово-шлифовальных станках служит их цилиндрическая поверхность.

Прямые валы с гладкой поверхностью работают в условиях трения в сопровождении знакопеременных нагрузок и механических деформаций. Разрушительными факторами, снижающими прочность этих деталей, являются трение, изгиб, знакопеременные нагрузки, скручивание и срез.

Прямые валы с фасонной поверхностью работают в условиях контактных нагрузок в сопровождении изгибающих усилий. Разрушительными факторами являются контактные нагрузки, изгиб и трение.

*Основными дефектами* являются износы шеек под подшипники, шлицев и шестерен, шпоночных канавок, отверстий во фланцах; износ и повреждение резьбы; износ, задиры и кольцевые риски на прочих трущихся поверхностях. Преимущественное применение при восстановлении шеек под подшипники получили вибродуговая наплавка, наплавка в среде углекислого газа и электроконтактная приварка стальной ленты.

Шейки под подшипники восстанавливают наплавкой в такой последовательности: шлифование изношенной шейки, наплавка, точение наплавленной шейки, закалка токами высокой

частоты и отпуск, чистовое шлифование шейки в соответствии с размером на рабочем чертеже.

При восстановлении шеек электроконтактной приваркой стальной ленты шейки предварительно шлифуют для придания правильной геометрической формы, затем к шейке приваривают ленту и шлифуют в соответствии с размером на рабочем чертеже.

Износ шлицев устраняют наплавкой под флюсом с последующим точением наплавленной поверхности, фрезерованием шлицев, закалкой, отпуском и шлифованием.

Износ зубьев по толщине и выкрашивание их рабочих поверхностей устраняют заменой зубчатого венца дополнительной ремонтной деталью, если это допускает конструкция вала. Токами высокой частоты производят местный отпуск изношенной шестерни и затем срезают ее. Изготавливают венец новой шестерни из того же материала, что и вал. Напрессовывают венец на вал и приваривают его с помощью сварки в среде углекислого газа. Подрезают торец наплавленной поверхности и подвергают венец термической обработке.

Повреждение наружной резьбы до двух ниток устраняют ее калибровкой. Изношенную или поврежденную резьбу (более двух ниток) удаляют точением, производят наплавку, точение наплавленной поверхности и нарезают резьбу. Затем в зависимости от конструкции вала сверлят сквозные отверстия под шплинт, осуществляют зенкование фасок в отверстиях с двух сторон или фрезерование паза с последующим калиброванием резьбы.

Износ шпоночной канавки устраняют заваркой с последующим шлифованием шейки и фрезерованием шпоночной канавки на прежнем месте в соответствии с размером на рабочем чертеже. На валах коробки передач возможно фрезерование новой канавки под углом  $180^\circ$  к изношенной.

Погнутость валов устраняется правкой. Вал устанавливают на призмы и усилием пресса перегибают в противоположную сторону на величину, превышающую изгиб стержня в 10 раз. Чугунные коленчатые валы правят наклепом или применяют более эффективный способ поэлементной правки, при которой усилие пресса прикладывается только на деформированные отдельные элементы вала.

Биение торцевой поверхности фланца стержня устраняют точением торца «как чисто», но до размера, не менее допустимого по техническим требованиям.

Изношенные отверстия во фланце коленчатого вала под болты крепления маховика восстанавливают их развертыванием в сборе с маховиком под ремонтный размер. При наличии резьбовых отверстий во фланце под болты крепления маховика поврежденные резьбы восстанавливаются постановкой ввертышей.

Одним из распространенных способов восстановления коренных и шатунных шеек коленчатого вала, опорных шеек распределительного вала является способ ремонтных размеров. Вначале шлифуют коренные шейки, устанавливая коленчатый вал в центры станка. Для шлифования шатунных шеек коленчатый вал устанавливают в центросместители, которые обеспечивают смещение оси вала на радиус кривошипа и совмещение оси шлифуемой шатунной шейки с осью шпинделя станка. Шлифование начинают с первой шатунной шейки. Для шлифования следующей шейки вал поворачивают вокруг оси на  $90^\circ$ . Все коренные шейки шлифуют под один ремонтный размер, который может отличаться от ремонтного размера шатунных шеек. Кромки фасок масляных каналов коренных и шатунных шеек притупляют при помощи шлифовальной машинки. Требуемую шероховатость поверхности шеек получают суперфинишированием или полировкой. При суперфинишировании достигается более высокое качество поверхности шеек с точки зрения их геометрической точности и шероховатости.

По окончании обработки наружную поверхность и масляные каналы промывают от технологических загрязнений 3–5%-ным раствором кальцинированной соды в специальной моечной установке, после чего вал обдувают сжатым воздухом.

Для восстановления шеек стальных коленчатых валов, вышедших за пределы последнего ремонтного размера, применяют различные способы их наращивания. Широкое распространение в основном получили следующие три технологических процесса механизированной наплавки под флюсом.

1. Наплавку проводят под флюсом АН-348А пружинной проволокой 2-го класса или Нп-65Г с последующим высоким отпуском – нагревом до температуры  $650^\circ\text{C}$  и выдержкой при этой

температуре в течение 45 мин. Перед чистовым шлифованием шеек их закаливают токами высокой частоты нагревом в течение 15 с до температуры 900...920 °С с охлаждением водой. Для снятия напряжений, возникающих при закалке, производят низкий отпуск при температуре 170...190 °С. Надежность восстановленных валов достигает уровня новых.

2. Наплавку производят под флюсом АН-348А проволокой Нп-30ХГСА или под флюсом АН-15М проволокой Нп-40Х2Г2М. После наплавки проводят нормализацию. Коленчатый вал нагревают до температуры 860...900 °С в течение 1 ч и выдерживают при этой температуре 20 мин, после чего охлаждают на воздухе. Затем производят механическую обработку и закалку шеек токами высокой частоты. Надежность восстановленных валов высокая, исключается образование трещин при правке, так как после нормализации валы приобретают высокую пластичность. Однако затраты на термическую обработку возрастают.

3. Наплавку проводят пружинной проволокой 2-го класса под флюсом АН-348А с добавлением 2,5 % феррохрома и 2 % графита. После охлаждения и на воздухе проводят черновое и чистовое шлифование, суперфиниширование и полирование. Несмотря на простоту, процесс имеет и недостатки: появление трещин при правке вала из-за низкой пластичности наплавленного слоя и неоднородность состава наплавленного металла.

Разработаны и внедряются на производстве технологические процессы наплавки порошковой проволокой ПП-Нп-40Х4Г2 СМНТФ под флюсом АН-44У1, обеспечивающие твердость, качество наплавленного металла и хорошую обрабатываемость.

Шейки чугунных коленчатых валов восстанавливают вибродуговой наплавкой в потоке воздуха проволокой Св-15ГСТЮЦА. Твердость наплавленного слоя 55...57 НРС. После шлифовки шеек отсутствуют трещины, раковины и поры.

Одним из способов восстановления чугунных коленчатых валов является плазменное напыление. Технология восстановления предусматривает следующий порядок выполнения операций. Очистка в расплаве солей и щелочей, правка вала, восстановление технологических баз, предварительная шлифовка коренных и шатунных шеек, сушка в термопечи при температуре 300...320 °С в течение 50...60 мин. На поверхность противовесов наносится лак

ЛБС1 с последующей сушкой на воздухе. Затем шейки обрабатывают электрокорундом зернистостью 80...300 мкм в струе сжатого воздуха давлением 0,5...0,6 МПа.

Шатунные шейки защищают металлическими экранами, и на коренные шейки напыляется вначале подслоя порошка ПН85Ю15 толщиной 0,1...0,2 мм, а затем смесь композиции порошков (8 объемов ПЖРВ + 6 объемов ПРН73Х16С3Р3 и 3 объема ПН85Ю15) до диаметра на 0,8...1,0 мм более номинального диаметра. После снятия экранов с шатунных шеек производится напыление подслоя на шатунные шейки и смеси порошковой композиции. Остывший вал подвергается черновому и чистовому шлифованию шеек. Восстановление шеек обеспечивает достаточную их износостойкость без снижения усталостной прочности коленчатого вала.

Опорные шейки распределительного вала, вышедшие за пределы ремонтных размеров, восстанавливают вибродуговой наплавкой, наплавкой в среде углекислого газа, плазменным напылением с последующим оплавлением токами высокой частоты. Перед напылением опорные шейки шлифуют, в масляные каналы устанавливают графитовые пробки, после чего шейки подвергают дробеструйной обработке. Напыление осуществляют порошковой смесью ПС-2 (80...85 % ПЖ-5М и 15...20 % ПН-ХН80С4Р4), а для чугунных валов ПС-4 (98 % ПЖ-5М и 1...2 % АКП), обеспечивая припуск на шлифование 0,15...0,20 мм на сторону. После оплавления покрытия шлифуют шейки, обрабатывают фаски, масляные отверстия и каналы и полируют шейки. Изношенные кулачки распределительного вала обрабатывают шлифованием «как чисто» до устранения следов износа и восстановления их требуемого профиля. После шлифования кулачки полируют полировальной лентой или пастой ГОИ № 10. Способом шлифования рекомендуется восстанавливать кулачки не более одного раза, так как при дальнейшем шлифовании значительно уменьшается радиус вершины кулачка, что приводит к нарушению фаз газораспределения. Рациональными способами восстановления кулачков являются вибродуговая наплавка и наплавка в среде углекислого газа при помощи специального копировального приспособления. После наплавки вал проверяют на изгиб и при необходимости правят. Затем производят черновое и чистовое

шлифование. Вал базируется по центровым отверстиям и шпоночной канавке.

Износ стержня клапана устраняют хромированием или железнением. Предварительно стержень клапана шлифуют на глубину 0,1 мм. Толщина наносимого гальванического покрытия должна предусматривать припуск на последующее шлифование не менее 0,05 мм на сторону при хромировании и 0,15...0,20 мм – при железнении. После шлифования стержень полируют. Износ, риски и раковины на рабочей фаске клапана устраняют шлифованием. Установочной базой является цилиндрическая поверхность стержня. Если после шлифования фаски высота цилиндрического пояса головки клапана окажется менее указанной в технических требованиях, то он подлежит восстановлению плазменной наплавкой. Наплавку производят хромоникелевыми сплавами типа СНГП-60 и ПГ-СРЗ (ПГ-ХН80СЗРЗ) по всей длине окружности. Алмазными резцами обрабатывают наплавленную поверхность, а затем шлифуют в размер рабочего чертежа.

*Типовой технологический процесс.* Основное техническое требование, которое необходимо выполнить при восстановлении прямых валов и валов с фасонной поверхностью, аналогично требованию для восстановления полых валов – это обеспечение размеров и шероховатости восстанавливаемых поверхностей, их твердости и прочности сцепления с основным металлом, а также соосности и симметричности относительно общей оси, допустимой овальности и конусообразности.

Технологический процесс восстановления деталей данного класса начинают с проверки состояния фасок центровых отверстий и, при необходимости, их исправления. Затем производят правку детали и механическую обработку изношенных поверхностей под тепловые способы восстановления. Выполняют сварочные и наплавочные операции с последующей нормализацией поверхностей при необходимости улучшения их обрабатываемости. Наплавленные поверхности подвергают черновой и чистовой механической обработке, а затем нарезают резьбы, фрезеруют шлицы, шпоночные канавки. Для восстановления физико-механических свойств рабочих поверхностей деталей выполняют термическую обработку. Затем обрабатывают поверхности под постановку дополнительных ремонтных деталей, их установку и

механическую обработку. Подготавливают поверхности под гальваническое наращивание и после наращивания покрытия обрабатывают их. Завершающей операцией является шлифование с последующим суперфинишированием или полированием точных поверхностей, которое выполняется последним с целью предотвращения случайного повреждения окончательно обработанной поверхности.

Схема типового технологического процесса следующая:

- исправление центровых отверстий;
- устранение погнутости;
- удаление поврежденной или изношенной резьбы;
- наплавка резьбовых, шлицевых поверхностей, заварка шпоночных канавок;
- наплавка шеек;
- термическая обработка (нормализация);
- обработка наплавленных поверхностей (резьбовых, шлицевых и шпоночных канавок);
- предварительная обработка шеек;
- термическая обработка;
- правка;
- обработка поверхностей под постановку дополнительных ремонтных деталей (ДРД);
- постановка ДРД;
- обработка установленных ДРД;
- подготовка поверхностей под гальваническое наращивание;
- гальваническое наращивание поверхностей;
- предварительная обработка гальванических покрытий;
- чистовая обработка поверхностей;
- балансировка;
- полирование поверхностей.

*Применяемые средства технологической оснащенности.*

Для механической обработки деталей данного класса применяют оборудование, аналогичное оборудованию для обработки втулок: токарно-винторезные станки; круглошлифовальные станки; бесцентрово-шлифовальные станки; вертикально-сверлильные станки; фрезерные станки и др.

Шейки коленчатого вала шлифуют на круглошлифовальных станках 3А423, опорные шейки и кулачки распределительного вала на копировально-шлифовальном станке 3А433, рабочие фаски клапанов на специальных станках МШ-197А, МШ-29. Окончательно шейки коленчатых валов обрабатывают на суперфинишных станках 2К34, 3875К или на установках для финишной обработки шеек моделей 184010, 184012 и др.

Шейки валов и осей восстанавливают: вибродуговой наплавкой – наплавочными головками УАНЖ-6, ОКС-1252, ОКС-6569, ВГ-822; в среде углекислого газа – наплавочными автоматами АДПГ-500, АТП-2, полуавтоматами А-547Р, А-547У, А-537 и на установках УД-209, УД-292, УД-420, 011-1-00.01 «Ремдеталь»; под флюсом – наплавочными головками А-580, А-765, А-11197, ОКС-1252М и на установках УД-139, УД-140, 011-1-00.01 «Ремдеталь» и др. Кроме того, шейки восстанавливают: электроконтактной приваркой стальной ленты на установках 011-1-02 «Ремдеталь», 011-1-10 «Ремдеталь», газопламенным напылением и наплавкой на установке 011-1-09 «Ремдеталь», плазменной наплавкой на установке УД-417.

Резьбовые поверхности на валах восстанавливают, кроме вибродуговой наплавки и в среде углекислого газа, заполнением впадин между витками резьбы присадочной проволокой на установке 011-1-05 «Ремдеталь». Шлицы восстанавливают под флюсом на установке 01-06-81 «Ремдеталь».

Фаски клапанов восстанавливают индукционной наплавкой порошков на автоматической установке 01.03-172 «Ремдеталь».

Для правки коленчатых валов применяют установку 01.01.112М «Ремдеталь», для правки валов, в том числе распределительных, – установку 05.12.342 «Ремдеталь». Балансируют коленчатые валы на балансировочных станках КИ-4274, МС-901 и др.

Поверхности валов восстанавливают гальваническими покрытиями в стационарных ваннах.

При механической обработке в качестве приспособлений применяют центры, поводковые хомутики, патроны и планшайбы. При шлифовании шатунных шеек применяют центросмесители. Для шлифования шеек стальных коленчатых валов используют шлифовальные круги Э46 60СТ1 СТ2К, чугунных – К4 46 СМ2М2 5К.

Для суперфиниширования шеек коленчатых валов применяют алмазно-абразивные бруски АСМ 20/14 с 50%-ной концентрацией алмазов на специальной связке СК4К. Бруски закрепляют на пластмассовых колодках с мраморной крошкой в качестве наполнителя.

Для обработки наплавленных поверхностей применяют такой же режущий, абразивный и алмазный инструмент, как и при обработке деталей класса «Втулки».

Для контроля размеров обрабатываемых поверхностей применяют штангенциркули, микрометры, калибры. Радиальное и торцовое биения контролируют индикаторами.

### 3.5. Восстановление деталей класса «Диски»

К классу «Диски с гладким периметром» относятся детали с отношением их высоты к наибольшему диаметру менее 0,5, т. е.  $H < 0,5D$ . К ним относятся маховики, диски сцепления, тормозные барабаны и др. Для их изготовления наиболее распространенным материалом являются чугун и листовая сталь. Форма и размеры деталей данного класса разнообразны. В зависимости от назначения детали могут иметь торцовые, наружные и внутренние цилиндрические поверхности, гладкие, резьбовые и шлицевые отверстия и др. Установочными базами при механической обработке служат, как правило, наружные или внутренние цилиндрические поверхности и торец.

Для передачи крутящего момента от маховика к ведомым элементам используется сила трения. При торможении автомобиля также используется сила трения. Трущиеся поверхности изнашиваются главным образом при относительном их проскальзывании, сопровождающемся при этом вибрацией деталей. При каждом включении сцепления или торможении автомобиля совершается работа буксования, которая переходит в тепло, нагревающее металлические детали сцепления и тормозов и способствующее увеличению износа. Разрушительными факторами при работе деталей являются трение и вибрация.

*Основными дефектами деталей класса «Диски с гладким периметром» являются: трещины, глубокие риски, задиры, выработка на рабочей поверхности, износ гладких и резьбовых отвер-*

ствий, износы фрикционных накладок, коробление или погнуто-сть. Для устранения этих дефектов характерными являются способы механической обработки. При наличии трещин детали подлежат выбраковке.

Изношенную или поврежденную резьбу (более двух ниток) в отверстиях маховика, нажимного диска сцепления и других деталей рассверливают и заваривают. После зачистки наплавленного металла до уровня основного сверлят по кондуктору отверстия, зенкуют фаски или цекуют отверстия на определенную глубину и нарезают резьбу в соответствии с размерами на рабочем чертеже. Изношенные резьбовые отверстия в маховике восстанавливают также постановкой ввертышей, которые должны быть завернуты заподлицо с плоскостью маховика и раскернены в трех равнорасположенных точках.

Изношенные отверстия маховика под болты крепления к фланцу коленчатого вала и установочные штифты восстанавливают развертыванием под ремонтный размер.

Изношенную посадочную поверхность под зубчатый венец маховика подвергают предварительному точению, наплавляют вибродуговой наплавкой и обтачивают, обеспечивая размер по рабочему чертежу.

Изношенные отверстия под пальцы рычагов ведущего диска сцепления восстанавливают развертыванием отверстий под ремонтный размер.

Износ паза под рычаг в ведущем диске сцепления устраняют наплавкой, затем фрезеруют паз в соответствии с размером на рабочем чертеже, зачищают шлифовальной машинкой наплывы сварочного шва до основного металла. Сколы ушков крепления рычагов, захватывающие отверстия под пальцы рычагов, устраняют наплавкой ушков с последующим фрезерованием наружной поверхности и паза, зачисткой шлифовальной машинкой контура ушка, сверлением и развертыванием отверстия по кондуктору в соответствии с размером на рабочем чертеже.

Глубокие риски, задиры и выработку на рабочей поверхности маховиков, ведущих дисков сцепления устраняют точением и шлифованием до размера, не менее установленного техническими требованиями. На тормозных барабанах эти дефекты устраняют расточкой под соответствующий ремонтный размер. Для

обеспечения concentричности оси рабочей поверхности по отношению к оси ступицы колеса тормозной барабан растачивают в сборе со ступицей. В качестве установочных баз принимают конусные отверстия наружных колец подшипников, ступицы (рис. 3.1).

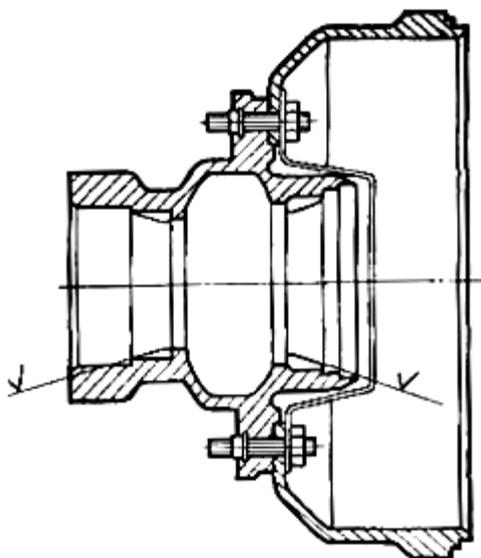


Рис. 3.1. Схема базирования при растачивании тормозного барабана

Изношенные фрикционные накладки ведомых дисков сцепления и ступицы с износом шлицев более допустимого подлежат замене. Погнутые диски правят на плите, а затем к ним приклепывают или приклеивают фрикционные накладки. Головки заклепок должны быть утоплены в накладках не менее чем на 1,5 мм. При приклеивании поверхности диска и накладок зачищают абразивным кругом на гибком валу и обезжиривают растворителем. Затем на поверхности наносят клей ВС-10Т толщиной 0,1...0,2 мм. После просушки деталей при температуре 18...20 °С в течение 25...30 мин до полного улетучивания из клея паров растворителя сжимают склеиваемые детали под давлением 0,3...0,4 МПа с помощью специального приспособления и помещают в сушильный шкаф. В течение 45 мин их выдерживают при температуре  $(180 \pm 5)$  °С, а затем охлаждают на воздухе.

Отдельные детали (маховики, диски сцепления) подвергают статической балансировке. Дисбаланс устраняют удалением ме-

талла сверлением отверстий на нерабочей поверхности детали согласно рабочему чертежу. Дисбаланс ведомых дисков сцепления в сборе устраняют установкой на диске пластинчатых грузиков путем отгибания усиков. Допустимый дисбаланс для каждой детали устанавливается техническими требованиями.

*Типовой технологический процесс.* Основное техническое требование, которое необходимо выполнить при восстановлении дисков, – это обеспечение размеров и шероховатости восстанавливаемых поверхностей, радиального и торцевого биения относительно оси вращения. Несмотря на внешнее различие деталей данного класса, имеется много общего в построении технологических процессов их восстановления, что создает возможность разработки типового технологического процесса.

Технологический процесс восстановления для большинства деталей начинают с подготовки поверхности под сварку, постановку дополнительной ремонтной детали или обработки гладких отверстий под ремонтный размер. Подготовленные поверхности наплавляют, рассверленные отверстия заваривают, устанавливают и фиксируют дополнительные ремонтные детали, поверхности обрабатывают в соответствии с размерами на рабочих чертежах. Изношенные торцовые и цилиндрические рабочие поверхности деталей обтачивают; при повышенных требованиях к поверхностям трения их подвергают и шлифованию. После восстановления отдельные детали подвергают статической балансировке.

Схема типового технологического процесса следующая:

- подготовка поверхностей под сварку и наплавку;
- подготовка поверхностей под постановку дополнительной ремонтной детали (ДРД);
- постановка ДРД и их фиксация;
- заварка отверстий и наплавка обломов;
- механическая обработка наплавленных поверхностей и установленных ДРД;
- обработка отверстий под ремонтные размеры;
- точение и шлифование торцовых и цилиндрических рабочих поверхностей;
- замена фрикционных накладок;
- статическая балансировка.

Для обработки поверхностей деталей данного класса в основном применяют металлорежущие станки: токарно-винторезные; вертикально-сверлильные; радиально-сверлильные; горизонтально-фрезерные; плоскошлифовальные и др.

Выпрессовку заклепок при замене изношенных фрикционных накладок и приклепывание накладок обеспечивают пневматическими прессами.

Детали при механической обработке устанавливают с помощью специальных приспособлений.

Для контроля размеров обрабатываемых поверхностей применяют универсальные средства измерения: штангенциркули, микрометры, калибры, индикаторы.

### 3.6. Восстановление деталей класса «Рычаги»

К классу «Рычаги» относятся детали, поперечное сечение которых не круглой формы, а длина более чем вдвое превышает размеры поперечного сечения. К этому классу относятся балки передней оси, шатуны, рулевые сошки, коромысла клапанов, вилки переключения передач, педали сцепления и тормоза, рычаги и др. Их изготавливают из стали, серого и ковкого чугуна.

Конфигурация рычагов отличается значительным разнообразием. Они могут быть прямые и кривые, с одним основным отверстием либо с двумя и несколькими взаимосвязанными отверстиями, расположенными на параллельных осях или под различными углами друг к другу. Кроме взаимосвязанных отверстий, они могут также иметь обработанные торцевые поверхности, шпоночные пазы, шлицы, прорези, крепежные отверстия.

Установочными базами при механической обработке вначале служат поверхности стержня и бобышки, а затем основные отверстия и обработанные торцевые поверхности этих отверстий.

Некруглые стержни работают в условиях совместного действия основных деформирующих нагрузок, сопровождающихся вибрацией. Так, балки передней оси в процессе эксплуатации подвергаются ударным и вибрационным нагрузкам и работают в основном на изгиб и скручивание от вертикальных усилий и толкающих или тормозящих продольных усилий, передающихся упругими элементами подвески. Работа шатуна характеризуется

большими инерционными нагрузками, вызывающими в поперечном сечении напряжения растяжения и поперечного изгиба. Кроме того, переменные нагрузки, изменяющиеся в широких пределах, создают напряжение сжатия и продольного изгиба.

Разрушительными факторами для деталей класса «Рычаги» являются растяжение, скручивание, срез, сжатие, изгиб, вибрация.

Основными дефектами деталей класса «Рычаги» являются трещины, погнутость и скрученность, износ гладких отверстий, торцевых и сферических поверхностей, пазов, повреждение и износ резьбовых отверстий и резьбовых шеек. При наличии трещин детали, как правило, подлежат выбраковке.

Изгиб и скрученность рычагов устраняют правкой в холодном состоянии под прессом. Правку шатунов рекомендуется выполнять с двойным перегибом для снижения остаточных напряжений. Лучшие результаты дает правка с последующей термической стабилизацией путем нагрева шатунов до температуры 470...490 °С, с выдержкой в течение 25...30 мин и охлаждением на воздухе.

Изгиб и скрученность балок переднего моста проверяют и устраняют на специальном стенде при помощи его гидравлических домкратов.

Изношенные конусные отверстия рычагов рулевого управления восстанавливают обжатием их бобышек в нагретом состоянии с последующей обработкой отверстия конусной разверткой в соответствии с размером на рабочем чертеже.

Изношенные гладкие отверстия в рычагах (балках передней оси, рычагах нажимного диска сцепления, вилках переключения передач и других) восстанавливают развертыванием под увеличенный размер или постановкой втулки с последующей обработкой ее отверстия в соответствии с размером на рабочем чертеже. Так, изношенное отверстие под игольчатый подшипник в рычаге нажимного диска сцепления восстанавливается развертыванием под ремонтный размер. Так же восстанавливается и отверстие под клин шкворня в балке передней оси. Изношенное отверстие под шкворень в балке передней оси растачивают, запрессовывают втулку, совмещая радиусную канавку во втулке с отверстием под клин в бобышке балки, подрезают торцы бобышки с двух сторон

«как чисто» и растачивают отверстие во втулке в соответствии с размером на рабочем чертеже.

Изношенные втулки в отверстиях рычагов (шатунов, коромысле клапанов, педалей сцепления и тормоза) подлежат замене. При изнашивании отверстия во втулке верхней головки шатуна новую втулку запрессовывают так, чтобы стык ее был расположен под углом  $90^\circ$  к оси симметрии шатуна. Затем втулку уплотняют прошивкой, сверлят отверстие для прохождения масла, зенкуют фаски с обеих сторон втулки и растачивают втулку в соответствии с размером на рабочем чертеже.

Износ торцевых поверхностей рычагов устраняют обработкой «как чисто», но до размера, не менее указанного в технических требованиях.

Изношенные торцы бобышки балки передней оси фрезеруют парными фрезами, выдерживая перпендикулярность оси под шкворень. Уменьшение высоты бобышки компенсируют постановкой шайб при сборке. Изношенные площадки под рессоры фрезеруют торцевой фрезой. Причем эти площадки восстанавливают в первую очередь при ремонте балки передней оси, так как они являются установочными базами при устранении дефектов балки. При восстановлении шатуна сначала шлифуют один из торцов его нижней головки. Затем, базирясь на исправленном торце, обрабатывают второй торец нижней головки шатуна. При значительных износах торцы шатуна восстанавливают железнением.

Изношенные отверстия в нижней головке шатуна восстанавливают холодным железнением с применением асимметричного переменного тока промышленной частоты. Предварительно с целью устранения искажений геометрической формы отверстия его шлифуют, а затем восстанавливают железнением поверхности и обработкой его в соответствии с размером на рабочем чертеже.

Более производительным способом восстановления отверстия в нижней головке шатуна является плазменное напыление. Восстанавливаемое отверстие обрабатывают чугунной дробью ДЧК-1,0 или карбидом кремния фракцией  $0,5 \dots 1,5$  мкм при давлении сжатого воздуха  $0,4 \dots 0,6$  МПа. Поверхности, не подлежащие напылению, защищают экранами или пробками из металлической фольги, асбеста или графита. Шатун крепят в планшайбе токарного станка. Отверстие протирают тампоном, смоченным в

ацетоне, и затем прогревают плазменной струей до температуры 70...80 °С. Наносят покрытие порошком ПР Х18Н9Т. Напыленные детали охлаждают в контейнерах с асбестовой крошкой или песком. Затем отверстие растачивают, шлифуют и хонингуют в соответствии с размером на рабочем чертеже.

Износ отверстия в нижней головке шатуна карбюраторных двигателей устраняют также фрезерованием плоскости разъема шатуна и крышки на глубину до 0,25 мм. Замочные пазы под вкладыши углубляют дисковой фрезой, обеспечивая размеры по рабочему чертежу. Собирают шатун с крышкой с усилием затяжки гаек, соответствующей техническим требованиям, растачивают отверстие, оставляя припуск 0,01...0,03 мм на последующую обработку, и зенкуют фаски с обеих сторон. Хонингованием отверстия обеспечивают его размер по рабочему чертежу. Однако при этом способе уменьшается расстояние между осями верхней и нижней головок шатуна.

Рациональным способом восстановления межцентрового расстояния является растяжка шатуна за счет незначительного уменьшения поперечного сечения стержня около нижней головки при местном его нагреве токами высокой частоты.

Износ сферической поверхности стержней (коромысел клапанов, рычагов нажимного диска сцепления) устраняют шлифованием до придания им правильной формы. При значительном износе поверхность наплавляют электродами Т590, Т620 и шлифуют, обеспечивая размеры по рабочему чертежу.

Забойны и заусенцы на рабочей поверхности лапок вилок переключения передач устраняют зачисткой напильником или шлифовальным кругом. Изношенные торцы лапок восстанавливают наплавкой с двух сторон электродами Т590, Т620 с последующей шлифовкой в соответствии с размерами на рабочем чертеже.

Изношенные пазы в вилках переключения передач наплавляют электродом УОНИ 13/55, отжигают на установке токами высокой частоты, фрезеруют паз, обеспечивая размер по рабочему чертежу, и подвергают поверхностной закалке токами высокой частоты.

При износе или срыве резьбы (более двух ниток) в вилке переключения передач отверстие рассверливают, заплавляют до

уровня металла и зачищают наплывы металла до уровня поверхности вилки. Затем сверлят отверстие, зенкуют фаску и нарезают резьбу, обеспечивая размер по рабочему чертежу.

Изношенные отверстия под стремянки крепления рессор в балке передней оси восстанавливают заваркой электродами Т-590, Т-620 с последующей зачисткой наплавленной поверхности и сверлением отверстий в соответствии с размером на рабочем чертеже. Противоположная сторона отверстий под стремянки подвергается цековке. Восстанавливают эти отверстия и постановкой втулок.

Изношенную или поврежденную наружную резьбу рычагов восстанавливают наплавкой в среде углекислого газа или вибродуговой наплавкой с последующей механической обработкой наплавленной поверхности, обеспечивая размеры по рабочему чертежу.

*Типовой технологический процесс.* Основное техническое требование, которое необходимо выполнить при восстановлении рычагов, – это обеспечение параллельности осей отверстий, расстояния между осями отверстий, перпендикулярности торцевых поверхностей к осям отверстий, параллельности торцевых поверхностей, размеров и шероховатости обрабатываемых поверхностей, а также их твердости.

Технологический процесс восстановления деталей данного класса начинают с операций, связанных с правкой погнутых и скрученных деталей, с последующей термической стабилизацией некоторых из них. Рычаги нагревают и восстанавливают их отверстия обжатием. Затем производят механическую обработку этих отверстий, которые являются установочной базой при восстановлении других поверхностей. Обрабатывают отверстия в рычагах под ремонтный размер или постановку дополнительных ремонтных деталей. Запрессовывают дополнительные ремонтные детали, перепрессовывают изношенные втулки и развертывают отверстия в них до получения необходимых размеров и шероховатости поверхности. Торцевые поверхности деталей обрабатывают зенкованием или фрезерованием «как чисто».

Отдельные поверхности рычагов подготавливают под заварку, наплавку или гальваническое наращивание. Рассверленные отверстия заваривают, наплавляют поверхности или осуществ-

ляют гальваническое наращивание их с последующей механической обработкой в соответствии с размерами на рабочем чертеже.

Схема типового технологического процесса следующая:

- правка погнутых и скрученных деталей;
- тепловая стабилизация выправленной детали;
- восстановление бобышек обжатием;
- обработка бобышек после обжатия;
- обработка гладких отверстий под ремонтный размер или под постановку ДРД;
- запрессовка ДРД;
- развертывание ДРД в соответствии с размером на рабочем чертеже;
- зенкование торцов бобышек и фрезерование плоских площадок «как чисто»;
- обработка поверхностей под заварку, наплавку и гальваническое наращивание;
- заварка, наплавка и гальваническое наращивание;
- механическая обработка заваренных отверстий, наплавленных поверхностей и гальванических покрытий.

Правку некруглых рычагов осуществляют на прессах, а проверку и правку балок передних осей – на стендах. Выпрессовывают и запрессовывают втулки на настольном прессе. При восстановлении конусных отверстий осадку бобышек рычагов производят в штампах под кузнечным молотом. Нагревают детали в электрических печах.

Заварку отверстий, наплавку торцовых поверхностей, пазов осуществляют на столе для электросварочных работ, поверхностную закалку и отпуск деталей – на высокочастотных установках ЛЗ1-15, ВЧГ1-10/0,066, плазменное напыление отверстия нижней головки шатуна – с помощью установки УПУ-ЗД.

Для обработки поверхностей некруглых рычагов применяют металлорежущие станки: вертикально-сверлильные; радиально-сверлильные; горизонтально-фрезерные; вертикально-фрезерные; алмазно-расточные; плоскошлифовальные; внутришлифовальные; хонинговальные и др.

Для установки деталей при механической обработке применяют специальные приспособления, кондукторы.

Поверхности деталей обрабатывают твердосплавными резцами, сверлами, зенкерами; применяются различные шлифовальные круги.

Поверхности деталей контролируют универсальными измерительными инструментами: штангенциркулями, микрометрами, калибрами, индикаторными нутромерами, индикаторами и пластинчатыми щупами.

### 3.7. Восстановление резьб

Весьма существенными дефектами в корпусных деталях являются износ и срыв резьбы в отверстиях. В ремонтном производстве чаще всего применяют следующие способы восстановления резьбовых отверстий:

- заварка отверстий с последующим нарезанием резьбы;
- установка свертыша;
- обработка отверстия и нарезание резьбы ремонтного (увеличенного) размера;
- установка резьбовой спиральной вставки.

При *заварке резьбовых отверстий* во всех случаях сначала удаляют старую резьбу путем рассверливания. Заварку в чугунных деталях производят газовой и электродуговой сваркой с общим или местным нагревом или в холодном состоянии. В качестве присадочного материала или электродов при горячей заварке применяют чугунные прутки с повышенным содержанием кремния, поршневые кольца из серого чугуна, электроды ЦЧ-4, ОЗЧ-1, МНЧ-1, ЖНБ-1, ПАНЧ-11. Место заварки обрабатывают заподлицо с основным металлом, сверлят отверстие и нарезают резьбу номинального размера. Однако применение сварочных процессов при восстановлении резьб вследствие большой зоны термического влияния приводит к появлению отбела, трещин и короблений детали, изменению структуры основного металла. Прочность восстановленной резьбы ниже прочности новой.

Для заварки резьбовых отверстий в алюминиевых деталях наибольшее применение получила аргонно-дуговая сварка специальными электродами из алюминиевой проволоки марки АК. Недостаток применения сварочных способов для алюминиевых деталей – активное поглощение расплавленным алюминием газов,

что приводит к образованию пор в наплавленном слое. Большая усадка остывающего алюминия часто приводит к образованию трещин.

*Установка свертыша* может применяться, если конструкция детали позволяет увеличивать отверстия. Часто этим способом восстанавливают резьбы под свечи в алюминиевых головках цилиндров. С этой целью, например, у головок двигателей ЗИЛ-130 резьбовое отверстие рассверливают до диаметра 18,3 мм, зенкуют до диаметра 25 мм на глубину 2,5 мм (общая глубина 5,5 мм) и нарезают резьбу М20×1,5 под свертыш, а затем свертышат и развальцовывают его со стороны плоскости разъема. Перед постановкой свертыша под него ставят медную шайбу толщиной 1 мм. Этот способ трудоемок, стоимость ремонта высокая.

Способ восстановления резьбовых отверстий на ремонтный размер влечет за собой введение увеличенного размера и дополнительной обработки сопряженной детали. При этом нарушается взаимозаменяемость.

В последние годы в ремонтных предприятиях для восстановления резьбовых отверстий широкое распространение получил способ установки резьбовых спиральных вставок. Отечественный и зарубежный опыт изготовления спиральных вставок показал, что наилучшие результаты достигнуты при использовании для этой цели проволоки из нержавеющей стали Х18Н9Т или Х18Н10Т повышенной точности. Эта проволока обладает пластичностью и упругими свойствами.

Спиральные вставки серийно изготавливают из проволоки ромбического сечения в виде пружинящей спирали с жесткими производственными допусками. В таком виде спиральные вставки представляют строго концентрические внутренние и наружные резьбы повышенного класса точности. В свободном состоянии диаметр резьбовой вставки больше, чем наружный диаметр резьбы отверстия, поэтому после завертывания спиральной вставки в резьбовое отверстие вставка находится в напряженном состоянии и плотно прижимается к виткам резьбы в отверстии. Установленная в резьбовое отверстие детали спиральная вставка образует калиброванную гаечную резьбу с предусмотренным по нормам исходным номинальным диаметром.

Восстановленные установкой спиральных вставок резьбовые отверстия деталей имеют ряд преимуществ по сравнению с нарезанной резьбой и тем более с отремонтированной существующими способами, применяемыми в ремонтных предприятиях. Эти резьбы имеют повышенную предельно допускаемую нагрузку за счет более плотного прилегания боковых поверхностей спиральной вставки к резьбе отверстий детали, что способствует равномерному распределению нагрузки на отдельные витки и напряжений от резьбы болта (шпильки) на резьбу гайки. Они имеют высокую износостойкость, обусловленную применением высококачественного материала спиральных вставок и наличием гладких поверхностей ромбической проволоки. Это позволяет резьбе выдерживать высокие нагрузки и обеспечивает целесообразность использования данного способа для упрочнения резьбы в материалах малой прочности (алюминий, чугун, пластмасса), а также при наличии тонких стенок в деталях различных машин.

Резьбы, восстановленные установкой спиральных вставок, обладают повышенной антикоррозионной стойкостью, исключая возможность заедания резьб болтов и шпилек в результате воздействия атмосферных условий, так как отсутствует контактная коррозия в резьбовом соединении. Из сказанного следует, что долговечность резьбовых соединений, восстановленных спиральными вставками, значительно повышается, а это гарантирует большой ресурс работы отремонтированных автомобилей.

При низкой стоимости ремонта и высокой производительности труда этим способом можно восстанавливать все размеры неисправных резьбовых отверстий независимо от их числа и места расположения.

Технологический процесс восстановления резьбовых отверстий спиральными вставками предусматривает следующие операции: очистку; дефектацию; рассверливание отверстий, подлежащих восстановлению; нарезание резьбы в отверстиях детали под спиральную вставку; установку спиральной вставки в подготовленное резьбовое отверстие детали; удаление технологического поводка с установленной спиральной вставки; контроль резьбовых отверстий, восстановленных спиральными вставками.

### 3.8. Кузовной ремонт

В процессе эксплуатации элементы и узлы кузова испытывают динамические нагрузки напряжением от изгиба в вертикальной плоскости и скручивания, нагрузки от собственной массы, массы груза и пассажиров. На кузов и его узлы воздействуют также значительные напряжения, образующиеся в результате колебаний его при движении по неровностям, толчках и ударах при наезде на препятствия, а также вследствие погрешностей в балансировке вращающихся узлов, смещения центра тяжести в продольном и поперечном направлениях. Эти напряжения вызывают накопление усталости и приводят к разрушениям элементов кузова.

В кузовах автомобилей, поступающих в ремонт, встречаются:

- повреждения, появившиеся в результате нарастания изменений в состоянии кузова; к ним относится естественный износ, возникающий в процессе нормальной технической эксплуатации автомобиля, вследствие постоянного воздействия на кузов таких факторов, как коррозия, трение, упругая и пластическая деформация и др.;

- повреждения, появление которых связано с действиями человека, конструктивными недоработками, нарушением норм обслуживания кузова и правил технической эксплуатации, а также вызвано транспортными происшествиями (авариями).

Технологический процесс ремонта кузова в общем виде состоит из следующих операций:

- мойка кузова;
- дефектовка повреждений;
- удаление старой краски и ржавчины;
- устранение повреждений одним из описанных ниже способов;
- подготовка под окраску (шпаклевание, зачистка);
- окраска;
- антикоррозийная обработка.

*Ремонт кузова заменой поврежденных деталей.* Такой метод ремонта довольно прост по исполнению и поэтому часто встречается в практике ремонтных предприятий. Метод заключа-

ется в удалении старой кузовной детали и заменой ее новой, приобретенной в запчастях.

Замену кузовных деталей, приваренных к кузову автомобиля, осуществляют следующим образом. Намечают карандашом или мелом линию среза по всему периметру старой детали таким образом, чтобы оставить полосы шириной 20–30 мм. Старую кузовную деталь осторожно вырезают по разметке зачистной машинкой с отрезным абразивным кругом или зубилом и ножницами для резки листового металла, чтобы не повредить внутренние детали, укрепленные к кузову в местах выреза. Если после удаления старой детали оставшиеся на кузове фланцы не позволяют тщательно подогнать новую деталь по месту крепления, эти фланцы удаляют. Высверливают точки контактной сварки со стороны приваренного фланца на глубину его толщины и отсоединяют фланец от кузова с помощью плоскогубцев или тонкого острого зубила. Для высверливания сварных точек следует использовать сверло диаметром 6 мм, заточенное под углом 150–160°.

После обрезки тщательно подравнивают и зачищают до металлического блеска поверхности фланцев, к которым надлежит приваривать новую деталь. Устанавливают и подгоняют по месту крепления новую деталь и плотно прижимают ее с помощью струбцин. Сварку производят только по кромкам в последовательности, предотвращающей деформацию детали. В процессе сварки и после ее окончания сварной шов проковывают молотком, используя поддержку, а затем тщательно зачищают шов до металлического блеска.

К недостаткам метода можно отнести довольно высокую стоимость заменяемых кузовных частей, особенно нерационально этот метод применять в случае если повреждения имеют сравнительно небольшой характер (вмятины, местные деформации) и могут быть устранены другими способами.

*Ремонт частичной заменой кузовных деталей.* При частичной замене деталей кузовов выполняют разметку границ удаляемого участка и изготавливаемой ремонтной детали, удаление поврежденных участков деталей кузова, изготовление и подгонку ремонтных деталей, подготовку деталей к сварке, соединение деталей сваркой, выравнивание зон сварных соединений.

Разметку границ удаляемого участка производят после предварительной установки сопряженных поверхностей деталей или сопряженных деталей с допустимыми зазорами в исходном положении (соответствующее их положение до аварии). Линии разметки наносят по отсчету от базовых точек, шаблону, ремонтной детали. Перед началом разметки визуально определяют и наносят мелом границы заменяемого участка.

Базовые точки отсчета при разметке берут на пересечении характерных линий деталей или на каком-то расстоянии (удобном для замера) от пересечения характерных линий (рис. 3.2). Затем по отсчету от базовых точек находят координаты точек, определяющие линию отреза поврежденного участка панели. Соединить намеченные точки можно с помощью гибкой металлической линейки, мелованного шнура, нетянущейся клейкой ленты. После окончательного определения и разметки линии реза последнюю переносят точно так же на панель, из которой будет изготовлена ремонтная вставка.

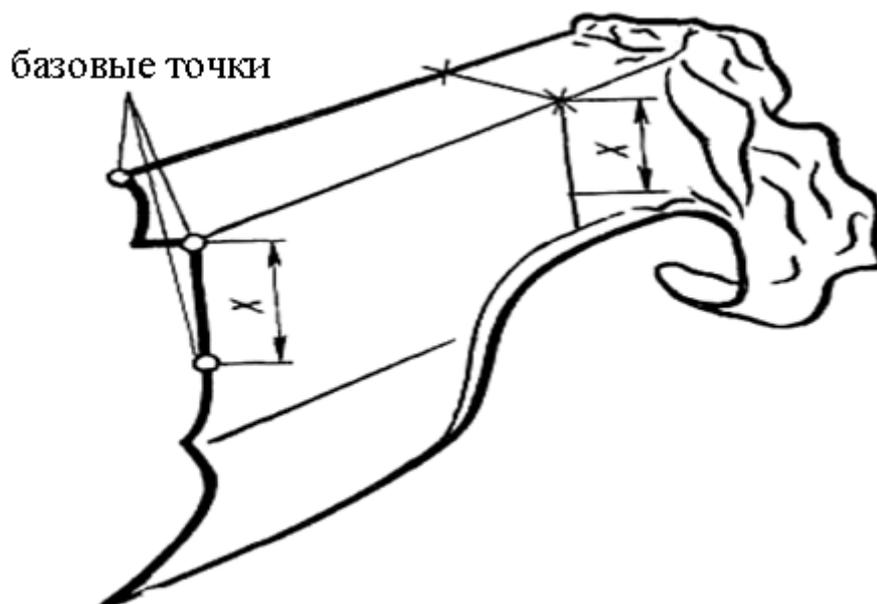


Рис. 3.2. Разметка по отсчету от базовых точек

Разметку по ремонтной детали производят после удаления поврежденного участка и установки на его место готовой ремонтной детали, несколько превышающей границы удаляемого

участка. Линию разметки наносят на оставленную часть панели или детали кузова по кромке наложенной ремонтной детали.

Поврежденные участки деталей кузова удаляют резкой панелей, коробчатых сечений, мест соединения панелей, разъединением мест точечной и шовной сварок. При исполнении этих видов ремонтных работ не допускается деформация оставшихся частей панелей и сопряженных деталей.

Резку панелей можно производить отрезной абразивной машинкой, механическими ножницами, ножовкой, зубилом и т. п. Во всех случаях необходимо сначала резать панели, а потом жесткости, ее поддерживающие.

Коробчатые сечения (рис. 3.3) в кузовах легковых автомобилей бывают простые (двухслойные) и сложные (многослойные). Если короб имеет многослойное сечение, делают дополнительный рез с удобной стороны для обеспечения доступа сварочного инструмента к внутренней детали. Если в сечении коробка более трех слоев, делают ступенчатые надрезы, обеспечивая доступ для сварки всех слоев короба.

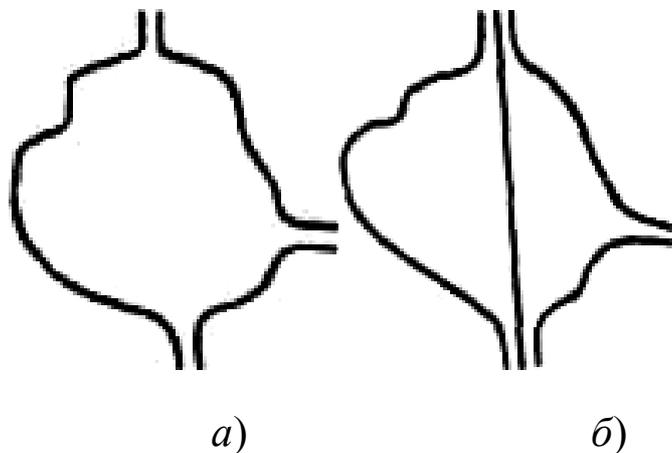


Рис. 3.3. Коробчатые сечения: *a* – простое; *б* – сложное

Для разъединения мест точечной сварки стачивают часть или всю зону сварного соединения на одной из деталей. Стачивание части зоны сварного соединения производят твердосплавной шарошкой диаметром 4–6 мм с помощью высокооборотной (от 12 000 до 80 000 об/мин) шлифовальной машинки или специально заточенным сверлом с помощью обычной сверлильной машинки, если возможен доступ со стороны удаляемой детали с минималь-

ным воздействием на оставляемую часть. Если доступ к сварочным точкам невозможен со стороны удаляемой детали, обычным сверлом высверливают точки насквозь с удобной стороны. Для окончательного разъема сварных соединений после высверливания можно использовать пневмомолоток со специальным резакром или предварительно отрезать удаляемый участок, чтобы осталась лишь полоска с точечной сваркой (шириной 15–20 мм), которую затем отделяют клещами или кусачками.

Сварочный шов удаляют с помощью шлифовальной машинки с абразивным камнем или шарошкой, преимущественно ставивая удаляемую деталь, затем разъединяют сварное соединение пневмомолотком со специальным резакром.

Соединение деталей сваркой осуществляют внахлест (без профилирования и с профилированием кромки) и встык (без подкладки и с подкладкой ленты, с отбортовкой кромок). Перед выполнением сварки тщательно зачищают свариваемые кромки; производят антикоррозионную защиту закрываемых поверхностей специальными токопроводящими материалами или грунтовками.

При соединении внахлест без профилирования кромки применяют сварку прерывистым или сплошным швом за край одной из деталей. При этом необходимо подогнать детали так, чтобы они плотно прилегали друг к другу, и зафиксировать их в этом положении с помощью быстродействующих зажимов.

Для соединения деталей внахлест применяют способ электрозаклепки. При подготовке соединения под сварку таким способом необходимо на одной из свариваемых деталей изготовить отверстия в зоне соединения. Для этого используют дырокол или сверлильную машину со сверлом 4–6 мм. Этот вид соединения применяют при необходимости воспроизводства соединений, выполненных на заводе-изготовителе.

Для соединения лицевых панелей профилируют кромку ремонтной детали таким образом, чтобы в месте соединения свариваемые детали находились в одной плоскости. При этом места перегибов и углов соединяемых деталей готовят для сварки встык. При подготовке деталей для соединения сваркой встык без подкладной ленты необходимо подогнать их так, чтобы зазор в месте соединения не превышал 1,5 диаметра сварочной проволо-

ки. Накладка краев деталей не допускается. Детали для примерки и после окончания подгонки закрепляют быстродействующими зажимами.

При соединении деталей встык с подкладной лентой не требуется выдерживать точный зазор между соединяемыми деталями (он может быть от 1 до 10 мм). Это достигается за счет перекрытия зоны соединения подкладной лентой шириной 30–40 мм. Соединение деталей производят преимущественно способом электрозаклепок. Для этого кромки соединяемых деталей перфорируют.

Сварку встык с отбортовкой кромок применяют при необходимости воспроизводства соединений, выполненных на заводе-изготовителе. Соединяемые кромки отбортовывают под углом  $90^\circ$  на 8–10 мм, в случае необходимости на отбортованных кромках делают клиновидные вырезы. Одну из кромок перфорируют под сварку способом электрозаклепок.

Соединение деталей кузова в процессе ремонта производят в основном с помощью электросварки в среде защитного газа и клещей для точечной электроконтактной сварки.

*Правка деформированных панелей и проемов механическим воздействием.* Как правило, вмятины в панелях кузовов и оперения, где металл после удара не растянут, выравнивают выдавливанием или вытягиванием вогнутого участка до придания ему правильного радиуса кривизны.

При большом растяжении металла образуются выпучины, которые нельзя исправить рихтовкой. Правку выпучины можно выполнять в холодном или нагретом состоянии.

Устранение выпучины в холодном состоянии основано на растяжении металла по концентрическим окружностям или по радиусам от выпучины к неповрежденной части металла (рис. 3.4). При этом образуется плавный переход от наиболее высокой части выпучины к окружающей ее поверхности панели.

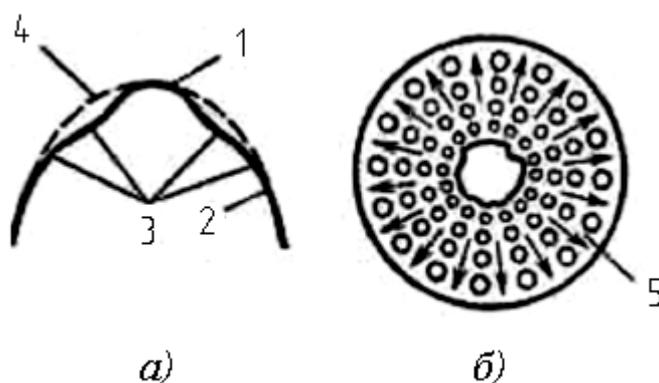


Рис. 3.4. Способ правки (б) в панелях кузова выпучин (а) без нагрева: 1 – выпучина; 2 – панель; 3 – участки панели, подлежащие растягиванию ударом молотка; 4 – радиус кривизны панели после правки выпучины; 5 – схема направления ударов молотка (указано стрелками)

Значительное растяжение металла, имеющее место при устранении выпучины рихтовкой в холодном состоянии, увеличивает истинную поверхность металла на ремонтируемом участке. В результате коррозионная стойкость металла ухудшается. Поэтому правку неровных (волнистых небольших вогнутых поверхностей) металлических панелей кузовов механическим способом рекомендуется выполнять разглаживанием специальными устройствами, выдавливанием или вытягиванием с помощью указанных ниже приспособлений, а выпучины править с применением нагрева.

Для правки труднодоступных мест используют изогнутые поддержки-лопатки (рис. 3.5, а), конец которых можно ввести между внутренними и наружными панелями кузова через зазоры или монтажные люки (рис. 3.5, б).

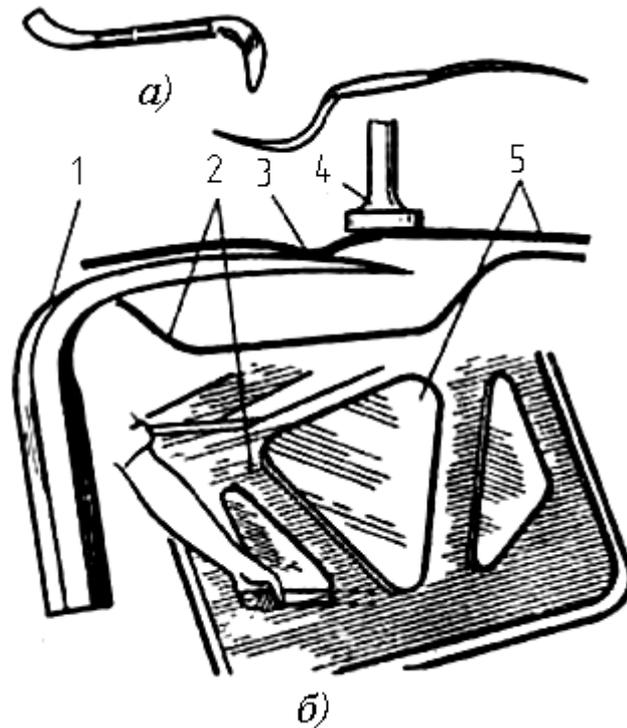


Рис. 3.5. Поддержки (а) для правки участков, закрытых внутренними панелями, и схема правки с их помощью крышки багажника (б): 1 – поддержка; 2 – внутренняя панель; 3 – вмятина; 4 – рихтовочный молоток; 5 – наружная панель

Рихтовка незначительных вмятин на панелях крыши, дверей, капота, багажника, крыльев и других лицевых панелей и приемы ее выполнения показаны на рис. 3.6.

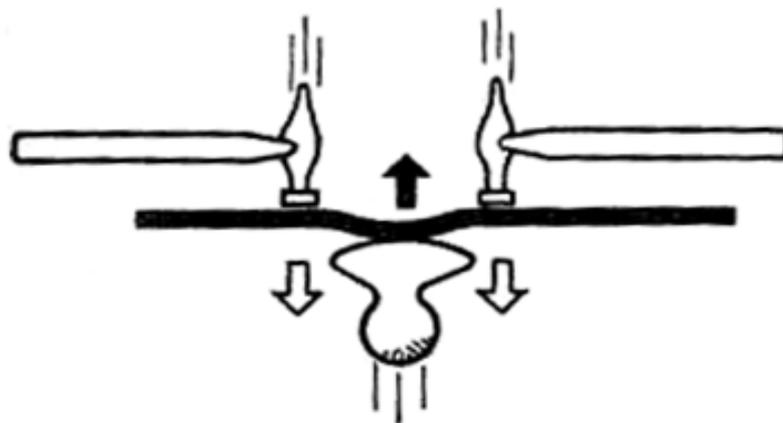


Рис. 3.6. Рихтовка незначительных вмятин на панелях (крыши, дверей, капота и др.)

Исправление вмятин на кузовах, имеющих закругленную (овальную) лицевую поверхность (рис. 3.7), всегда начинают с периферии вмятины и продвигаются к ее центру.

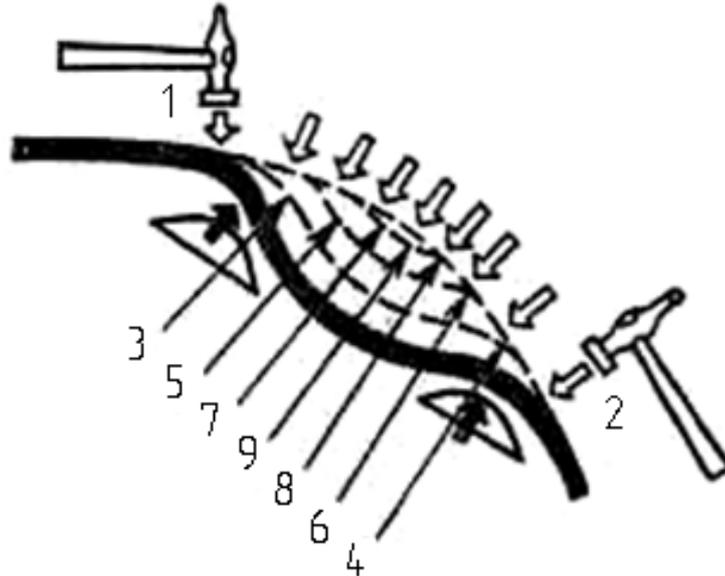


Рис. 3.7. Последовательность (1–9) исправления вмятин на деталях кузова, имеющих закругленную (овальную) лицевую поверхность

Устранение небольших деформаций в панелях в некоторых случаях можно осуществить с помощью рычага-прижима. Приемы работы с этим инструментом, а также с молотком и рычагом-прижимом приведены на рис. 3.8.

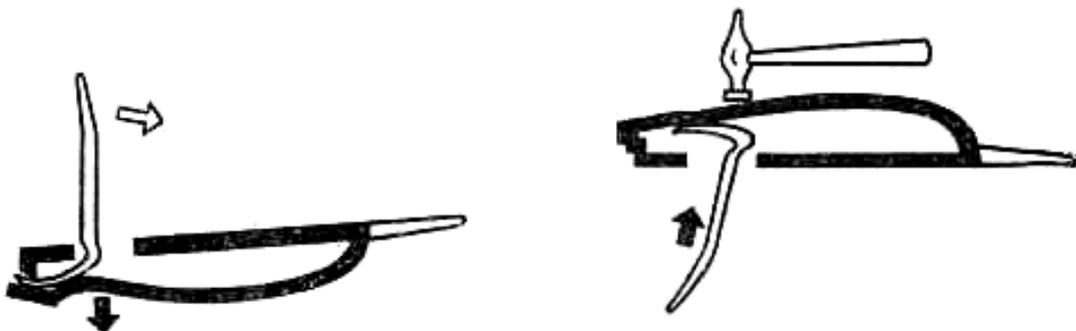


Рис. 3.8. Исправление деформированного участка с помощью рычага-прижима

При использовании для рихтовки небольших деформационных участков специального рихтовочного молотка 1 (имеет насечку) и наковальни-поддержки 2 металл «не плывет», его длина восстанавливается до первоначальных форм и размеров (рис. 3.9).

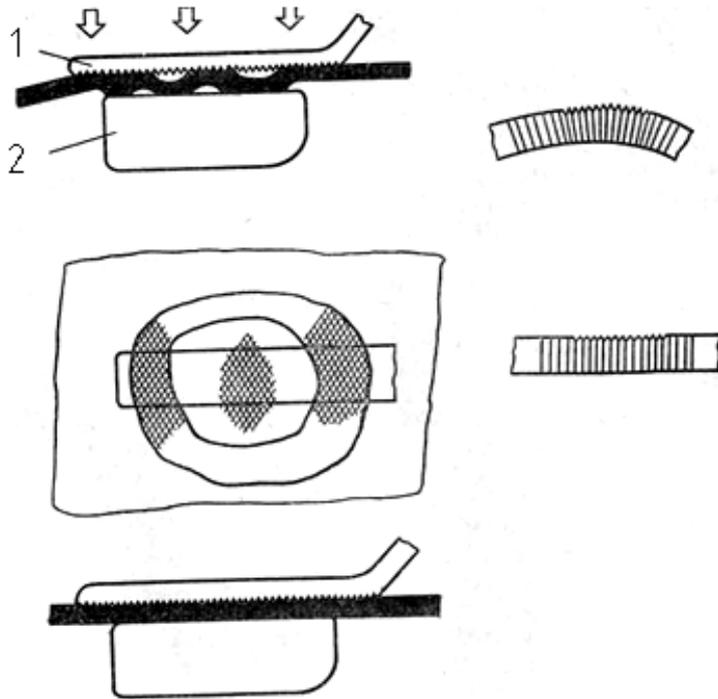


Рис. 3.9. Рихтовка небольших деформированных участков с помощью специального рихтовочного молотка

Для правки перекосов проемов остекления кузова, дверных проемов, общих деформаций силовых элементов кузова используют гидравлические или винтовые стяжки (рис. 3.10).

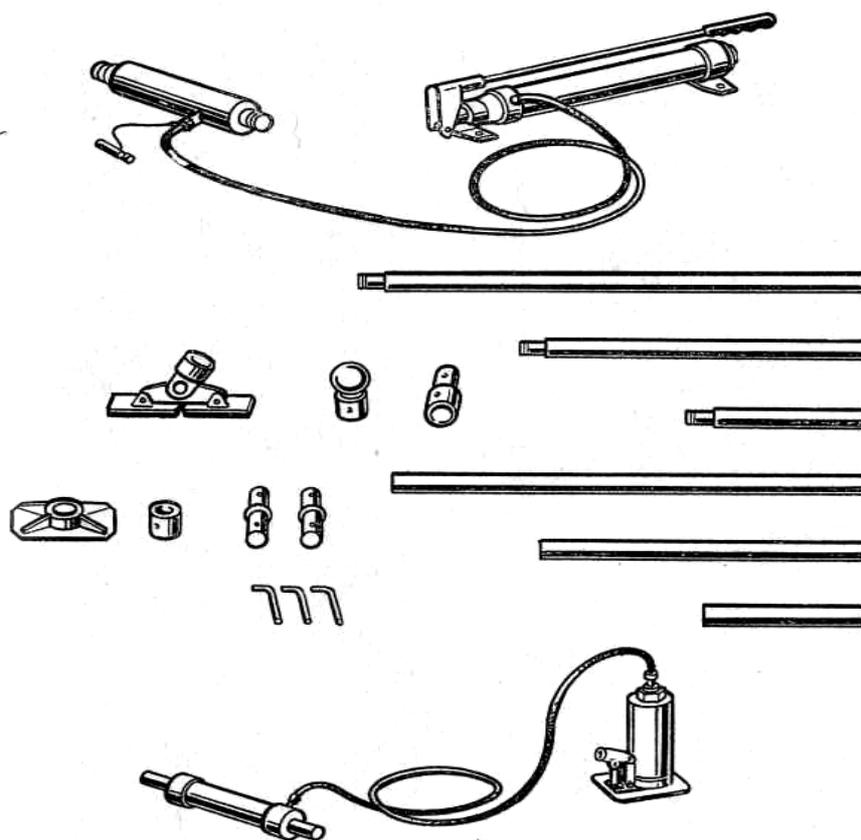


Рис. 3.10. Гидравлические устройства для правки кузова

Правка прогиба в крыше с помощью растяжки показана на рис. 3.11, а, перекоса в дверном проеме – на рис. 3.11, б.

*Правка с применением нагрева.* Сущность термического способа правки заключается в том, что нагреваемый участок панели в процессе теплового расширения встречает противодействие со стороны окружающего холодного металла. В процессе остывания происходит уменьшение выпучины за счет того, что нагретые вокруг нее участки, охлаждаясь, производят стягивающее действие. Как правило, зону нагрева следует располагать как можно ближе к вершине выпучины. Нагревание осуществляется пятнами или полосами с помощью ацетилено-кислородной горелки до температуры 600–650 °С. Пятна диаметром до 30 мм ориентируют вдоль длинных сторон выпучины (рис. 3.12, а). Нагрев начинают на более жестком участке и переходят к менее жесткому. Расстояние между центрами пятен 70–80 мм.

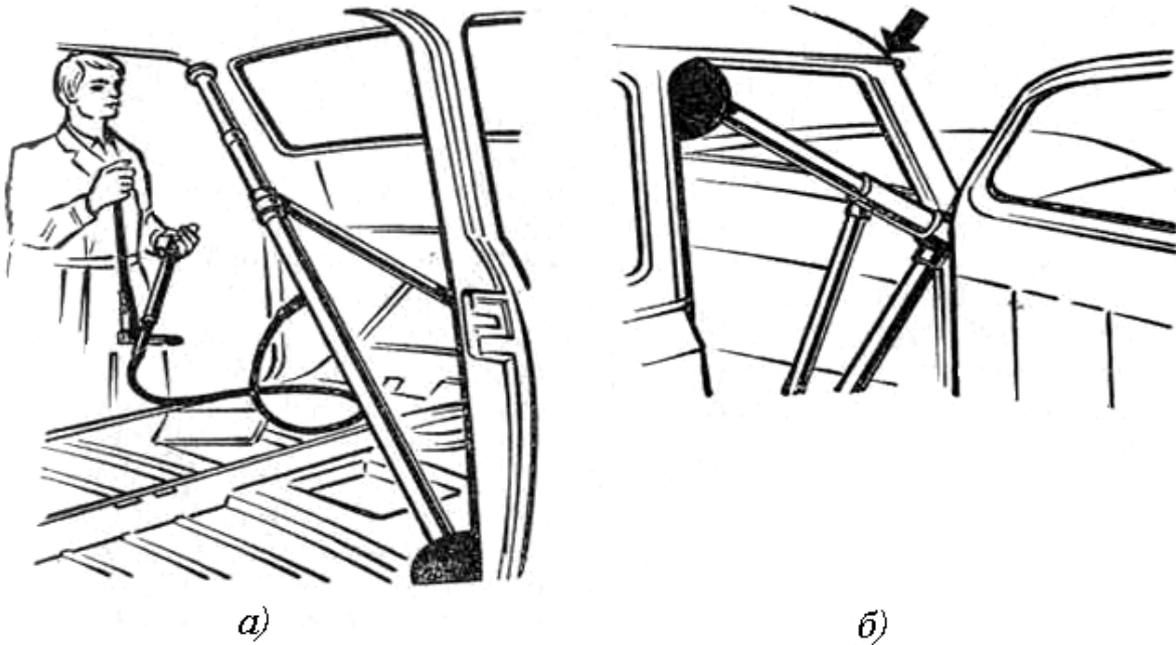


Рис. 3.11. Правка прогиба в крыше (а) кузова и устранение перекоса в дверном проеме (б)

Если форма выпучины приближается к шаровой, то нагрев осуществляется перекрещивающимися полосками или полосой, расположенной по склонам выпучины (рис. 3.12, б).

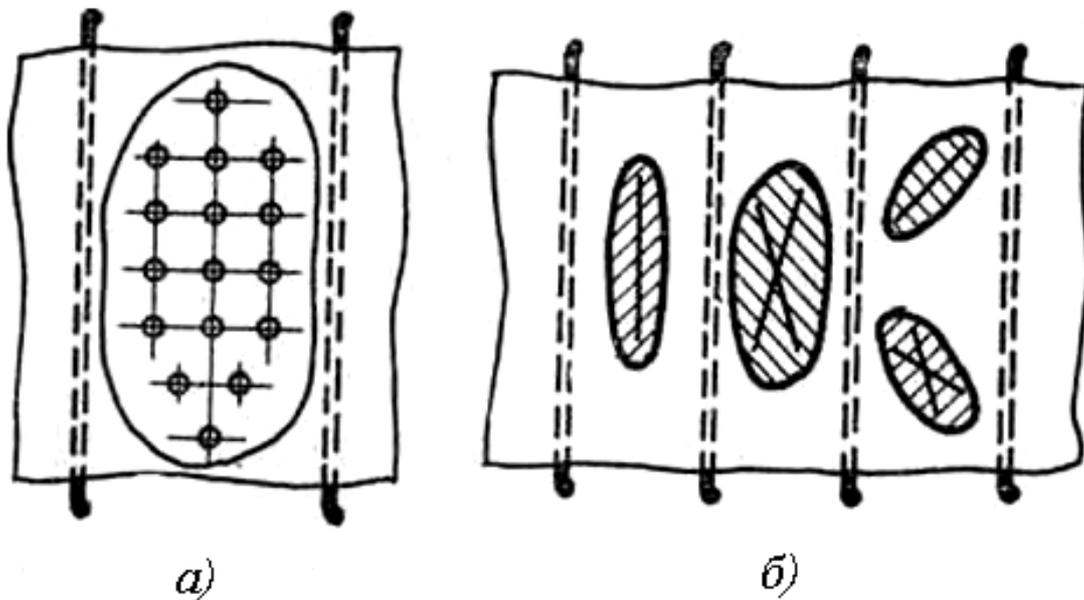


Рис. 3.12. Способы нагрева при правке выпучин на панелях:  
а – нагрев пятнами; б – нагрев полосами

Нагрев каждой последующей полосы выполняют после полного остывания предыдущей. Если имеется свободный доступ к выпучине с наружной и внутренней сторон панели, то для ускорения правки можно совместить нагрев с механическим воздействием. При этом самую растянутую часть нагревают небольшими пятнами, ударами деревянного молотка вокруг нагретого пятна вгоняют излишек металла в это пятно (рис. 3.13).

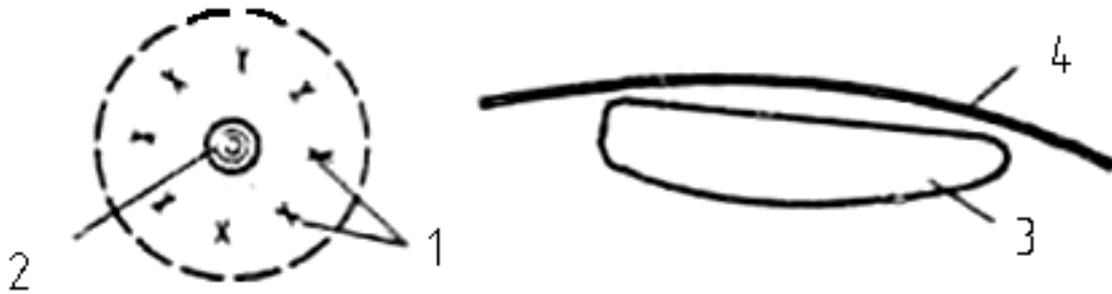


Рис. 3.13. Схема правки выпучин в нагретом состоянии:  
1 – примерное направление ударов молотка; 2 – нагретое пятно;  
3 – поддержка; 4 – панель

При правке крутых глубоких вмятин наиболее деформированный участок разрезают, а после осадки сваривают.

Вмятины в панелях кузовов, изготовленных из дюралюминия, трудно поддаются исправлению, так как дюралюминий стареет и сильно упрочняется. Для придания этому материалу пластических свойств его отжигают: нагревают металл до 300–350 °С, выдерживают его при этой температуре в течение 45–60 мин и затем охлаждают в воде или на воздухе. Температуру нагрева для отжига определяют с помощью термочувствительного карандаша или термоиндикатора.

*Выравнивание поверхности.* После выполнения сварных соединений (точечной, газовой, стыковой сваркой и др.), расположенных на лицевой поверхности, производят рихтовку с применением шпаклевок. Рихтовку, а также выравнивание выполняют в процессе изготовления кузовных деталей, сборки и сварки отдельных сборочных единиц кузова и кабин, так как на поверхностях лицевых деталей, как правило, остаются дефекты (вмятины,

риски от зажимов и фиксаторов, выплески в местах точечной сварки и т. п.).

В настоящее время для рихтовочных работ наиболее широко применяют полиэфирные шпаклевки быстрого отверждения. Полиэфирные шпаклевки представляют собой пастообразную массу светло-серого или белого цвета. Перед применением к основной части шпаклевки добавляют инициатор полимеризации (отвердитель). После смешения шпаклевка сохраняет малярные свойства в течение 5 мин при 18–22 °С. Шпаклевку наносят шпателем слоем толщиной 1,5–1,6 мм на загрунтованную поверхность или прямо на металл. После высыхания при 18–22 °С в течение 10–15 мин шпаклевка образует легко шлифуемое покрытие без усадки.

Полимеризовавшуюся шпаклеванную поверхность обрабатывают до получения необходимой формы шлифовальными машинками или вручную абразивными составами (шкурками, бумагой, губками) мокрым или сухим способом.

После осуществления всех рихтовочных работ кузов передают на окрашивание.

*Правка кузовов, имеющих значительные аварийные деформации.* Правка кузовов, имеющих деформации, с применением сил механического воздействия предусматривает работы по вытягиванию, выдавливанию и выколачиванию деформированных частей кузова до придания им первоначальных форм и размеров.

Операции по правке деформированных деталей и узлов в кузовах легковых автомобилей проводят на специальных стендах и установках типа Р-620, БС-71.000, БС-123.000, БС-124.000, БС-167.000 и др.

Стенд правки кузовов Р-620 предназначен для производства ремонтных работ методами гидравлической и ручной правки аварийных кузовов легковых автомобилей с последующим контролем геометрических параметров кузова. Стенд состоит из фундаментной рамы, гидравлического привода, изделий для гидравлической и ручной правки, приспособлений для установки и закрепления автомобиля. Усилия растяжения – сжатия создаются гидравлическими насосами и цилиндрами.

Автомобиль в сборе без заднего моста или передней подвески либо только кузов устанавливают на фундаментную раму (рис. 3.14) и вывешивают на подставки с помощью двух гидрав-

лических домкратов. На подставки опираются силовые поперечные трубы, которые губками своих зажимов закрепляются за ребра жесткости порогов кузова. Кузов к раме закрепляют расчалочными приспособлениями.

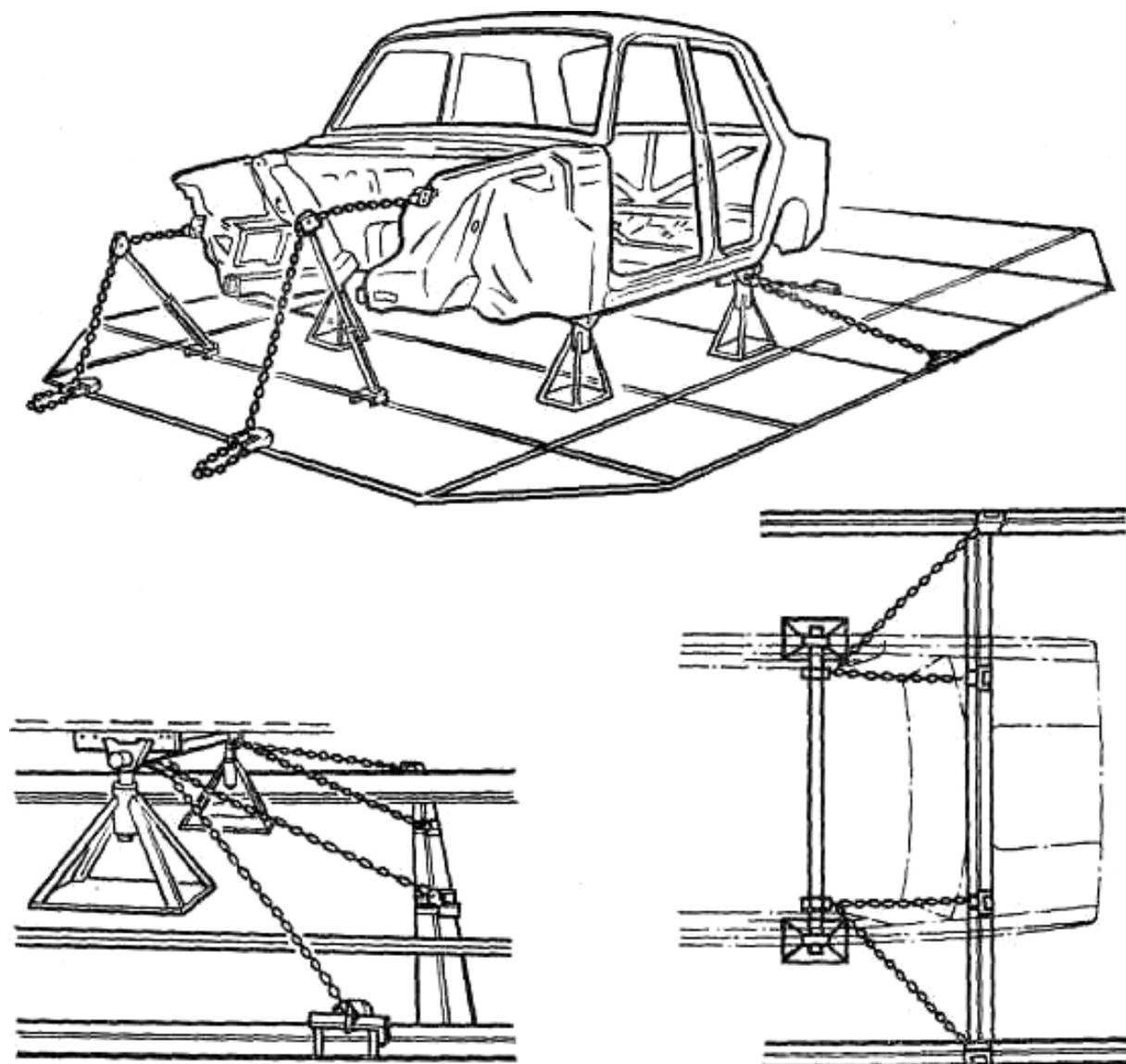


Рис. 3.14. Схема установки и закрепления кузова легкового автомобиля на стенде Р-620

Устройство для правки кузова БС-71.000 (рис. 3.15) предназначено для правки деформированных элементов кузова легкового автомобиля при его восстановлении. Оно состоит из основной балки 7 прямоугольного сечения, на одном из концов которой шарнирно закреплен качающийся рычаг 1. Усилие сжатия – растяжения на рычаге создается гидроцилиндром 2 от ручного гид-

равлического насоса 9. Легкость перемещения устройства и установки под аварийный автомобиль обеспечивается колесами 5 и 8, закрепленными на основной балке специальными кронштейнами.

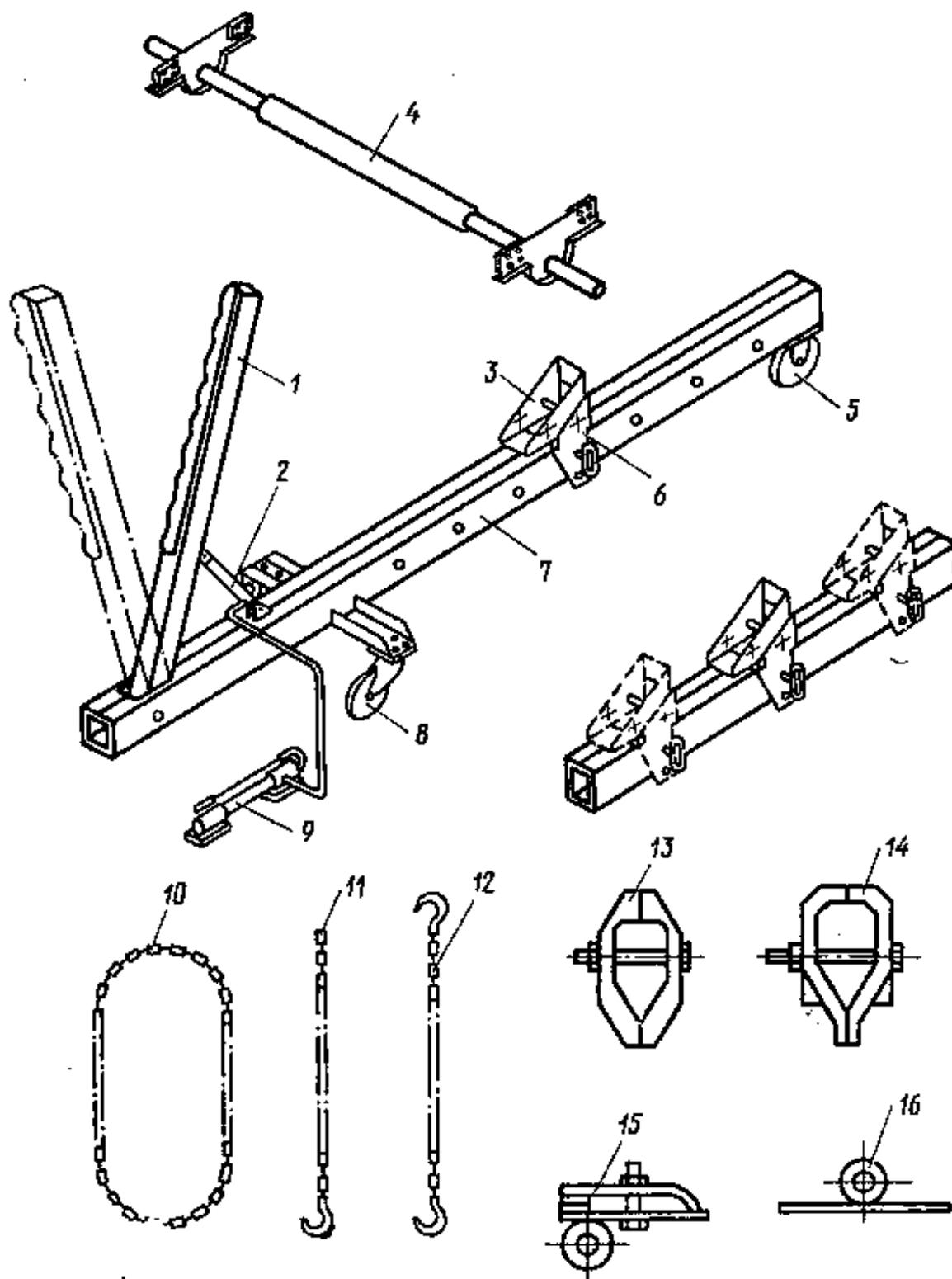


Рис. 3.15. Устройство для правки кузовов БС-71.000

Кузов аварийного автомобиля выставляют на козлы-подставки (рис. 3.16), а силовую поперечину 4 (см. рис. 3.15) закрепляют в нужном месте за ребра жесткости порогов кузова. Затем подкатывают устройство под кузов автомобиля и устанавливают его по направлению полученного соударения, при этом упор опирается в силовую поперечину. Правку деформированных частей кузова производят с использованием набора приспособлений 10, 11, 12 (стропы цепные), 13, 14, 15, 16 (зажимные приспособления). В зависимости от характера работы упор 3, закрепленный на кронштейне 6, может устанавливаться на основной балке на различной длине, как показано на рис. 3.15.

Описанное устройство предназначено для правки кузовов различных марок легковых автомобилей, обеспечивает приложение растягивающей силы в сторону, противоположную силе, вызвавшей повреждение в любом из направлений в пределах  $360^\circ$ . Имеет небольшие габаритные размеры и может быть изготовлено силами мастерских и небольших СТО благодаря несложной конструкции и применению стандартного металлопроката.

Рассмотренные устройства (и им подобные) позволяют восстанавливать кузов со значительными нарушениями геометрических параметров по проемам и полу, полученными в результате опрокидывания, фронтального и других соударений передней частью; быстро и точно определить перекосы кузова и устранить их до стандартной точности, с которой кузов выпускается заводом-изготовителем; производить правку деформированных частей в любом направлении вокруг всего кузова; выполнять ремонтно-восстановительные работы поврежденных деталей с наименьшими трудозатратами и снизить расход металла за счет сокращения поставки новых кузовных деталей в запасные части.

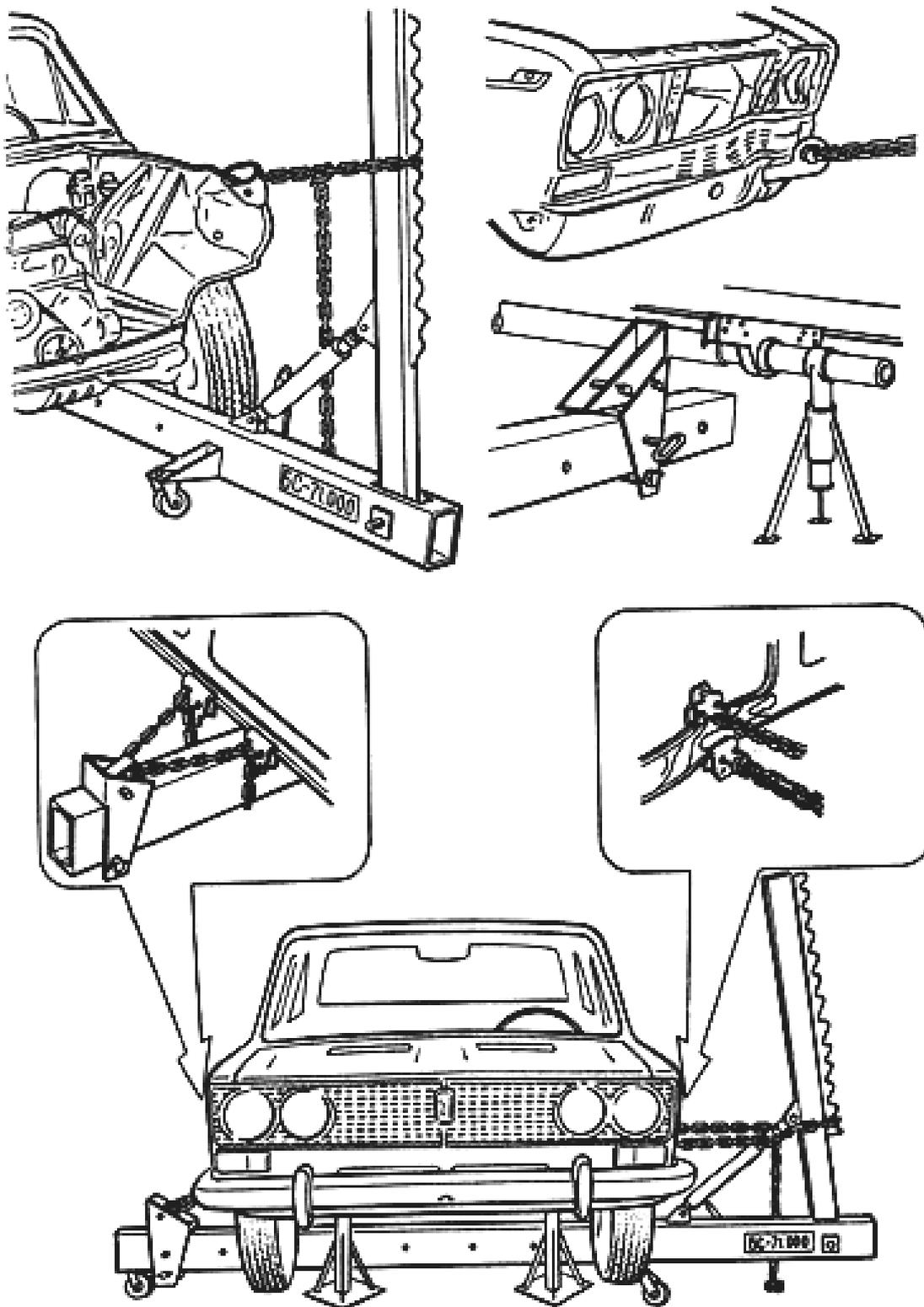


Рис. 3.16. Варианты закрепления устройства БС-71.000 на автомобиле

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апанасенко, В. С. Проектирование авторемонтных предприятий / В. С. Апанасенко, Я. Е. Игудесман, А. С. Савич. – Минск : Выш. шк., 1978. – 238 с.
2. Бабусенко, С. М. Ремонт тракторов и автомобилей / С. М. Бабусенко. – М. : Агропромиздат, 1987. – 351 с.
3. Воловик, В. Е. Справочник по восстановлению деталей / В. Е. Воловик. – М. : Колос, 1981. – 351 с.
4. Дюмин, И. Е. Ремонт автомобилей / И. Е. Дюмин, Г. Г. Трегуб. – М. : Транспорт, 1995. – 280 с.
5. Дюмин, И. Е. Повышение эффективности ремонта автомобильных двигателей / И. Е. Дюмин. – М. : Транспорт, 1987. – 176 с.
6. Испытание и ремонт автомобильных рам / Л. М. Лельчук, Г. Н. Сархошьян, М. М. Кобрин [и др.]. – М. : Транспорт, 1974. – 224 с.
7. Кзнарчук, В. Е. Техническое обслуживание, ремонт и хранение автотранспортных средств / В. Е. Кзнарчук, А. Д. Чегринец. – Киев : Вища шк., 1992. – Кн. 3. – 394 с.
8. Капитальный ремонт автомобилей : справочник / Л. В. Дехтеринский, Р. Е. Есенберлин, В. П. Апсин [и др.] ; под ред. Р. Е. Есенберлина. – М. : Транспорт, 1989. – 335 с.
9. Кац, А. М. Автомобильные кузова / А. М. Кац. – М. : Транспорт, 1982. – 296 с.
10. Ланцберг, И. Д. Ремонт электрооборудования автомобилей / И. Д. Ланцберг, Л. З. Соколин, В. Н. Каманин. – М. : Транспорт, 1981. – 317 с.
11. Лапин, В. С. Ремонт и восстановление кузовов автомобилей / В. С. Лапин, В. В. Вольберг. – М. : Выс. шк., 1988. – 119 с.
12. Лопатко, А. П. Новые методы сварки и пайки / А. П. Лопатко, З. В. Никифорова. – М. : Выс. шк., 1979. – 88 с.
13. Масино, М. А. Основы технологии производства и ремонта автомобилей : учеб. пособие / М. А. Масино. – СПб., 1991. – 232 с.
14. Маслов, Н. Н. Качество ремонта автомобилей / Н. Н. Маслов. – М. : Транспорт, 1975. – 320 с.

15. Молодых, Н. В. Восстановление деталей машин : справочник / Н. В. Молодых, А. С. Зеленкин. – М. : Машиностроение, 1989. – 479 с.
16. Мотовилов, Г. В. Автомобильные материалы : справочник / Г. В. Мотовилов, М. А. Масино, О. В. Суворов. – М. : Транспорт, 1989. – 464 с.
17. Ремонт автомобилей / С. И. Румянцев, А. Г. Боднев, Н. Г. Бойко [и др.] ; под ред. С. И. Румянцева. – М. : Транспорт, 1988. – 325 с.
18. Ремонтпригодность машин / А. И. Аристов. П. Н. Волков, Л. Г. Дубицкий [и др.] ; под ред. П. Н. Волкова. – М. : Машиностроение, 1975. – 368 с.
19. Справочник по пайке / под ред. И. Е. Петрунина. – М. : Машиностроение, 1984. – 407 с.
20. Справочник технолога авторемонтного производства / под ред. Г. А. Малышева. – М. : Транспорт, 1977. – 432 с.
21. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки / А. И. Акулов, В. П. Алехин, С. И. Ермаков [и др.] ; под ред. А. И. Акулова. – М. : Машиностроение, 2003. – 560 с.
22. Технология ремонта автомобилей / Л. В. Дехтеринский, В. П. Апсин, Г. Н. Доценко [и др.] ; под ред. Л. В. Дехтеринского. – М. : Транспорт, 1979. – 342 с.
23. Черновол, М. И. Повышение качества восстановления деталей машин / М. И. Черновол, С. Е. Поединок, Н. Е. Степанов. – Киев : Техника, 1989. – 168 с.
24. Черноиванов, В. А. Организация и технология восстановления деталей машин. – М. : Агропромиздат, 1989. – 336 с.
25. Шадричев, В. А. Основы технологии автостроения и ремонт автомобилей. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1976. – 560 с.