

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Алтайский государственный технический
университет им. И. И. Ползунова

Ю. А. ШАПОШНИКОВ, В. И. ПАНТИЛЕЕНКО

РЕМОНТ АВТОМОБИЛЕЙ

Учебное пособие

Рекомендовано

*Алтайским государственным техническим университетом им. И.И. Ползунова
в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлениям подготовки
23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»;
23.02.07 «Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов
автомобилей»; 23.02.04 «Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строитель-
ных, дорожных машин и оборудования (по отраслям)»*

ISBN 978-5-7568-1411-8



Барнаул • 2022

Об издании – [1](#), [2](#)

© Шапошников Ю. А., Панталеенко В. И., 2022
© Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова, 2022

УДК 629.33.083.5(075.8)

Шапошников, Ю. А. Ремонт автомобилей : учебное пособие / Ю. А. Шапошников, В. И. Панталеенко ; Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова. – Барнаул : АлтГТУ, 2022. – 154 с. – URL : http://elib.altstu.ru/uploads/open_mat/2022/Shaposhnikov_RemAvt_up.pdf. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-7568-1411-8

В учебном пособии изложены основы авторемонтного производства и общие положения по организации и технологии ремонта автомобилей. Большое внимание уделено рассмотрению прогрессивных технологических способов, применяемых при восстановлении деталей, приведены типовые технологические процессы ремонта деталей и узлов автомобиля.

Пособие написано для студентов направлений:

- 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов;
- 23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей;
- 23.02.04 Техническая эксплуатация подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования (по отраслям).

Рецензенты:

Президент НП «Автомобильные перевозки Алтай»

Н. В. Орлов;

Декан инженерного факультета АГАУ,
доктор технических наук, доцент

Д. Н. Пирожков

Учебное пособие

Минимальные системные требования

Yandex (20.12.1) или Google Chrome (87.0.4280.141) и т.п.
скорость подключения - не менее 5 Мб/с, Adobe Reader и т.п.

Дата подписания к использованию 29.08.2022. Объем издания – 4 Мб.

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования
«Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46, <https://www.altstu.ru>.

ISBN 978-5-7568-1407-1

© Шапошников Ю. А., Панталеенко В. И., 2022
© Алтайский государственный технический университет
им. И. И. Ползунова, 2022

[вперед \(содержание\)](#)

СОДЕРЖАНИЕ

1 Основные положения по ремонту автомобилей	4
1.1 Понятие о производственном и технологическом процессе ремонта автомобилей	4
1.2 Основные положения по ремонту автомобилей	8
1.3 Разборочные и очистные процессы	15
1.4 Контроль и сортировка деталей	25
2 Механические методы восстановления деталей	33
2.1 Восстановление деталей механической и слесарной обработкой	33
2.2 Восстановление деталей давлением (пластической деформацией)	46
3 Методы ремонта сваркой	59
3.1 Восстановление автомобильных деталей электродуговой ручной сваркой	59
3.2 Газовая сварка и наплавка стальных деталей	63
3.3 Сварка и наплавка чугунных деталей	68
3.4 Сварка и наплавка деталей из алюминиевых и магниевых сплавов	73
4 Восстановление деталей наплавкой	79
4.1 Механизированная наплавка под флюсом	79
4.2 Вибродуговая наплавка деталей	83
4.3 Сварка и наплавка деталей в среде углекислого газа	85
4.4 Электроконтактная приварка металлического слоя (ленты, проволоки, порошка)	86
4.5 Перспективные виды сварки и наплавки деталей	88
5 Восстановление деталей методами гальванизации и напыления	93
5.1 Восстановление деталей гальваническим и химическим наращиванием металла	93
5.2 Восстановление деталей газотермическим напылением (металлизацией)	103
6 Электрофизические и электрохимические методы восстановления	110
6.1 Электрофизические и электрохимические способы обработки металлов	110
6.2 Восстановление деталей паянием	112
6.3 Восстановление подшипников скольжения	117
6.4 Восстановление автомобильных деталей полимерными материалами	120
7 Восстановление рамы и кузова автомобиля	126
7.1 Технология восстановления рамы автомобиля	126
7.2 Технология ремонта кузовов, кабин	128
8 Технология сборочных процессов, экономическая эффективность	142
8.1 Комплектование изделий	142
8.2 Основы технологии сборочных процессов	143
Литература	153

1 Основные положения по ремонту автомобилей

1.1 Понятие о производственном и технологическом процессе ремонта автомобилей

1.1.1 Основные понятия и определения

Производственный процесс ремонта машин представляет собой совокупность действий, в результате которых изношенным машинам, агрегатам и узлам, поступающим в ремонт, возвращается работоспособность, утраченная ими в результате длительной эксплуатации.

Производственный процесс состоит из ряда технологических процессов ремонта и изготовления деталей, технического контроля, получения, хранения и транспортирования материалов, полуфабрикатов и готовой продукции.

Технологический процесс — это часть производственного процесса. Он является совокупностью установленных производственных операций, выполняемых с целью последовательного изменения состояния предмета производства, т.е. приведения машины, агрегата или детали в состояние, удовлетворяющее требованиям технических условий на их ремонт.

В качестве примеров технологических процессов можно привести разборочные и сборочные работы, восстановление деталей наплавкой, механической обработкой и др.

Условия осуществления производственного процесса зависят от заданной производственной программы ремонтного предприятия и трудоемкости ремонта, определяющих метод и организационную форму проведения ремонта машин и агрегатов.

Технологическая ремонтная операция есть часть технологического процесса, который производится над одним или несколькими совместно собираемыми или обрабатываемыми агрегатами, узлами, деталями или целой машиной на одном рабочем месте. При разборочно-сборочных работах часть операции, выполняемой над одним определенным соединением при неизменном инструменте, носит название перехода. Законченная совокупность отдельных движений рабочего в процессе выполнения работы или подготовки к ней называется приемом (часть операции).

В качестве примера операции, состоящей из двух переходов, можно привести сборку соединения вала с шариковыми подшипниками. При этом переходами являются напрессовка подшипников на вал и проверка соединения на биение, а приемами — установка на конец вала подшипника, нажатие рычага прессы и др.

Технологические процессы, операции и переходы заносят в технологические карты, составляемые при разборке процессов, а приемы в картах не отражаются, так как осуществляются различными рабочими по-разному.

1.1.2 Основные понятия производственного процесса

Производственный процесс — это совокупность действий людей и орудий производства конкретного предприятия, направленных на изготовление или ремонт (обслуживание) выпускаемых изделий. Он состоит из технологических процессов:

- основных, связанных с преобразованием исходных материалов до получения готовых изделий или их частей;
- вспомогательных, необходимых для обеспечения основных процессов производства (изготовление приспособлений, инструмента, ремонт оборудования и т.п.);
- обслуживающих, обеспечивающих возможность изготовления изделия (внутризаводская транспортировка, складские операции и т.п.).

В ремонтном производстве в результате производственной деятельности работников предприятий восстанавливают исправность, работоспособность объекта или ресурс изделия и его составных частей.

Под названием "предприятие" следует подразумевать как специализированные ремонтные мастерские, заводы и т. п., так и ремонтные мастерские хозяйств, являющиеся мастерскими общего назначения (МОН), в крупных хозяйствах - центральными ремонтными мастерскими (ЦРМ).

Производственный процесс ремонта машин отражает организацию и последовательность выполнения ряда технологических процессов при участии в этом основных и вспомогательных служб предприятий. На рисунке 1.1 показана схема производственного процесса ремонта.



Рисунок 1.1 Схема производственного процесса ремонта

1.1.3 Технологический процесс

Технологический процесс ремонта — это часть производственного процесса, в течение которой происходит количественное или качественное изменение ремонтируемого объекта или его элементов, включающих разборку, мойку, очистку, дефектацию, сортировку, восстановление и изготовление деталей, комплектование, сборку, испытания и окраску.

По видам выполняемых работ:

- технологический процесс сборки представляет собой соединение деталей в сборочные единицы;
- технологический процесс ремонта (восстановления) деталей представляет собой часть производственного процесса, связанного с изменением состояния детали (геометрической формы, размеров, качества поверхности и др.) и включающий в себя подготовку детали к процессу восстановления (нанесению покрытия и т.п.), собственно восстановление (нанесение покрытия, наплавка и т.п.) и необходимые операции по обработке и проверке на соответствие восстановленной детали требованиям технической документации.

Очевидно, что технологический процесс, в свою очередь, подразделяется на ряд технологических операций, которые включают в себя технологические переходы и другие действия. На рисунке 1.2 представлена структура технологического процесса ремонта машин.



Рисунок 1.2 Структура технологического процесса

Технологическая операция — законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте при ремонте (изготовлении) одной и той же продукции.

Например, операция укладки коленчатого вала — часть технологического процесса сборки двигателя, операция наплавки шеек коленчатого вала — часть процесса его восстановления и т. д. Технологическая операция состоит из переходов.

Технологический переход — это законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения (инструментом, оснасткой и т. п.) и с одними и теми же поверхностями деталей, при постоянных технологических режимах.

Например, операция заваривания трещины в стальном корпусе может состоять из следующих переходов:

- очистка поверхности — сверление ограничивающих отверстий — разделка фаски — регулировка силы сварочного тока — установка электрода — заваривание трещины — удаление шлаковой корки — контроль качества сварочного шва.

При этом следует обратить внимание на то, что сварщик, при выполнении каждого, из указанных, переходов использует различный инструмент.

Прием — часть операции, представляющая собой законченную совокупность отдельных движений рабочего в процессе выполнения работы или подготовки к ней.

Схема технологических процессов ремонта может быть построена по принципу обезличенного ремонта и по техническому состоянию.

Обезличенный ремонт применяется на заводах, осуществляющих капитальный ремонт полнокомплектных машин. Все виды работ могут быть разделены на четыре этапа:

- 1) приемка в ремонт, разборка и мойка деталей машины;
- 2) ремонт узлов и агрегатов;
- 3) общая сборка;
- 4) испытания, регулировка и сдача отремонтированного объекта заказчику.

Ремонт по техническому состоянию может производиться на эксплуатирующих предприятиях (ЭП) или специализированных ремонтных предприятиях (РП).

При ремонте на ЭП перечень технологических операций определяется для каждого отдельно взятого агрегата, и они выполняются в условиях единичного производства по единичным технологическим процессам.

На специализированных предприятиях целесообразно применять централизованный ремонт по техническому состоянию, основанный на принципах серийного производства (рис. 1.3). При этом повышается загрузка оборудования и рабочих. Суть такой организации ремонта состоит в том, что по результатам предремонтного диагностирования агрегату назначается один из заранее разработанных технологических маршрутов, предназначенных для устранения определенного сочетания дефектов.

Каждый агрегат характеризуется имеющимся у него сочетанием дефектов (Q). По результатам диагностики каждому агрегату с (q -м) сочетанием дефектов назначается свой маршрут из множества (K) возможных сочетаний маршрутов ремонта.



Рисунок 1.3 Схема технологического процесса ремонта по техническому состоянию

Агрегаты со сходным сочетанием дефектов могут объединяться в один маршрут. В соответствии с назначенным технологическим маршрутом они распределяются по специализированным рабочим местам. На одном рабочем месте может выполняться один или несколько технологических маршрутов.

1.2 Основные положения по ремонту автомобилей

1.2.1 Основные понятия о надежности автомобиля

В течение всего срока службы автомобиль находится в одном из четырех состояний: исправном, неисправном, работоспособном, неработоспособном. Особым видом неработоспособного состояния является предельное состояние. Переход изделия из одного состояния в другое характеризуется повреждением или отказом. Признаком качества изделия является его надежность.

Надежность – одна из составляющих частей качества, особое, наиболее общее его свойство. Качество изделия оценивается в эксплуатации свойствами надежности, каждое из которых имеет свои показатели (параметры). Они делятся на показатели, относящиеся только к одному из свойств изделия или к нескольким свойствам, например, к безотказности и контролю-ремонтпригодности, и интегральный показатель, учитывающий суммарный эффект и затраты на создание и эксплуатацию изделия. Свойствами надежности являются: безотказность, долговечность, контроле- и ремонтпригодность, сохраняемость (рис. 1.4).

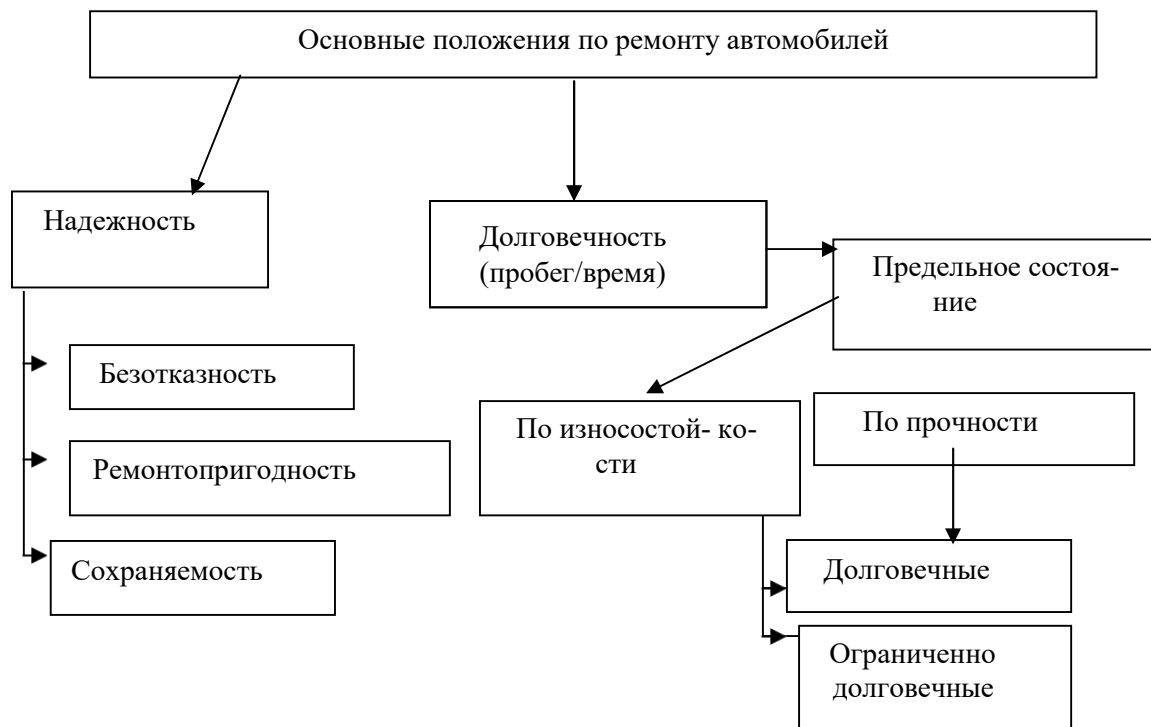


Рисунок 1.4 Основные положения по ремонту автомобилей

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования (ГОСТ 27.002-2015). Надежность является комплексным свойством.

Долговечность – свойство автомобиля сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Оценивается долговечность автомобиля техническим ресурсом (в километрах пробега) или сроком службы (календарная продолжительность эксплуатации в годах) до первого КР, до списания.

Различают две разновидности предельного состояния: по износостойкости и по прочности детали (поломка детали). Прочность большинства деталей значительно превышает их износостойкость. При незначительном износе в пределах 0,1...0,3 мм сопряжение достигает «предельного состояния», при котором необходима его замена или восстановление.

По прочностным свойствам детали автомобиля (или рабочие поверхности деталей) делятся на 2 вида: долговечные (70...75 %) и ограниченно долговечные (остальные).

Долговечные, в свою очередь, делятся на 2 группы: первая имеет срок службы, близкий к пробегу до КР (капитального ремонта), вторая – выше нормативного.

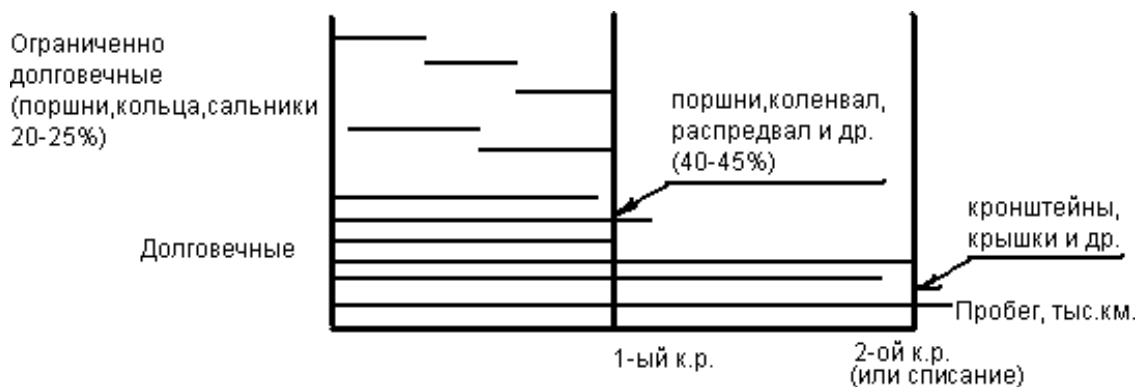


Рисунок 1.5 Долговечность деталей

Ограниченно долговечные детали при КР, как правило, не ремонтируют (заменяют новыми). Учитывая быстрое старение пластмасс, резиновых деталей, обивочных материалов (2,5...3 года), повторное их использование не целесообразно. Не ремонтируют также неразборные узлы (например, свечи зажигания). Долговечные детали могут быть восстановлены несколько раз. Например, коленчатый вал двигателя имеет несколько ремонтных размеров. В случае необходимости шейки коленчатого вала можно наплавить (есть и другие методы восстановления).

1.2.2 *Сущность ремонта автомобилей (агрегатов, узлов)* заключается в экономически целесообразной реализации остаточной долговечности деталей по прочности. Вопросы экономики ремонта рассматриваются в отдельной лекции в конце курса.

Под технологией ремонта автомобиля следует понимать науку о методах реализации остаточной долговечности деталей, направленных на превращение изношенного автомобиля в исправный, работоспособный автомобиль.

Под авторемонтным производством понимают капитальный промышленный ремонт автомобилей, технология и организация которого обеспечивают экономически оправданную реализацию остаточной долговечности деталей по прочности.

1.2.3 Исследования показывают, что первый КР, исходя из экономической эффективности затрат, выгоднее приобретения новой машины. Это объясняется двумя важными обстоятельствами:

- фактические затраты на первый КР большинства видов машин и оборудования обычно не превышают 30...40 % их балансовой стоимости, повторные же ремонты обходятся значительно дороже;
- большинство видов машин подвергается первому КР, как правило, до наступления морального износа.

Проблема качества ремонта является в настоящее время одной из главных проблем авторемонтного производства. Повышение качества ремонта означает снижение затрат на ремонтное обслуживание. Действующие нормативы требуют, чтобы долговечность отремонтированных автомобилей, агрегатов, узлов была выше 80 % от долговечности, установленной автозаводом.

Под качеством ремонта автомобилей понимается степень восстановления его работоспособности, характеристик и свойств, утраченных в процессе эксплуатации, при нормированном расходе трудовых, материальных и финансовых ресурсов. Качество ремонта автомобилей формируется в процессе подготовки производства и выполнения различных видов основных и вспомогательных ремонтных работ.

Совершенствование основных работ - мойки, разборки, контроля, сортировки, восстановления, комплектования, сборки и испытания - является основой получения требуемых показателей качества. Определенное влияние на формирование качества имеют и вспомогательные работы - ремонт оборудования, обеспечение рабочих мест инструментами и приспособлениями, контроль качества, обеспечение запасными частями, материалами, энергией, транспортом. Подготовка производства должна проводиться в соответствии с требованиями (стандартами) Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП). На качество ремонта в значительной степени влияет состояние ремонтного фонда, материалов и запасных частей. Очень важным мероприятием в борьбе за качество является подготовка кадров.

В авторемонтных предприятиях не всегда удается добиваться высокого качества ремонта авто-

мобилей (агрегатов, узлов). Возможной причиной является отсутствие конкуренции между ремонтными предприятиями. В 50 – 90-х годах 20-го века, в нашей стране, запасные части целенаправленно поступали на АРП, к которым прикреплялись крупные АТП (выдавались лимиты вышестоящими организациями). В силу этого АРП становились монополистами, не заинтересованными в выпуске высококачественной продукции.

В свою очередь АРП нашей страны имели большие сложности в приобретении нового оборудования (станков и т. п.). На АРП и АТП попадали в основном изношенные станки, списанные машиностроительными заводами.

Низкому уровню качества способствует и широко распространенный на специализированных предприятиях обезличенный метод ремонта (детали и сборочные единицы не сохраняют при ремонте принадлежность к определенному объекту):

- нарушается приработанность высокоресурсных сопряжений;
- обезличивание деталей - одна из причин большого числа выполняемых КР за срок службы агрегата, что, в конечном счете, приводит к значительному росту затрат на поддержание его работоспособности в процессе эксплуатации;
- полная неопределенность в ресурсах элементов вновь собранных агрегатов; отказ может наступить в любой момент и повлечь за собой значительные потери.

Следствием этого являлось низкое качество ремонта, средний ресурс отремонтированных агрегатов составляет 50...60 % от ресурса новых, изготовленных на автозаводе.

В конце 20-го века в нашей стране насчитывалось около 2000 АРП; из них 89 % предприятий имели мощность до 500 приведенных капитальных ремонтов в год (приведенных по трудоемкости ремонта автомобиля средней грузоподъемности). Они выполняли 51 % объема работ по КР автомобилей. Теоретические же работы считают оптимальную годовую программу в пределах 4000...7000 п.к.р. (таких предприятий было всего 4,4 %). АРП малой мощности не могут применять высокие технологии автозаводов, уровень механизации достигает лишь 25...40 %.

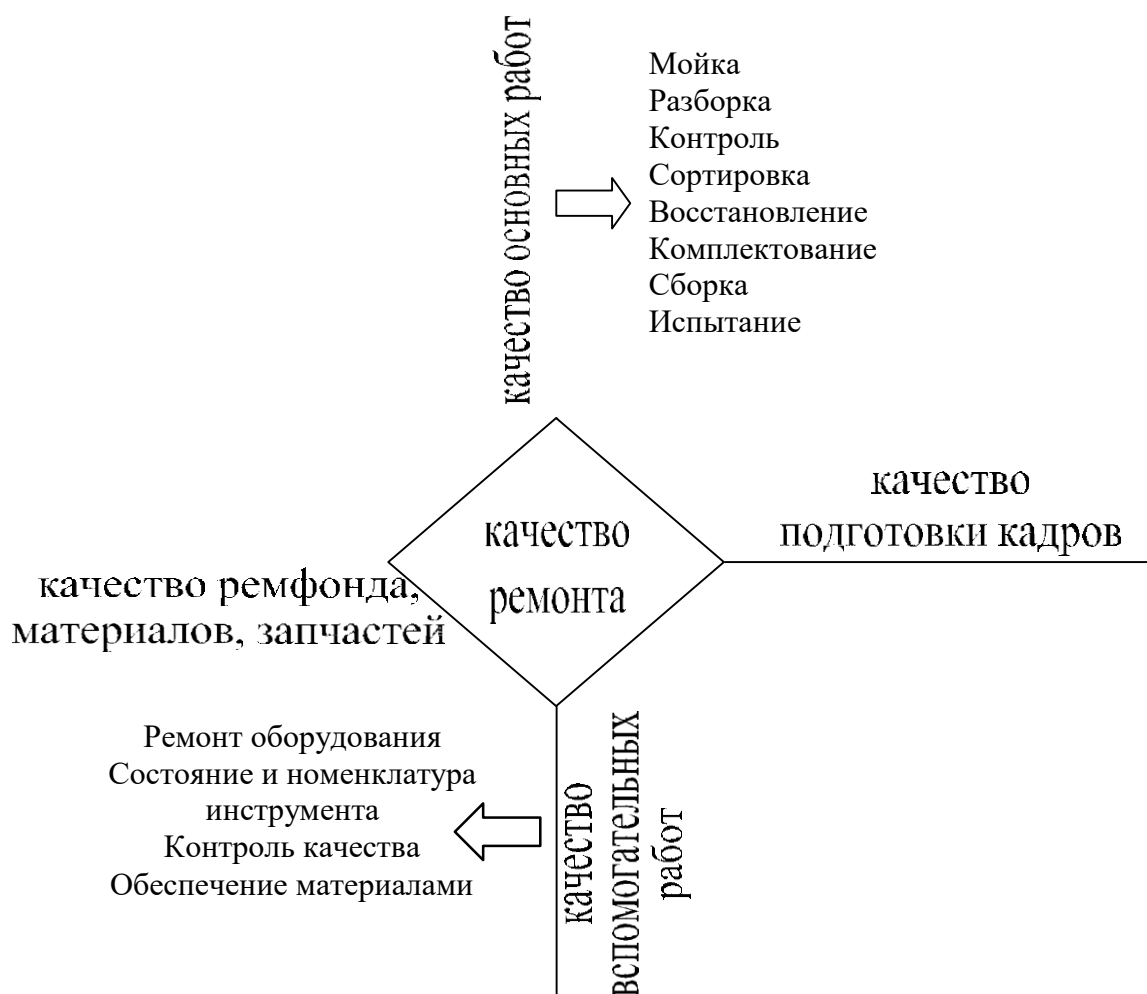


Рисунок 1.6 Формирование качества ремонта автомобилей

Например, такие предприятия не имеют термических участков, а, следовательно, не могут выполнять термические и химико-термические операции (закалка, цементация и др.). Крупные же, особенно специализированные заводы имеют высокий уровень качества (80...100 % от уровня на автозаводе).

Зарубежные фирмы тратят до 5 % финансовых и трудовых затрат на входной контроль покупаемых узлов, деталей, материалов. На отечественные же АРП поступали запасные части зачастую очень низкого качества (брак при выпуске деталей с автозаводов). Входной контроль не проводился, так как не было возможности выбора.

1.2.4 Основные отличия авторемонтного производства от машиностроительного:

- 1) большой объем разборочных, моечных и очистных работ (15 %);
- 2) наличие нескольких маршрутов технологии ремонта для одной и той же детали;
- 3) нестабильность исходного сырья - ремфонда;
- 4) наличие сложных дефектовочных работ;
- 5) большой удельный вес высококвалифицированного труда;
- 6) для управления производством приходится пользоваться информацией в несколько раз большей, чем на автомобилестроительном заводе, которая зачастую носит вероятностный характер (нестабильность ремфонда, нестабильность поступления и т. п.).

1.2.5 Прием автомобилей и агрегатов в ремонт регламентируется ГОСТ 18505 и 18506 ГОСТ 18505 «Автомобили и их составные части, сдаваемые в капитальный ремонт и выпускаемые из капитального ремонта. Комплектность». Первая комплектность установлена для автомобилей-тягачей, пассажирских; силовых агрегатов в сборе, дизельных и бензиновых двигателей. До 1976 года бензиновые двигатели сдавались в ремонт первой и второй комплектности (без приборов питания, электрооборудования и других навесных механизмов). До сих пор есть АРП, ремонтирующие двигатели второй комплектности.

Грузовые автомобили сдаются в ремонт первой и второй комплектности. Автомобили первой комплектности - с кузовами, кабинами, платформами, со всеми составными частями, включая запасное колесо, без комплекта инструментов. Второй комплектности - без платформы, кузовов, специального оборудования и деталей их крепления на шасси. Кабины грузовых автомобилей также имеют две комплектности. В ГОСТе установлена комплектность для 43 агрегатов и узлов.

ГОСТ 18506 «Автомобили и их составные части, сдаваемые в капитальный ремонт. Общие технические требования». При приемке составляется приемо-сдаточный акт в 4-х экземплярах (форма представлена в приложении к стандарту). Кроме того, АТП представляет в ОТК ремпредприятия:

- справку о состоянии автомобиля или составных частей (см. приложение к стандарту). Подписывает справку главный инженер (технический директор). Его подпись является гарантией от подлога (замены деталей); сообщается и некоторая информация (пробег, номер и др.);
- технический паспорт автомобиля;
- паспорта и карточки на баллоны;
- паспорта на ранее отремонтированные автомобили и двигатели.

Автомобили, сдаваемые в КР, должны передвигаться своим ходом (кроме автомобилей с аварийными повреждениями); должны сдаваться с годными к эксплуатации аккумуляторными батареями и шинами; и быть тщательно вымыты. Агрегаты должны быть чистыми, без жидкой смазки.

Не принимаются в КР:

- грузовые - если кабина в сочетании с рамой подлежат списанию;
- автобусы, легковые - если кузов подлежит списанию.

При приемке автомобилей в КР относят к категории подлежащих списанию:

- 1) рамы - при наличии на любой из продольных балок (лонжеронов) одного и более из перечисленных дефектов:
 - двух и более трещин, включая заваренные;
 - более одной накладки, приваренных внахлестку;
 - более трех вставок, приваренных встык, или вставок общей длиной свыше 1500 мм;
 - деформации, не поддающейся устранению правкой;
- 2) кузова легковых автомобилей и грузопассажирских - при наличии двух и более из перечисленных дефектов, являющихся следствием коррозионного разрушения:
 - глубокая коррозия всего основания;
 - разрушение основания по всему периметру;

- коррозия передней панели боковины, захватывающая стойку ветрового окна и часть пола;
 - разрушение основания центральных стоек, захватывающее части пола;
 - глубокая коррозия задней поперечины;
- 3) кузова автобусов - при наличии более 60 % негодных ферм, шпангоутов и облицовки (шпангоуты - поперечные дуги в кузове, фермы - поперечины в основании кузова).

1.2.6 *Специализация ремонтных предприятий* Решение задач повышения эффективности и совершенствования организации КР автомобилей и их составных частей потребовало развития высших форм специализации (подетальной, технологической) и кооперирования предприятий авторемонтного производства. Различают следующие виды специализации: предметную, подетальную и технологическую.

Авторемонтные предприятия могут быть классифицированы по признаку ведомственной подчиненности и типу производства. По типу различают единичное, серийное и массовое производство.

Классификация авторемонтных предприятий:

1. Специализация (предметная, подетальная, технологическая);
2. Тип производства (единичное, серийное, массовое);
3. Вид ремонта (обезличенный, необезличенный);
4. Принадлежность (фирменные, независимые).

Принципиальная схема специализации АРП /4/ заключалась в том, что автомобиль снимается с баланса АТП и покупается АРП; разбирается на специализированном базовом заводе. Здесь же восстанавливаются изношенные детали. Далее в схему включены специализированные предприятия по восстановлению электрооборудования, кузовов и кабин, сборке двигателей и агрегатов. Головной завод собирает автомобили и реализует их АТП и населению. В этой схеме прослеживается обезличенный ремонт, который сейчас критикуется.

В связи с развитием в стране агрегатного и узлового методов ремонта возникла необходимость в расширении централизованного восстановления узлов, агрегатов на основе не обезличенного (индивидуального) ремонта. Применение узлового ремонта будет способствовать возрастанию объема восстановления деталей узлов, являющихся важнейшим резервом обеспечения транспорта запасными частями и экономии металла.

В США имеется около 50000 специализированных АРП; в том числе: по ремонту кузовов - 25500, по ремонту электрооборудования - 3000, по ремонту отдельных деталей - 7500 и др. Среднее количество рабочих на одном предприятии - 15...20 человек.

Фирма «Даймлер-Бенц» имеет в Германии 4 завода по КР двигателей. Разборка, комплектование, сборка производятся на одной подвесной транспортируемой раме (ремонт не обезличенный). Приборы питания и электрооборудования отправляются для ремонта на фирмы, которые их производят (фирменный ремонт).

1.2.7 *Пути развития технологии и организации КР автомобилей*

1) В 70-е годы начал развиваться в стране фирменный ремонт. Пионером был завод КамАЗ. При заводе был создан «КамАЗавтоцентр», создавший 165 автоцентров (в крае: сначала в Бийске, потом в Новоалтайске). В плане было строительство 10 заводов по ремонту двигателей, часть из них уже работают. Одновременно были подключены к ремонту и другие заводы, работающие на КамАЗ: Ярославский завод дизельной топливной аппаратуры ремонтирует ТНВД и форсунки, завод электрооборудования в Самаре - генераторы, стартеры, Паневежский завод - компрессоры.

Фирменный ремонт - прогрессивное направление, так как обеспечивает высокий уровень качества. Развивают его и другие автозаводы, прежде всего ВАЗ. Примеры есть и в Алтайском крае (Моторный завод, например, ремонтирует двигатели и коленвалы).

Закон о защите прав потребителей обязывает машиностроительные предприятия развивать фирменный ремонт.

2) В 80-е годы в г. Саратове был создан НИИ для усиления научной работы в области ремонта автомобилей.

3) Организация не обезличенного (индивидуального) ремонта в условиях специализированных предприятий позволяет коренным образом улучшить показатели эффективности и качества продукции ремонтного предприятия при сохранении индустриальных методов ремонта.

Исследованиями установлено, что применение на АРП не обезличенного ремонта двигателей ЗИЛ-130, поступивших в первый КР, позволяет снизить себестоимость и трудоемкость ремонта на 20...30 %. Расход запасных частей в силу сохранности определенного числа работавших деталей за

двигателем при этом также значительно снижается. Средний ресурс двигателей увеличивается в 1,5 раза.

Индивидуальный учет затрат по каждому объекту ремонта создает предпосылки дифференцирования цен на КР. Это будет способствовать качеству ремфонда.

4) Агрегатный метод ремонта в АТП (неисправные агрегаты заменяются новыми или отремонтированными) начал внедряться в 70-е годы и очень хорошо себя зарекомендовал, так как резко снизил простой автомобилей в ремонте. Применение агрегатного метода ремонта позволяет резко сократить число КР полнокомплектных автомобилей, особенно грузовых. Ремонт легковых автомобилей и автобусов останется, так как трудоемкость ремонта кузовов составляет около 80 % трудоемкости ремонта всего автомобиля.

5) Новые технологии и материалы, которые приходят на рынок из военной и космической промышленности значительно повышают возможности и качество ремонта.

Таблица 1.1 – Сравнение некоторых затрат на изготовление и ремонт блока цилиндров двигателя

Статьи затрат	Изготовление	Ремонт
Расход чугуна, кг.	140	-
Масса металла, снимаемого в процессе механической обработки, кг	24	0,2...0,3
Расход электроэнергии, кВт·ч.	250	5
Трудоемкость механической обработки, мин.	50	40
Стоимость заготовки, руб., 1985г./1998г.	320/32	-
Фондовооруженность труда рабочего, тыс. руб., 1985г./1998г.	382/38,2	57/5,7

1.2.8 Утилизация автомобилей

Сейчас в мире эксплуатируется более 600 млн легковых автомобилей, 6-8 % из которых ежегодно снимаются с регистрационного учета и большей частью поступают на утилизацию.

Необходимо отметить, что в развивающихся странах стремительно увеличивается показатель количества автомобилей на тысячу жителей. За последние 10 лет он удвоился и составляет примерно 250...300 автомобилей на тысячу жителей и быстро приближается к уровню стран Совета Европы (507 а.м.).

Поэтому можно прогнозировать, что в ближайшие годы потребность в утилизации автотранспорта в РФ возрастет до 1...1.5 млн штук в год.

Система «Авторециклинг» (возврат материалов в производство) создана и успешно функционирует более чем в 50 странах мира. Налажена в разной степени переработка шин, аккумуляторов, масел, фильтров, катализаторов, автолома. Озабоченность вызывает потеря железа за счет износа, коррозии и технологического процесса переплавки. Эта проблема частично компенсируется технологиями восстановления деталей. Современные технологии позволяют восстанавливать различные компоненты автомобиля и при этом гарантируют 100 % ресурс. Стоимость восстановленных деталей и узлов вдвое ниже. Поэтому в странах Европы и США данный сегмент рынка стремительно развивается. Сегодня перечень восстановленных автокомпонентов только компанией BOSCH охватывает около 9000 наименований в 27 продуктовых группах (стартеры, генераторы, компрессоры, компоненты систем впрыска, зажигания и торможения, датчики). В США доля обменных автокомпонентов сейчас достигла почти 90 %.

В РФ проводится программа по стимулированию приобретения новых автомобилей взамен старых, сдаваемых на утилизацию. Эта программа и показала все недостатки современного авторециклинга в РФ. Стало понятно, что в первую очередь необходим Федеральный закон об утилизации автотранспортных средств, четко регламентирующий взаимоотношения участников рынка авторециклинга с учетом российской специфики.

Различают следующие группы материалов, получаемые при утилизации автотранспортных средств:

- черные металлы;
- цветные сплавы;
- пластмассы;
- резина;

- технические жидкости;
- шумо и вибропоглощающие материалы;
- стекло;
- текстильные материалы.

Правильная разборка автомобиля позволяет вернуть в автосборочное и авторемонтное производство значительное количество деталей, а также получить вторичное сырье высокого качества.

Черные металлы. Согласно ГОСТ 2787-86 подразделяют два класса отходов: стальной и чугунный лом. Внутри этих классов идет подразделение на углеродистые и легированные. Далее по показателям качества отходы подразделяются на 25 видов, а по содержанию легированных элементов делятся на 67 групп. Лом черных металлов не должен содержать цветных металлов. Даже небольшое количество примесей может сделать его непригодным для дальнейшего использования.

Цветные металлы. Отходы цветных металлов и сплавов делят на 15 классов в соответствии с ГОСТ 1639-78. Класс объединяет отходы по физическим признакам. В зависимости от химического состава классы делятся на группы. В настоящее время 95% отходов лома цветных металлов составляют алюминий, медь, свинец, цинк и их сплавы. Сравнительно новым компонентом автомобилей является катализатор дожигания выхлопных газов. Активными веществами в них являются платина, палладий, родий и некоторые другие. Катализатор массой 1.2 кг содержит порядка 1.5 г драгоценных металлов.

Пластмассы. Масса пластмасс в современном автомобиле достигает от 100кг и выше. Очень важна их сортировка. Идентификация видов пластмасс производится с целью отделения друг от друга отходов изделий, изготовленных из различных полимеров. Поскольку их смешивание приводит не только к ухудшению внешнего вида и физико-механических свойств будущих изделий, но и очень часто снижает технологические свойства получаемых вторичных материалов. Поэтому автопроизводители наносят на пластмассовые детали маркировку, показывающую марку использованного полимера.

Различают следующие виды полимеров:

- полиолефины, к ним относят полиэтилены высокой и низкой плотности (ПЭВП и ПЭНП) и полипропилен. Из них изготавливают различные мелкие детали, бензобаки, пленки, бампера, панели приборов;
- поливинилхлориды, применяются в производстве искусственных кож, тентовых материалов, пленок, литевых изделий, линолеума;
- пенополиуретан, из него изготавливают подушки и спинки сидений, подголовники, подлокотники;
- полистирол, это детали облицовки интерьера, различные крупногабаритные детали, получаемые термоформованием из листовых материалов;
- реактопласты, к ним относятся стеклопластики, которые в основном используются в тюнинге автомобилей.

Автопокрышки и резинотехнические изделия. В автомобилестроении используются следующие изделия из резины: автопокрышки, приводные ремни, шланги, сальники, коврики и др. Многие резиновые изделия имеют сложную конструкцию и наряду с резиной содержат металл, текстиль и другие материалы. Ежегодно в РФ образуется около 1.1 млн. тонн изношенных автопокрышек.

До 50 % автопокрышек может быть восстановлено. Современные технологии восстановления позволяют получить покрышки, не уступающие по качеству новым, а при этом еще и значительно дешевле.

Из изношенных шин получают резиновую крошку, которую в дальнейшем используют для приготовления резиновых смесей, асфальтобетонных покрытий, беговых дорожек стадионов. Другим направлением утилизации шин является получение регенерата - пластичного материала, способного вулканизироваться. В промышленности регенерат применяют в составе резиновых смесей при изготовлении резиновых смесей для частичной замены каучуков при изготовлении рукавных изделий, прокладок, ремней, обуви и др. В результате пиролиза шин получают вещества, близкие по составу к продуктам крекинга нефти и являющиеся ценным химическим и энергетическим сырьем. В случае сжигания, шины являются высококалорийным топливом.

Автомобильные масла. Масла являются многокомпонентными продуктами. В них входят нефтепродукты, различные присадки и т. д. Нефтепродукты являются основными загрязнителями окружающей среды. Отработанные масла могут быть регенерированы, с помощью различных технологий из них удаляют продукты старения и загрязнения. Те продукты, которые нельзя регенерировать, подвергаются сжиганию. Для чего промышленностью изготавливаются печи различных конструкций. Важно отметить, что в процессе эксплуатации транспорта образуется большое количество отработанных масел и фильтров. И они тоже должны быть утилизированы.

Электролит. Отработанную серную кислоту применяют в производстве сульфатных удобрений или регенерируют. В результате чего получается высококачественный продукт с низкой себестоимостью.

Отходы, рециклинг которых экономически нецелесообразен или технически невозможен, как правило, сжигают. При этом выделяется углекислый газ, вода, зола, а также токсичные вещества - диоксины, оксиды серы и азота, тяжелых металлов. Для снижения выбросов в атмосферу проводят химическую и физическую очистку дымовых газов. Для чего строят специальные мусоросжигающие заводы.

1.3 Разборочные и очистные процессы

1.3.1 Разборочный цех по существу является заготовительным и одним из основных. Высокая производственная культура разборочных работ, дефектоскопия деталей, эффективное использование средств механизации и автоматизации зависят от совершенства моечно-очистных операций.

Продукцией разборки является получение деталей, годных для дальнейшего использования при КР. Исследования показали, что при рациональной организации разборки, авторемонтные предприятия могут получить около 60...70 % деталей, годных для повторного использования, что оказывает большое влияние на экономику авторемонтного производства. Остатки смазки при дальнейших операциях ремонта являются местом накопления металлической стружки и абразивной пыли. Мойка и очистка должна быть многостадийной.

1.3.2 Сущность процесса обезжиривания и очистки деталей

Жировые отложения по химическим свойствам разделяют на 2 основные группы: омыляемые и неомыляемые. К омыляемым относят жиры органического происхождения. При действии на эти жиры щелочного раствора образуется мыло, легкорастворимое в воде. К неомыляемым жирам относятся масла минерального происхождения. Они растворяются в керосине и бензине. Со щелочами образуют эмульсии в виде мельчайших капелек. Добавляя к щелочным растворам эмульгаторы, можно собрать отдельные жировые капельки и осадить их из раствора.

Основными условиями качественного обезжиривания ремонтного фонда являются:

- 1) высокая температура моющего раствора (около 85 градусов по Цельсию);
- 2) наличие вибрирующего потока моющей жидкости при давлении 0,4 ... 0,5 МПа;
- 3) наличие эффективных моющих свойств жидкости.

При воздействии горячим моющим раствором масляная пленка быстро нагревается и вследствие действия сил поверхностного натяжения принимает волнистый вид, затем деформируется, разрывается, образуя масляные капли. Капли масла обволакиваются моющим раствором. В результате чего сила сцепления этих частиц с металлом уменьшается, и они легко давлением струи раствора удаляются. Кроме того, с увеличением температуры значительно уменьшается вязкость загрязнения, повышается его текучесть и эффективность обезжиривания.

Механизм действия моющего раствора сложен и состоит из двух стадий:

- 1) смачивать поверхности и переводить во взвешенное состояние частицы загрязнений в виде эмульсии или суспензии;
- 2) процесс стабилизации;

Процесс смачивания при моющем действии имеет вид коллоидного растворения (солюбилизации), т.е. самопроизвольного перехода нерастворимых частиц в раствор. ПАВ (поверхностно- активные вещества, добавляемые к щелочи) создают в растворе особые комплексы, состоящие из многих тысяч атомов, молекул и ионов (мицеллы).

Процесс стабилизации сложен и заключается в придании дисперсным системам агрегативной устойчивости. Стабилизация достигается вводом в раствор стабилизаторов (диспергаторы, эмульгаторы, пенообразователи). Под их действием мицеллы оседают на дно моечной машины.

1.3.3 Моющие средства:

- 1) щелочные;
- 2) СМС (синтетические моющие средства);
- 3) растворители и РЭС (растворяюще-эмульгирующие средства).



Рисунок 1.7 Классификация моющих средств

В настоящее время *щелочные* моющие средства (каустическая сода NaOH, кальцинированная сода Na₂CO₃, и др.) применяются в ремонтной практике редко, в основном, для снятия старой краски с кузовов, кабин, рам.

Недостатки NaOH:

- 1) разрушает детали из легких сплавов;
- 2) коррозия деталей из тонколистовой стали;
- 3) слабые стабилизирующие свойства;
- 4) нельзя мыть одновременно черные и цветные металлы;
- 5) оказывает вредное воздействие на человека (разъедает кожу, особенно опасно попадание в глаза). Спецдежда рабочего: резиновые сапоги, резиновые перчатки, очки, брезентовая одежда. Повышенные требования к вентиляции, чтобы пары щелочного раствора не попадали в воздух.

Большое распространение в процессах очистки получили щелочные СМС. Основу их составляют ПАВ, активность которых повышена введением щелочных электролитов (кальцинированная сода, метасиликат натрия - Na₂O₂SiO₂ и триполисульфат натрия - Na₃P₅O₁₀).

Средства МЛ-51, МС-5, МС-6 и Лабомид-101, Лабомид-102 предназначены для очистки в струйных машинах, так как они обладают умеренным пенообразованием.

Средства МЛ-52, Лабомид-203 предназначены для очистки в машинах ванного типа (они содержат больше ПАВ, но у них повышено пенообразование). Пена забивает сопла струйных машин.

Средство МС-8 можно применять в струйных и в ваннных машинах.

СМС поставляются предприятиям в бумажных мешках массой 20 кг. Высыпая мешок СМС в ванну, необходимо закрыть органы дыхания марлевой повязкой.

Положительные стороны СМС:

- 1) нетоксичные, негорючие, пожаробезопасные и хорошо растворяются в воде;
- 2) по моющей способности значительно превосходят растворы щелочей (30 %);

3) растворы СМС допускают одновременную очистку деталей из черных, цветных и легких металлов и сплавов.

4) детали после очистки СМС не нуждаются в антикоррозионной обработке. Антикоррозионная защита поверхности обеспечивается силикатами, входящими в состав СМС.

Растворители (бензин, керосин, дизельное топливо), широко применяемые в небольших ремонтных мастерских, эффективно (эффективность оценивают по времени очистки) очищают детали при комнатной температуре, но они дороги. Без них нельзя обойтись на участках ремонта топливной аппаратуры и приборов электрооборудования.

За рубежом для очистки деталей от АСО (асфальтосмолистые отложения - продукт разложения смазочных материалов) широко применяются растворяюще-эмульгирующие средства (РЭС). РЭС обычно состоят из базового растворителя (керосин, уайт-спирит, хлорированные углеводороды и др.), сорастворителей, ПАВ и небольшого количества воды. РЭС способны быстро (10...30 мин.) очищать сильно загрязненные детали двигателей при комнатных (15...25 градусах), или умеренных температурах (40...50 градусов). Это обеспечивает их большие преимущества по сравнению с СМС, которые требуют нагрева (70...100 градусов), а очистку производят значительно медленнее (в 2...10 раз).

Однако РЭС обладают определенной токсичностью или пожароопасностью. Для работы с РЭС можно использовать ванны с герметизированной крышкой и оборудованные местной вентиляцией.

1.3.4 Способы интенсификации очистки деталей. Очистка деталей от нагара

Очищают: выпускные патрубки, клапаны, головки цилиндров, поршни, пружины клапанов. Наиболее простой способ - применяют металлические щетки (капроновые или из малоуглеродистой стали). Для медных деталей - из латунной проволоки, диаметр проволоки - 0,3...1,0 мм. Используют электрические или пневматические машинки, $n = 1500...3000 \text{ мин}^{-1}$.

Пневматические установки с косточковой крошкой. Крошку готовят из скорлупы фруктовых косточек (абрикоса и др.). Скорлупу после просушивания размалывают на вальцах и сортируют по размерам путем отсева на ситах. $P=0.4...0.5 \text{ МПа}$, угол атаки - $\alpha = 62...63$ градуса. Используют крошку три раза, так как она тупится и загрязняется. Применяют установку, прежде всего, для очистки крупных деталей (головок цилиндров).

Дробеструйная очистка. Используют металлический песок (чугун) - дробь ДЧК, ДСК, ДСЛ (размер 0,3...1,0 мм). В аппарат АД-3 загружается 15 кг песка, давление воздуха - 0,5...0,7 МПа.

Производительность - 1...2 м²/ч. Отверстия, каналы необходимо заглушать и тщательно промывать после очистки.

Галтовочные барабаны. Качественную очистку мелких деталей (клапанов, нормалей и др.) можно осуществить во вращающихся барабанах с жидким наполнителем (СМС). Барабан загружают на 75 % объема, $n = 16...18 \text{ мин}^{-1}$. Загружают иногда фарфоровую крошку (1/3), грануляция - 6...15 мм. Для очистки мелких деталей могут применяться установки шнекового типа.

Виброабразивная очистка. Контейнеру сообщается колебательное движение. Оптимальная частота колебаний - 2500...2700 Гц при амплитуде 1,5...2 мм. Эффект создает взаимодействие механической энергии и физико-химических свойств моющего раствора (СМС + синтетическая или фарфоровая крошка). Установка ОМ-3025 имеет дебалансовый вибратор (вращаются два маховика; прикрепленные грузы создают центробежную силу $F_{ц}$, встряхивающую контейнер с нужной частотой).

Ёмкость контейнера - 100л. Производительность за 1 час: 200 клапанов, 300 клапанных пружин, 15 трубопроводов (впускных или выпускных), 400 кг метизов (метизы очищаются без абразива).

Очистка системы охлаждения двигателей (удаление накипи). В состав накипи входят карбонаты и сульфаты Са и Mg и силикаты (SiO_2). Наиболее эффективным является способ удаления накипи в кислотных растворах.

Фирма "Austin" выпускает пневматический пистолет, отсасывающий загрязнения в сборник. Очистка ускоряется, если детали выдержать 2-3 часа в моющем растворе при $t=80...95$ градусов.

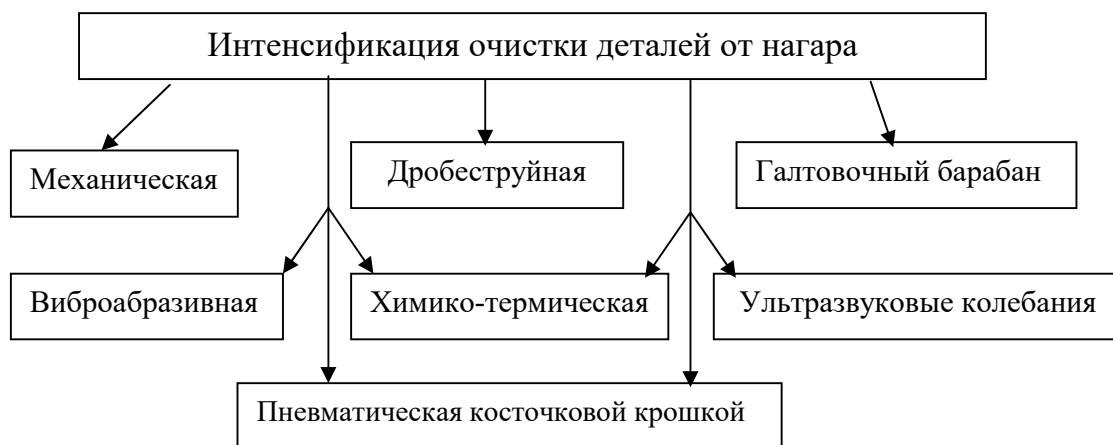


Рисунок 1.8 Способы интенсификации очистки деталей от нагара

Для черных металлов используется раствор ингибированной соляной кислоты. Очистка производится прокачкой (циркуляцией) или погружением блоков в раствор.

Погружением: 10...15 % HCl, $t = 40...60$ градусов, $\tau = 20...30$ мин.

Затем производится нейтрализация кислоты в щелочной ванне: Na_2CO_3 -10г/л, NaNO_2 (ингибитор) - 3...5 г/л, $t = 60...70$ градусов, $\tau = 5...7$ мин.

Для ускорения очистки - прокачка (также двойная): $p = 0.1$ МПа, $\tau = 3...10$ мин.

Сложность изготовления: ванна винипластовая, фарфорованный насос (для перекачки кислот), трубы полистироловые, штуцеры из оргстекла.

Для очистки блоков цилиндров из *алюминиевых сплавов* применяется раствор фосфорной кислоты - 100 г/л и хромового ангидрида - 50 г/л, $t = 60...70$ градусов.

При большом отложении накипи блоки на 2 часа погружают в 5 % раствор азотной кислоты при $t = 20$ градусов.

Для очистки радиаторов используется установка М-2024 (ГАЗ, ЗИЛ, МАЗ). Применяется NaOH — 100 г/л или контакт Петрова - 500 г/л, $t = 70...80$ градусов. Затем - споласкивание. При большом загрязнении отпаивают бабки и производят шомполирование.

Химико-термическая очистка. Этот способ по производительности и качеству очистки от нагара и других загрязнений превосходит все другие. ГОСНИТИ рекомендует соляную ванну: NaOH — 60...65 %, NaNO_3 - 30...35 %, NaCl - 5 %, $t = 400 \pm 10$ градусов, $\tau = 5...10$ мин. Установка ОМ - 4265 имеет 4 камеры, расположенные в линию.

Перед погружением в расплав солей детали выдерживают 1...2 минуты над поверхностью для удаления влаги. Загрязнения на деталях сгорают, поэтому над поверхностью видны языки пламени, черный дым. Прекращение их - очистка закончена. Затем детали попадают в камеру с проточной водой, происходит бурное паровыделение ($\tau = 5...6$ мин.).

Третья камера с кислотным раствором служит для нейтрализации щелочи, оставшейся после промывки, удаления окислов и осветления.

Сталь/чугун: 50 % ингибированная HCl, $t = 50...60$ градусов $\tau = 5...6$ мин. Затем промывка в 4-й камере: Na_2CO_3 - 3...5 г/л, Na_3PO_4 - 2г/л, $t = 80...90$ град., $\tau = 5...6$ мин.

Если очищается сталь + Al, то состав раствора в 3-й камере: H_3PO_4 - 85 г/л, CrO_3 - 125 г/л, $t = 85...95$ град, $\tau = 5...6$ мин. Если Al сплав: 10 % HNO_3 , $t = 20$ градусов, $\tau = 5...6$ мин.

Соляная ванна вмещает 1т расплава. Разогревается от 20 град. до 400 град. ± 10 град. в течение 6 часов. В конце рабочей недели температуру снижают до 250 град. (недостатком этого способа очистки являются большие затраты энергии). В одной тонне расплава можно очистить 30...40 т. деталей.

Очистка каналов системы смазки двигателей. Производится дважды (второй раз перед сборкой). Технологический процесс:

1) выварка блоков, коленвалов, шатунов в щелочном растворе 1...3 часа. Происходит размягчение смолистых отложений;

2) очистка каналов ершами (проволочными, волосяными);

3) промывка пульсирующей струей моечного раствора, $p = 0,15...0,2$ МПа. Используются установки ОМ-3600, АКБ-160 и др.

Для удаления технологических загрязнений используется моечная установка ОМ-887; устанавливается на линии сборки двигателей.

Очистка топливных баков. Очистка и дегазация баков производится паром ($p = 0,2 \dots 0,4$ МПа, $t = 120 \dots 140$ град.) или горячей водой. Бак считается взрывобезопасным, если на внутренней поверхности нет следов топлива, а концентрация паров нефтепродуктов меньше $0,3$ мг/л воздуха.

Используется установка М-2030 Гипроавтотранса или пароводоструйный очиститель ОМ-3360 или водоструйный ОМ-5179 и ОМ-5181 ГОСНИТИ. Концентрация паров определяется прибором УГ-2.

Применение ультразвуковых колебаний для очистки (топливной аппаратуры, подшипников и др. сложных изделий). Широкое внедрение УЗ-очистки ограничивается из-за сравнительной дороговизны и сложности УЗ-генераторов. Поэтому применение УЗ рентабельно пока для обработки сложных и дорогостоящих узлов, деталей.

Под воздействием УЗ-колебаний жидкость постоянно испытывает сжимающие и растягивающие усилия. Многие жидкости легко «переносят» большие всесторонние сжатия, однако они очень чувствительны к растягивающим усилиям (фаза разрежения). Жидкость как бы «разорвана» и в ней образуется множество мельчайших полостей (пузырьков). В момент захлопывания кавитационного пузырька образуется ударная волна, которая создает давление в сотни атмосфер. Ударная мощность - $2 \dots 5$ Вт/см² при частоте $8 \dots 12$ кГц.

Установка состоит из трех основных элементов: УЗ-генератора (источника электрических колебаний), преобразователя электрических колебаний в упругие механические магнитострикционного типа, ванны для очистки.

Магнитострикционный эффект называют способность ферромагнитных материалов и их сплавов изменять линейные размеры в магнитном поле (никель, кобальт, пермаллой и др.).

Амплитуда колебаний мембраны - 1 мм; УЗ распространяется перпендикулярно к мембране. УЗ-колебания мембраны могут быть получены также с помощью гидродинамического излучателя.

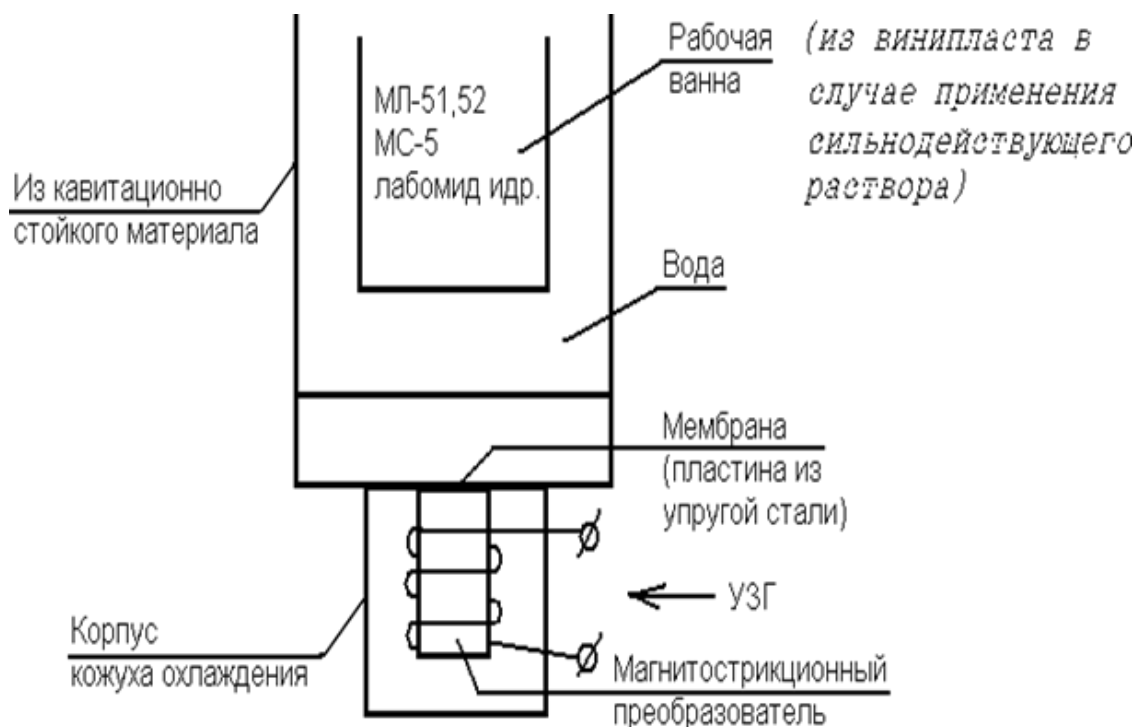


Рисунок 1.9 Ультразвуковая очистка деталей

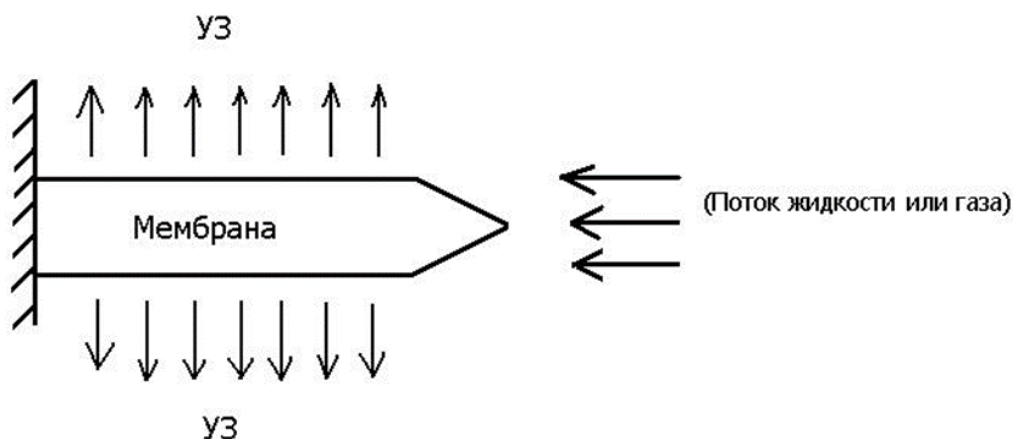


Рисунок 1.10 Гидродинамический излучатель УЗ-колебаний

Для снятия старой краски с рам, кабин, оперения, кузовов, расконсервации деталей используются установки АКТБ-142 (для кабин и оперения), М-2022А и др. Время выварки - 30 мин, NaOH- 100 г/л.

Затем - ванна пассивирования и ванна ополаскивания. Иногда применяется ванна для удаления ржавчины (перед ополаскиванием): ортофосфорная кислота - 80 г/л; тринатрийфосфат - 40 г/л; ПАВ (ОП-7) - 30 г/л; тиомочевина - 5 г/л.

Очистка деталей с помощью электрического заряда в жидкости основана на электрогидравлическом эффекте. При высоковольтном искровом разряде в жидкости образуется мощная ударная волна (дает импульс на границе деталь-загрязнение и гидродинамический поток). Целесообразно использовать для очистки мелких деталей (клапаны, распылители форсунок и т.п.).

1.3.5 Механизация моечно-очистных операций

Мойка агрегатов и деталей. При ремонте агрегатов и деталей используются в основном камерные струйные установки, в которых струи моющего раствора формируются и направляются на поверхность детали с помощью гидрантов, представляющих собой систему трубопроводов, подсоединенных к нагнетательному насосу и снабженных насадками. Струи моющего раствора в рабочей зоне камеры могут иметь постоянное (пассивное воздействие, рис. 1.11, а) или непрерывно меняющееся (активное, рис. 1.11, б).

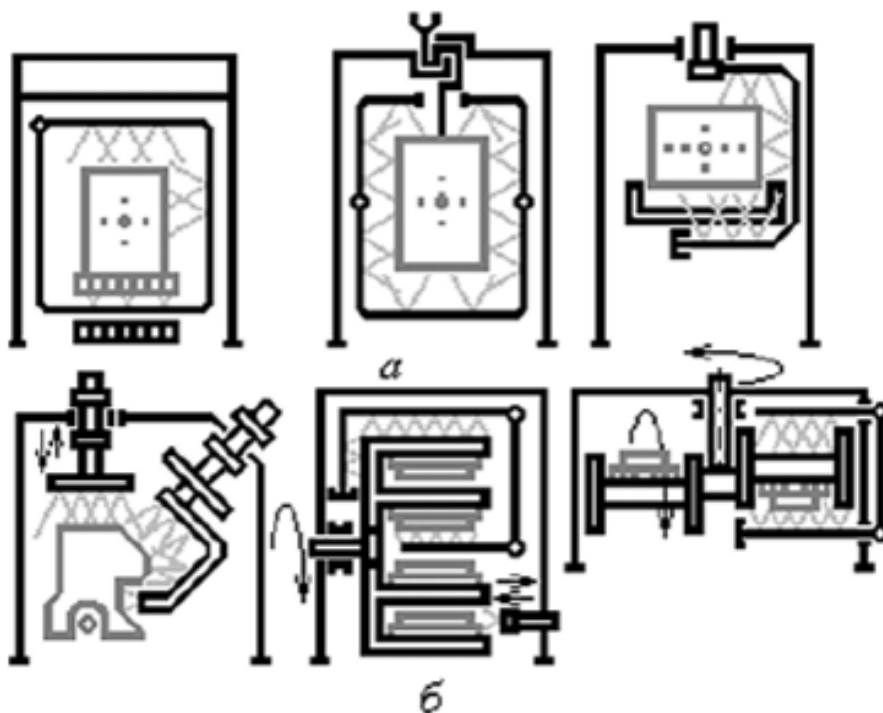


Рисунок 1.11. Варианты камерных моечных машин с пассивным (а) и активным (б) воздействием струй

Вращающиеся гидранты позволяют до 30 раз сократить необходимое число насадок и уменьшить энергозатраты на мойку.

По степени использования воды установки могут быть с однократным и многократным использованием воды (установки с «оборотной водой»). Первые - конструктивно проще, но велик расход воды. Необходимо иметь специальные накопительные резервуары для воды, а также грязеотстойники для предохранения канализационной системы от засорения песком, илом и грязью.

Установки с оборотной водой - более экономичны, меньше расходуется воды и энергии на подогрев моющей воды.

Резервуары и очистные сооружения могут иметь нижнее и верхнее расположение. Преимущество установок с верхним расположением - удобство очистки отстойников. Недостаток - требуется большая высота производственных помещений, а также необходима установка фекального насоса для подачи загрязненной воды в резервуар.

В моечных установках применяются три способа размещения нагревательных устройств.

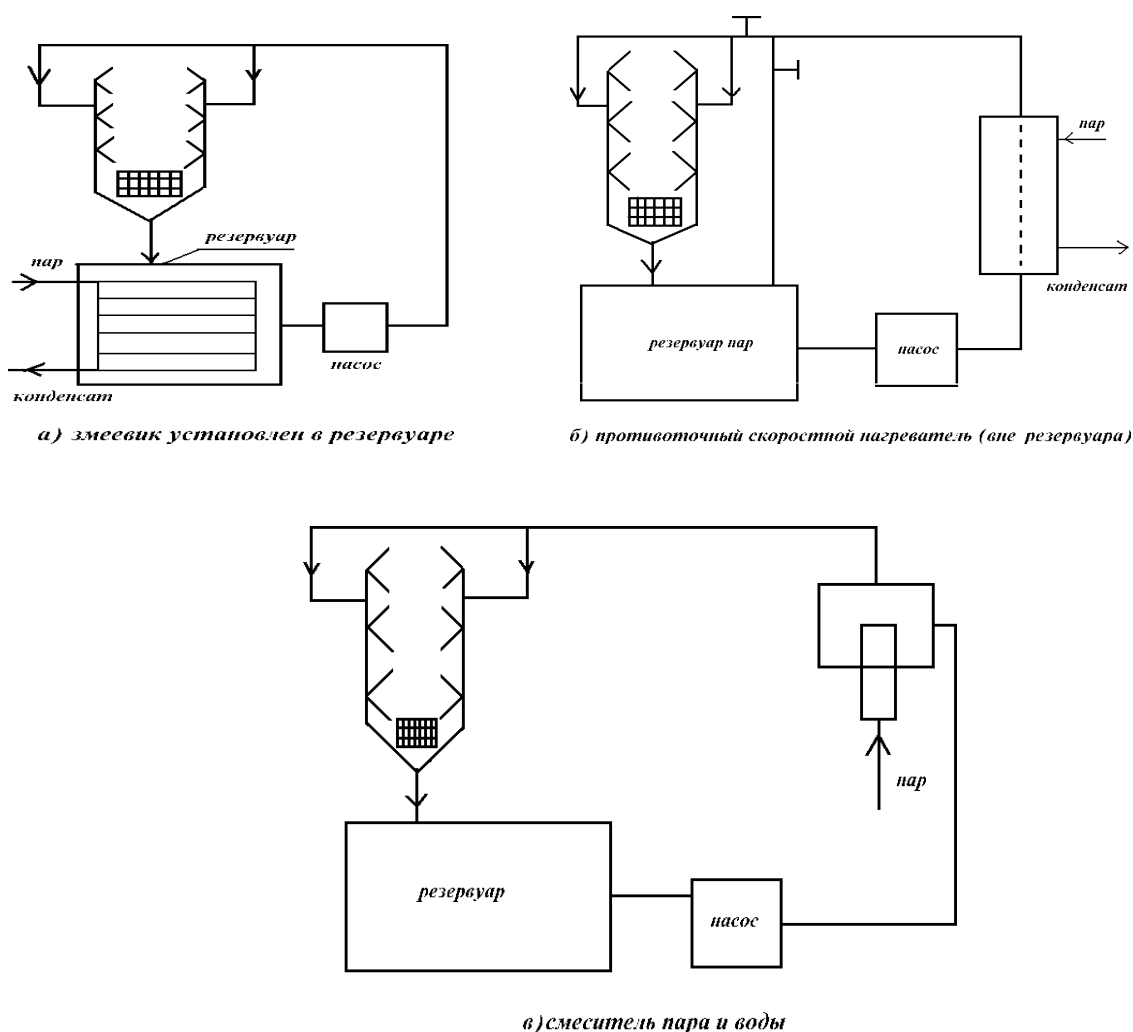


Рисунок 1.12 Способы размещения нагревательных устройств в моечных установках

При размещении змеевика в резервуаре омывающая его жидкость движется с малой скоростью. Кроме того, на змеевике больше откладывается грязи. Положительная сторона - удобно греть воду (моющий раствор) в резервуаре к началу рабочей смены: достаточно дежурному слесарю открыть паровой вентиль за час до смены.

Скоростные нагреватели обладают большим коэффициентом теплопередачи, поэтому рациональнее. Недостатком этого устройства является необходимость работы насосов в период подготовки моечной машины к работе (ставится стояк для циркуляции раствора по малому кругу).

Практика эксплуатации моечных установок показала, что наиболее эффективно грязь удаля-

ется с поверхности машины сосредоточенной струей воды, обладающей большой кинетической энергией:

$$E=Y^2 \rho H, \text{ кг м}, \quad (1.1)$$

где Y - коэффициент скорости;
 ρ - весовой расход, кг;
 H - давление, мм водяного столба.

Таким образом, E - линейная функция весового расхода и давления.

В установках с *однократным* использованием воды целесообразно применять установки более высокого давления и сравнительно небольшой производительности. Этим обеспечивается меньший расход воды. Но при этом повышается потребная мощность электродвигателей.

Для установок с однократным использованием воды диаметр отверстия насадки рекомендуется 2...4 мм, с многократным - 5...8 мм. Количество сопел - 35...60 штук. Удаление сопел от поверхности - 300...500 мм. Рекомендуются следующие величины давления жидкости перед соплом: в установках с однократным использованием не менее 0.1 МПа, с многократным - не менее 0.6 МПа.

Для нагнетания воды применяются лопастные, центробежные и вихревые насосы производительностью от 20 до 180 м³/ч.

Емкость резервуаров:

- в установках для наружной мойки - 30...50 м³;
- для мойки агрегатов - 8...10 м³;
- для мойки деталей - 5...8 м³;

Ванный способ очистки (очистка погружением в раствор). Моечные машины струйного типа надежные в работе, их конструкция достаточно проста, а машины проходного типа легко вписываются в технологические процессы, так как подвесными конвейерами позволяют связывать рабочие посты.

Недостатки:

- 1) недостаточное качество очистки деталей сложной формы от смолистых отложений (картер двигателя, кожух маховика, узлы и детали системы смазки и др.);
- 2) необходимость подводить тепло (как правило, это пар) для поддержания температуры 80...85 градусов Цельсия. Контактируя с холодной деталью, и при разбрызгивании струи, моющий раствор быстро охлаждается. При температуре 60 градусов моющая способность уменьшается в 1,5...2,0 раза;
- 3) применение более эффективных растворителей для удаления АСО возможно только в ваннах.

Моечные машины ОМ-5287, ОМ-5288 (конструкции ГОСНИТИ) серийно выпускаются с 1975 года. ОМ-5287 предназначена для использования РЭС (АМ-15, ДВП-1, МК-3 и др.) с температурой меньше 50 градусов; ОМ-5288 - для использования СМС (лабомид-101, лабомид- 315, МС-8 и др.) с температурой до 100 градусов. Детали в ванной совершают возвратно-поступательные движения с помощью пневмоцилиндра. Конструкция пневмоцилиндра позволяет менять как амплитуду (25...250 мм), так и частоту (40...200 мин⁻¹) колебания платформы. Давление воздуха в сети 0,4...0,5 МПа, нагрузка на платформу до 500 кгс.

Положительные стороны: простота конструкции, низкая энергоемкость, доступность и удобство обслуживания, возможность использования разнообразных моющих средств, высокая эффективность очистки труднодоступных поверхностей. Широко используются подобные установки и в других странах (например, типа Rewel в Англии).

Активация раствора (создание давления) осуществляется и другими способами:

- 1) в установке ОМ-7627, предназначенной для очистки двигателей в сборе, активация производится сжатым воздухом. Двигатель выдерживается в растворе с температурой 85...95 градусов Цельсия в течение 40...50 минут, после чего в картерные полости двигателя на 15...20 минут подается сжатый воздух (0.3...0.4 МПа). Общее содержание загрязнений на внутренних поверхностях снижается в 4...7 раз. Применение сжатого воздуха целесообразно, если его энергия используется направленно, а не рассредоточивается по всему объему раствора;
- 2) в моечной установке ММЧ-1 для активации раствора используется лопастной винт с одновременным вращением деталей поворотным столом;
- 3) на ряде ремонтных заводов применяются ванны с качающейся;
- 4) широко применяются ванны с вращающейся крестовиной, к шипам которой подвешиваются люльки с деталями, агрегатами, автомобилями. На некоторых крестовинах («мальтийский крест») люльки могут смещаться вдоль шипов, что удлиняет контакт деталей, агрегатов с раствором (движение люлек происходит тогда по эллипсу).

Общий недостаток всех очистных машин ванного типа - в конструкции требуются специальные механизмы для создания давления. В струйных машинах этот недостаток отсутствует (давление обеспечивается подбором насоса и диаметра сопел).

В целом ремонтная практика отдает предпочтение очистке погружением в раствор, так как она обеспечивает более высокое качество.

1.3.6 Разборка агрегатов

Основные положения организации разборки агрегатов представлены на рисунке 1.3.

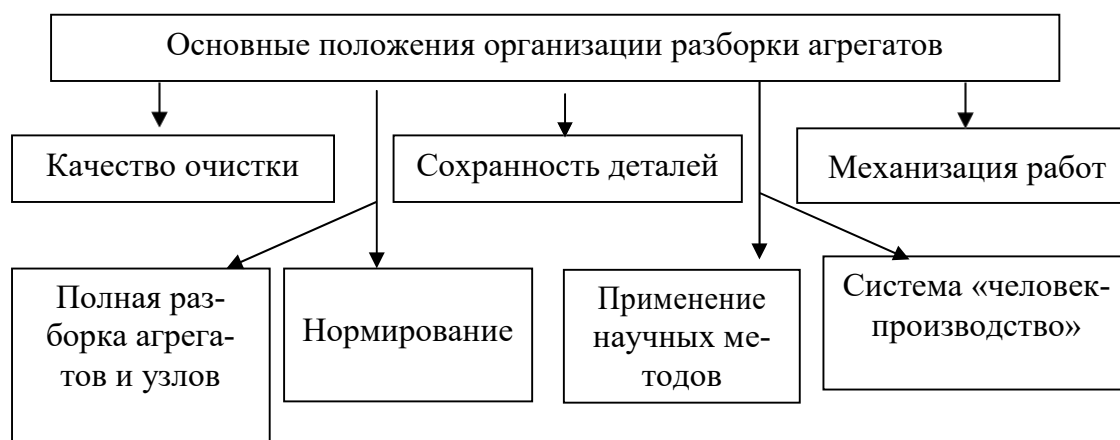


Рисунок 1.13 Основные положения, которые необходимо обеспечить при организации разборки агрегатов

Причины некачественной разборки:

- плохое состояние ремфонда;
- недостатки конструкции;
- недостатки в организации работы (нет средств механизации, тары, плохая организация рабочих мест);
- недостаточные нормы трудоёмкости;
- отсутствие материального стимулирования;
- плохая организация учёта выдаваемой с разборки продукции;
- нарушение технологической дисциплины;
- низкая культура производства;
- специфичность разборки (загрязнение, коррозия) психологически затрудняет исполнителя свыкнуться с необходимостью не портить детали при разборке.

Мероприятия, которые необходимо соблюдать при организации производственного процесса разборки агрегатов:

- 1) высокое качество очистки автомобилей, агрегатов, поступающих на посты разборки;
- 2) полная разборка агрегатов и узлов. Ряд узлов, сопряжений на предприятиях не разъединяют, например, ступицы и кольца роликовых подшипников, ступицы и тормозные барабаны, тормозные диски и кронштейны осей тормозных колодок, регулируемые рычаги, ведомую коническую и цилиндрическую шестерни и др. - в итоге затрудняется дефектовка деталей этих сопряжений и снижается качество ремонта;
- 3) сохранность деталей при разборке - первостепенное значение в экономике АРП, в противном случае теряется до 4% от стоимости деталей. Результат некачественной разборки - срыв резьбы, забитость торцов валов, погнутость деталей, трещины и обломы.
- 4) обоснованное нормирование. Отсутствие обоснованной нормы времени на расчленённые операции. Пользуются на предприятиях, в основном, укрупнёнными нормами;
- 5) научная организация разборки агрегатов:
 - высокий уровень технического оснащения оказывает влияние на организацию работы, условия труда и его трудоёмкость;
 - поточный метод производства. Сосредоточение одноименных технологических операций на определенных постах позволяет сократить количество применяемых инструментов (~ 35 %), повышается интенсивность использования технологической оснастки (~ 50 %). Специализация плюс техническое оснащение позволяют повысить производительность труда на 20 %. На предприятиях с годовой программой 1...4 тыс. приведённых КР применяются многопредметные поточные линии;
 - комплексная механизация основных и вспомогательных работ;
 - наличие специальной оборотной тары сокращает время на погрузо-разгрузочные работы;

- обеспечение складирования возле рабочих мест;
- рациональная организация рабочих мест;

б) Качество ремонтируемой продукции зависит не только от технических, технологических и организационных мероприятий, но и от системы взаимосвязей «человек - производство». Установлено, что к концу смены большинство показателей функций, характеризующих состояние организма, резко ухудшаются. Например, у рабочих разборочного цеха в конце рабочего дня увеличиваются: продолжительность зрительнодвигательной реакции на 40 %, скрытый период речедвигательной реакции - на 24 %, энергозатраты - на 25 %, тремор (дрожание пальцев) - на 45 %. Всё это говорит о развитии значительного утомления исполнителей в процессе работы, вследствие чего нарушается динамический стереотип (система условных и безусловных рефлексов, выработанных в ходе тренировки, обучения и обеспечивающая точное и быстрое выполнение работы), что приводит к снижению эффективности труда и ухудшению качества продукции. Исследования показали, что наибольший удельный вес среди рекламационных изделий имеют те, которые изготавливают после обеденного перерыва и особенно в конце смены.

По уровню тяжести работы около 10 % исполнителей АРП относится ко 2-й категории, 24 % - к 3-й; 50 % - к 4-й и 15 % - к 5-й. Таким образом, 65 % рабочих выполняют тяжёлые работы (в частности, мочные, разборочные, жестяничные, кузнечные, некоторые сборочные и др.).

Инженерная служба должна выполнить работы:

- 1) по нормализации параметров воздушной среды производственных помещений (температура - 21 градус Цельсия, влажность - 60 %, скорость перемещения). В воздух не должны попадать пары бензина, керосина, ацетона, щелочи, а также СО, свинец и др.;
- 2) работы по снижению уровня производственного шума;
- 3) работы по улучшению освещённости рабочих мест (75 лк);
- 4) работы по организации и оснащённости рабочих мест и участков. Необходимо, насколько позволяет существующая технология исключить во время работы позу «стоя» и обеспечить позу «сидя»; позу «нагнувшись» исключить полностью. Необходимо сокращать до предела переходы исполнителей при выполнении операций и перемещении груза вручную. Необходимо обеспечить чистоту рабочих мест, правильный цветовой интерьер, звуковой (музыкальный) фон. Чистота мочных работ должна быть такая, чтобы в дефектовочном отделении можно было работать в белых халатах.

1.3.7 Механизация разборочных работ

Разборочные работы на АРП занимают значительный удельный вес (~11 %) от общей трудоёмкости ремонта. Этот вид работ трудно поддаётся механизации, а тем более автоматизации.

На крупных ремонтных предприятиях применяют поточно-механизированный способ разборки автомобилей. В этом случае используют тяговые или несущие конвейеры, кантователи рам с мостом (с перевёрнутой рамы удобно снимать мосты с рессорами и др. сборочные единицы).

Конвейеры оснащают гидравлическими установками с силовыми головками и комплектами съёмников для каждого поста разборки.

В значительной степени снижается трудоёмкость и повышается производительность труда при использовании многоместных стендов для разборки коробок передач, компрессоров и др. Некоторые составные части автомобилей, например, сцепление, рулевые механизмы разбираются на одноместных стендах и приспособлениях с применением механизированных приводов и инструментов. Наибольшей трудоёмкостью отличаются операции разборки резьбовых и неподвижных соединений, которые составляют более 50 % от общих трудовых затрат на процессы разборки. Разборка прессовых соединений осуществляется с помощью прессов, захватов и зажимных устройств с ручным или гидравлическим, пневматическим и электрическим приводами. Для стальной ступицы и стального вала:

$$P_p = 1,5 P_3 = 3 S L, \quad (1.2)$$

где P_3 - усилие запрессовки, Н;

S - натяг, мкм;

L - длина ступицы, мм

Для чугунной ступицы и стального вала:

$$P_p = 1,5 P_3 = 1,15 S L. \quad (1.3)$$

По виду привода прессы различают ручные, пневматические и гидравлические. По назначению, универсальные и специальные. Прессы с ручным приводом применяют при небольших объёмах производства для выпрессовки втулок, пальцев малого диаметра, штифтов, некоторых шкивов и подшипников. Винтовые ручные одностоечные прессы развивают усилие 5...7 кН, двухстоечные до 50 кН. Ход ползуна винтовых прессов 100...250 мм. Пневматические прессы развивают большие усилия, могут

быть прямого действия и рычажные (более удобные). Гидравлические прессы более компактны и создают большие усилия по сравнению с пневматическими.

Повышение производительности труда и сохранность деталей при разборке резьбовых соединений достигаются путем широкого применения механизированного инструмента (гайковертов, отверток). Следует учитывать крутящий момент, необходимый для отвёртывания гайки (болта), диаметр резьбы, а также положительные и отрицательные особенности электрического, гидравлического и пневматического инструмента:

1. Электрических гайковертов (в сравнении с пневматическими):

- эксплуатационные расходы в 7...8 раз ниже ($\gamma=200$ Гц, $U=36$ В);
- КПД=0,4...0,6 (пневматические - 0,07...0,11);
- не нужно аппаратуры для очистки воздуха, регулирования давления и т.п.;
- меньше шум и вибрация.

2. Пневматических гайковертов:

- безопасны;
- просты по конструкции;
- не чувствительны к нагрузкам и могут быть полностью заторможены;
- пневмосиловые головки легко komponуются в многошпиндельные.

Гидравлические гайковерты имеют большой КПД (55...65 %), шум практически отсутствует, имеют большой крутящий момент. На крупных АРП применяется централизованное снабжение постов гидроэнергией от гидроаккумулятора (подключаются гайковерты, прессы, съёмники и др. технологическая оснастка).

Агрегаты и детали массой более 10 кг необходимо снимать и устанавливать при помощи подъёмно-транспортных средств. Поэтому широко применяются кран-балка, консольные краны (чаще настенные и на свободно стоящей опоре) с электрическими тальми грузоподъёмностью до 5 т и с высотой подъёма до 5 м (реже ручные и пневматические тали). Применение на всех ремонтных предприятиях средств механизации разборочных работ повысило бы производительность труда на 25...30 %.

1.4 Контроль и сортировка деталей

1.4.1 Основные положения

Распределение размеров изношенных деталей по полю допуска значительно отличается от распределения размеров новых деталей. У новых - закон распределения близок к нормальному. Вероятность того, что изготовленная деталь будет иметь размер на границе допуска, ничтожно мала. Вероятность того, что *при сборке* встретятся детали, имеющие max и min размеры в пределах допуска практически исключена. Размах распределения зазора значительно меньше, чем сумма размахов отклонений размеров сопряженных деталей и равен корню квадратному из суммы квадратов составляющих размеров:

$$R = \sqrt{r_0^2 + r_B^2} \quad (1.4)$$

Этим в некоторых случаях обосновывают снижение требований к точности измерений. Так, например, поле допуска на изготовление и износ предельных калибров, согласно ГОСТ, выходит за пределы чертежного поля допуска на изготовление детали. У изношенных же деталей значительная часть размеров (>50 %) выходит за пределы допуска. Поэтому снижение точности измерения может привести к тому, что на сборку будет пропущено значительное число негодных деталей. В том числе на сборку могут поступить сопряженные детали, имеющие предельные отклонения. Поэтому требования к точности измерений в условиях ремонтного производства значительно выше, чем в условиях изготовления деталей. Следовательно, контрольные операции в ремонтном производстве занимают важное место, и имеют решающее значение.

1.4.2 Контроль деталей

На АРП контроль имеет следующие особенности:

- 1) в процессе эксплуатации возникают дефекты деталей, которые при изготовлении не встречаются (усталостные трещины, коррозия, выкрашивание металла);
- 2) количество негодных деталей, выявляемых при дефектовке, в сотни раз больше, чем при изготовлении деталей. Брак при изготовлении - редкое явление;

3) по контролируемым параметрам (те, которые изменяются в процессе эксплуатации) дефектуют 100 % деталей. Выборочный контроль недопустим.

4) применяемые в ремонтном производстве предельные размеры деталей не укладываются в систему допусков и посадок ГОСТ;

5) при существующих размерах ремонтных предприятий средства контроля должны быть высокопроизводительными, однако, автоматизация контрольных операций в настоящее время нерентабельна (применяют иногда автоматы для сортировки иголок подшипников и др.).

1.4.3 Изнашивание поверхности деталей

Необходимо знать не только методы дефектоскопии, но и дефектологии, т.е. учение о возникновении и развитии дефектов в деталях автомобиля, что позволяет научно обоснованно организовать контроль и сортировку.

Износ деталей автомобилей. Трение возникает при относительном перемещении сопряженных поверхностей деталей, приводит к бесполезной затрате энергии и влечет за собой изнашивание деталей машин. Для объяснения природы трения существуют несколько различных гипотез и теоретических обоснований.

Факторы, влияющие на процесс трения, разделяются на механические, физико-химические, тепловые и электрические. Многообразны также и виды изнашивания, зависящие от различного сочетания факторов трения.

Изнашивание можно подразделить на следующие категории:

1. *Схватывание* – срачивание металлов в местах соприкосновения деталей при температуре ниже температуры рекристаллизации и разрыв их при дальнейшем перемещении поверхностей трения. При этом может наблюдаться:

- перенос тонкой пленки мягкого материала на твердую сопряженную поверхность (например, намазывание бронзы на сталь);

- перенос твердого материала на мягкую поверхность (сталь на бронзу; бронза на пластик и др.); при этом на более твердой поверхности образуется риска.

2. *Истирание* – процесс отрыва и удаления частиц металла с поверхностей трения. Микронеровности поверхности испытывают упругие и остаточные пластические деформации. Удельные нагрузки на отдельные выступы достигают огромных величин (до 300 Н/м). При таких нагрузках микрорельефы материала разрушаются и образуют мельчайшие обломки зерен, которые в виде продуктов износа удаляются из сферы трения. Особенно интенсивное истирание характерно для периода приработки деталей или обкатки машин.

3. *Пластическое деформирование (смятие)* отдельных неровностей поверхности происходит в результате воздействия сил трения и повышения температуры. Зерна металла при этом приобретают вытянутую форму, ориентированную по направлению действия сил трения. Создается наклепанный слой, который приобретает новые свойства: становится более твердым, менее пластичным, имеет повышенную окисляемость кислородом воздуха и др. Смятие ускоряет изнашивание и другие процессы.

4. *Абразивное изнашивание* – непрерывное соскабливание с поверхности детали мельчайших стружек. Соскабливание происходит не только от попадания извне между поверхностями трения твердых инородных тел, но и от разной твердости отдельных структурных составляющих сплавов, разной твердости граней зерен материала детали, а также от возникновения в процессе трения новых химических соединений (окислов) с высокой твердостью. Абразивный износ обычно интенсивнее других видов износа.

5. *Усталостный износ (разрушение металла)* – определение условное и обобщенное. Сюда относят поломки деталей под действием знакопеременных или циклических нагрузок, а также так называемый осповидный износ. Можно отметить три стадии в процессе усталостного разрушения деталей: межкристаллитное скольжение, приводящее к упрочнению; зарождение усталостной трещины и ее развитие под действием концентрации напряжений до размеров, приводящих к разрушению детали. На предел выносливости материала оказывает влияние конструктивные факторы (резкие переходы от одного сечения к другому, выточки, канавки, отверстия и т. п.), технологические (чистота обработки поверхности, остаточные напряжения, влияние покрытий и т. п.), эксплуатационные (отклонения в соосности опор валов, вызывающих дополнительные напряжения в валу и перегрузку опор; увеличение зазоров, царапин, следы схватывания трущихся поверхностей, налиплившие материалы и др.).

6. *Осповидное изнашивание* – процесс разрушения поверхностей деталей при трении качения, выражающийся в образовании микротрещин, трещин и местного выкрашивания поверхности трения. Этот вид изнашивания характерен для зубьев шестерен, шариковых и роликовых подшипников и др.

7. *Химическое изнашивание* включает в себя все виды коррозии металла: атмосферную, электрохимическую, жидкостную газовую коррозию при высоких температурах, в активных средах и т. д. Этот вид изнашивания характерен и для таких деталей, как радиаторы, аккумуляторы, изделия из пластика, резины, дерева, тканей и т. д. От химических процессов разрушается окраска, смазка машин. Атмосферной коррозии наиболее подвержены химически необработанные стали и чугуны. Жидкостная и газовая коррозии при высоких температурах наиболее сильно проявляются на деталях ДВС, особенно при сжигании топлива с высоким содержанием серы. При этом образуется сернистый и серный ангидриды, которые в соединении с парами воды дают сернистую (преобладает в карбюраторных двигателях) и серную (преобладает в дизельных двигателях) кислоты.



Электрохимическая коррозия происходит при контакте двух различных металлов в среде электролита (например, вода), корродировать будет металл с более отрицательным потенциалом. По этой причине недопустим, например, контакт Al с Cu или латунью. Более электроотрицательный металл становится анодом и растворяется, а менее электроотрицательный - катодом. Для защиты металлов от коррозии применяют различные покрытия. Если железо (стандартный потенциал металла $\varphi = -0,44 \text{ В.}$) покрыть цинком (стандартный потенциал металла $\varphi = -0,766 \text{ В.}$), то корродирует Zn (анодная или электролитическая защита металлов). Пока на Fe имеется хотя бы незначительное количество Zn, железо не ржавеет. Если Fe покрыть оловом (стандартный потенциал металла $\varphi = -0,136 \text{ В.}$) или Ni, Cr, Cu, то коррозионное разрушение Fe в присутствии влаги (при повреждении покрытия и др.) усиливается. Характер защиты здесь - механический (катодная защита). Иногда покрытия делают многослойными для уменьшения вредного влияния пористости.

8. *Тепловое изнашивание* появляется под воздействием теплоты, образующейся в результате трения поверхностей при больших скоростях скольжения и при больших удельных давлениях. Вследствие большого количества теплоты, не успевающей отводиться в глубокие слои, происходит нагрев поверхностного слоя металла и связанные с этим различные структурные превращения. При этом может наблюдаться размягчение металла, значительные пластические деформации, контактное схватывание и связанное с ним налипание металла, цвета побежалости.

9. *Окислительное изнашивание* происходит при образовании пленок окислов в результате интенсивной диффузии кислорода в поверхностные слои металла при пластическом их деформировании. Установлено, что мягкие стали более подвержены окислительному изнашиванию, чем твердые. Окислительное изнашивание в отличие от теплового возникает при сравнительно легких условиях работы.

Основные факторы, влияющие на процесс изнашивания трущихся элементов машин:

- удельное давление на поверхности трения;
- твердость поверхностей деталей;
- структура материала;
- качество поверхностей деталей;
- скорость перемещения одной поверхности относительно другой;
- условия смазки трущихся поверхностей;
- форма и размер зазора между соприкасающимися поверхностями деталей;
- химический состав топлива;
- фильтрация масла, топлива, воздуха;
- защита сопряжений от попадания пыли, влаги и т. п.
- изменение температуры;
- вибрация и др.

Главными разрушительными процессами являются изменение геометрической формы деталей, разрушение поверхности и изменение внутренней структуры материала деталей.

С точки зрения авторемонтного производства представляют интерес *классификации дефектов*:

- по месту расположения (внешние, внутренние);
- по причинам их возникновения (возникшие в следствие: недостатков конструкции, недостатков технологии изготовления, эксплуатации автомобиля, хранения и транспортировки);
- по последствиям состояния деталей.

Основной признак, по которому деталь подлежит выбраковке, это развитие в ней дефектов, приводящих к потере прочности и тем самым к исчерпанию долговечности.

Поэтому дефекты целесообразно распределить на 2 группы:

- дефекты, приводящие к потере прочности;
- дефекты, приводящие к потере износостойкости.



Рисунок 1.14 Износ деталей автомобилей

Для обеспечения высокого качества ремонта автомобилей и агрегатов применять такие способы ремонта деталей второй группы, в результате которых срок службы деталей как по износостойкости, так и по прочности будет равен оптимальному сроку службы отремонтированного автомобиля или агрегата, т. е. близкий к сроку службы нового автомобиля (не менее 80 %). Ремонт деталей с пониженным ресурсом по износостойкости и прочности вызовет дополнительные расходы на текущие ремонты отремонтированного автомобиля и снизит срок службы такого автомобиля.

1.4.4 Организация дефектовочных работ

Чтобы определить степень пригодности деталей, нужно провести *контроль* их качества.

Задача контроля - рассортировать детали на три группы. Совокупность методов и приемов, позволяющих выявить дефекты деталей, носит название *дефектоскопии* (визуальные методы и методы структуроскопии). *Визуальный* метод называют обычно *дефектовкой*, под которой понимают совокупность приемов для определения *наружных дефектов*. При визуальном методе пользуются измерительными инструментами, шаблонами, лупой и др. Методами дефектовки можно установить отвечает ли деталь ТУ, т. е. годна или нет, но они не дают ответа на вопрос - какова остаточная прочность (например, нельзя обнаружить усталостную трещину). Состояние деталей определяют методами структуроскопии (на крупных АРП создают специальное отделение).

Детали с дефектами, приводящими к потере прочности, выбраковывают. Обычно в детали раз-

личают следующие элементы: трущиеся, опорные, передающие, привалочные, крепежные и связующие. Если дефекты, снижающие прочность, расположены в таких элементах как связующие, опорные, передающие, крепежные, то, как правило, ремонтировать невозможно и нецелесообразно. Расположение этих же дефектов в *трущихся* или провалочных элементах с чисто технической точки зрения не может служить основанием для выбраковки.

Требования к оборудованию. Столы для контролеров должны быть просторными, металлическими, покрытыми износостойким пластиком. К столам подведятся транспортеры, рольганги, склизы, по которым легко перемещать оборотную тару с деталями. Для крупных деталей желательно предусматривать отдельные посты и для прохождения по участку иметь самостоятельные пути. Так как детали, требующие ремонта, сортируют по маршрутам, то на участке организуется рабочее место для учета выхода деталей, оснащенное ЭВМ.

На деталях, годных без ремонта, ставится кислотное клеймо годности (или электрофорезным и др. способами). Детали, требующие ремонта, помечают зеленой (желтой) нитрокраской в тех местах, где замечены дефекты. Забракованные детали маркируют красной масляной краской. Для каждого наименования детали должен быть эталонный образец. Эталоны смазывают техническим вазелином и хранят в специальной яркоокрашенной таре.

Важное значение имеет учет результатов работы участка. Заполняются дефектовочные ведомости (по агрегатам), в которых напечатан перечень деталей и их заводские индексы. В результате обработки данных можно получить коэффициенты годности, восстановления (ремонта) и сменности:

$$K_G = n_G / N; K_B = n_B / N; K_{CM} = n_{CM} / N. \quad (1.6)$$

На основании коэффициентов осуществляется планирование производственной деятельности (ремонт деталей, покупка или изготовление новых деталей). Детали, требующие восстановления, дефектовщик раскладывает по маршрутам ремонта.

1.4.5 Сущность маршрутной технологии ремонта деталей

Детали, требующие ремонта, имеют, как правило, не один дефект. Так, коленчатый вал может иметь до 14 дефектов. Сочетания (группы) дефектов появляются с определенной вероятностью (изучают на каждом АРП, так как условия эксплуатации автомобилей разные).

Под маршрутом ремонта понимают такое сочетание дефектов на детали, которое определяется их естественной взаимосвязью, единством технологического маршрута и экономической целесообразностью восстановления.

Принципы установления маршрутов ремонта детали:

- 1) сочетания дефектов в маршрутах должны соответствовать действительным, с которыми детали поступают в ремонт;
- 2) количество маршрутов должно быть минимальным, не более пяти. При большом количестве маршрутов затрудняется дефектовка, увеличивается площадь склада и технологическая документация, усложняется учет и др.;
- 3) маршрут ремонта должен предусматривать технологическую взаимосвязь сочетания дефектов со способами ремонта (т. е. один способ применяется для восстановления нескольких дефектов);
- 4) маршруты ремонта должны обеспечить экономическую целесообразность восстановления деталей.

Преимущества маршрутной технологии:

- повышается качество восстановления деталей;
- имеется возможность планирования работы по ремонту деталей;
- имеется полная ясность по объему ремонтных работ на складе;
- упрощается процесс нормирования работ и оформление рабочих нарядов (в наряде заранее все расписано, указывается только фамилия исполнителя).

1.4.6 Способы определения скрытых дефектов

Структуроскопии подвергают детали: коленвал, шатуны, поворотные кулаки, рулевые рычаги, сферические пальцы, вал сошки руля, продольные и поперечные тяги и валы рулей.

Виды структуроскопии:

- 1) метод просвечивания деталей рентгеновскими лучами (сложный, дорогой, эффективный. Применяется в авиации, турбостроении. Цеховой аппарат РУП-1, N=7 КВА);
- 2) метод контроля гамма-лучами с использованием изотопа кобальта Co^{60} . Применяется для диагностирования сварочных швов при строительстве газопроводов и т.д. (малые размеры аппарата, не

нужны посторонние источники энергии);

3) магнитная дефектоскопия. Отличается простотой, аппаратура недорогая, результаты удовлетворительные;

4) ультразвуковая. Применяется в металлургии для обнаружения дефектов в больших объемах и в не магнитных деталях. В АРП - для контроля, например, силовых шпилек, когда вывертывание их нецелесообразно (чтобы не нарушить тугую посадку);

5) капиллярные методы:

а) керосиновая проба;

б) люминесцентный (применяют для контроля деталей из цветных металлов, инструментов с пластинами из твердых сплавов, деталей из черных металлов).

б) гидравлический и пневматический методы для выявления трещин в корпусных деталях, радиаторах, топливных баках и др.

Магнитная структуроскопия. Если в детали имеется трещина, она вызывает местное искажение магнитных силовых линий, которые будут видны, если поверхность детали облить магнитной суспензией из магнитной пудры Fe_2O_3 (прокаленный крокус) и дизельного топлива (1:30...1:50). На краях трещины появятся магнитные полюса и частички магнитной пудры притянутся к ним. Дефект обнаруживают в приложенном ($J = (6...8) d$), А или остаточном магнитном поле ($J = (20...25) d$), А; $U = 4...12$ В, J до 7000 А (подбирают опытным путем).

Магнитоэлектрический дефектоскоп для контроля коленчатых валов МЭД-2: $d_{\text{max}} = 90$ мм, $L_{\text{max}} = 900$ мм, $J_{\text{max}} = 4500$ А, $U = 220$ В, $t = 1,5...2$ мин.

При обнаружении поперечной трещины на шейке коленвала (магнитные силовые линии должны пересекать ее) - деталь бракуют. Продольные же трещины с углом к оси вала 20° можно устранить шлифованием под ремонтные размеры.

Детали после магнитной структуроскопии необходимо размагнитить, чтобы не скапливались продукты износа. Два способа размагничивания:

1) деталь проносят внутри соленоида, через который проходит переменный ток (удаляют от торца соленоида на расстояние не менее 0,5 м);

2) деталь помещают в поле электромагнита, который питается переменным током $\nu = 1$ Гц; затем силу тока при помощи реостата уменьшают до нуля.

Коленвал считается размагниченным, если на хвостовике не удерживается мягкая железная проволока $d = 1$ мм и длиной 20 мм

Ультразвуковой дефектоскоп. Можно выявить границы: воздух – металл; инородные включения – металл. Для ремонтного производства рекомендуется дефектоскоп УЗД-7Н (импульсный метод).

Задающий генератор вырабатывает электроколебания, которые управляют генератором импульсов и схемой развертки луча. Если в шпильке есть трещина глубиной более 2 мм, на экране появится третий импульс (кроме прямого и отраженного). Есть также УЗД, использующие теневой и резонансный методы.

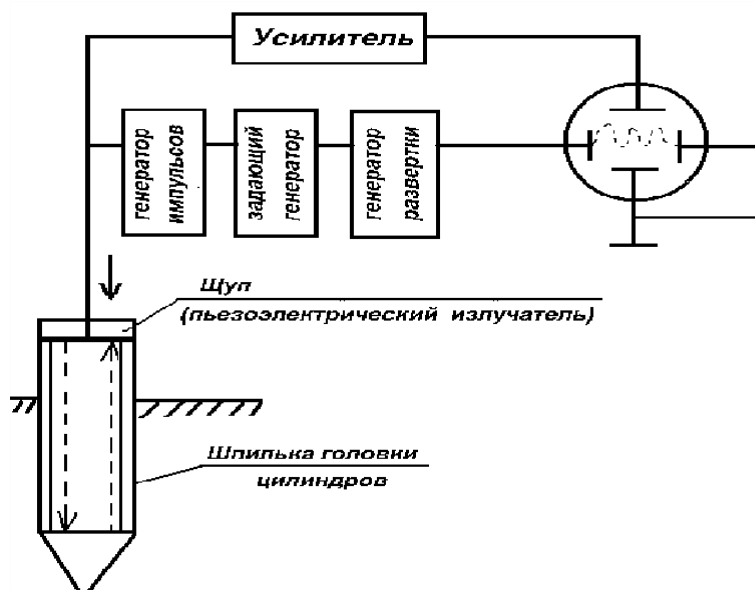


Рисунок 1.15 Ультразвуковой дефектоскоп

Люминесцентный дефектоскоп. ЛДА-3 состоит из камер пропитки, мойки, сушки, опыления проявляющим порошком (силикагель – микропористый SiO_2) и осмотра в ультрафиолетовых лучах.

Детали обезжиривают ацетоном или бензином Б-70 (в керосине нельзя). Затем погружают на 10...15 мин в флюоресцирующую жидкость. Один из составов: трансформаторное или вазелиновое масло - 0,25 л; керосин - 0,5 л, бензин - 0,25 л, краситель («дефектоль») - 0,25 г/л.

После сушки горячим сжатым воздухом деталь освещают ртутно-кварцевой лампой (ПРК-7, ПРК-4 - переносная) со светофильтром. Трещина дает яркое свечение желто-зеленого цвета.

1.4.7 Определения величин износа деталей

Способы определения величин износа деталей:

- 1) метод радиоактивных изотопов;
- 2) спектральный анализ масла;
- 3) метод искусственных баз (метод лунок). По диаметру конической лунки определяют износ;
- 4) метод взвешивания;
- 5) микрометрический метод.

Первые два метода применяются для определения износа деталей без разборки агрегатов.

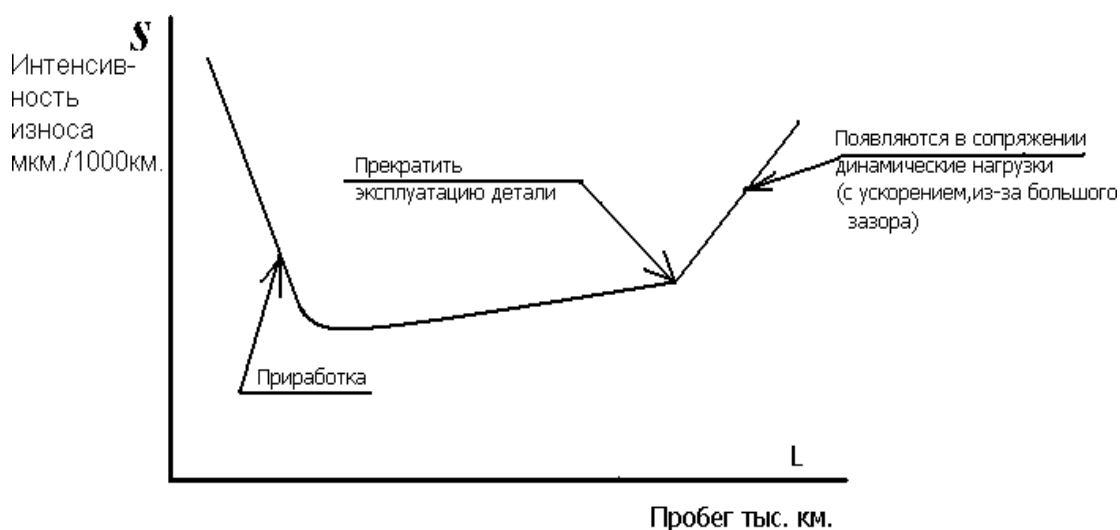


Рисунок 1.16 Технический критерий

Определение предельных износов. Используются различные критерии:

- 1) Технический критерий (критерий форсированного износа) - для деталей трансмиссий.
- 2) Критерий качества (критерий безопасности движения) - для деталей ОБД.
- 3) Экономический критерий - для деталей двигателя (предельно допустимое снижение η_e или повышение G_e).

4) Критерий долговечности - по $\min$ сумме удельных расходов (учитываются затраты на приобретение автомобиля и эксплуатационные расходы).

Контрольные вопросы:

1. Понятие о надежности изделий?
2. Понятие о долговечности изделий?
3. В чем заключается сущность ремонта деталей?
4. Какую min долговечность должны иметь агрегаты после капремонта?
5. Причины низкого качества ремонта?
6. Сущность процесса очистки деталей?
7. Трехстадийная очистка (на примере ремонта грузового автомобиля)?
8. Две стадии моющего действия СМС?
9. Для каких целей применяется каустическая сода в ремонтной практике, недостатки каустической соды при очистке деталей?
10. Положительные стороны СМС?
11. Положительные и отрицательные стороны РЭС?
12. Механические способы очистки деталей от нагара?
13. Химико-термическая очистка (в расплаве солей) деталей от нагара?
14. Очистка системы смазки двигателей?
15. Очистка системы охлаждения (чугунных, алюминиевых блоков)?
16. Очистка радиаторов?
17. Очистка топливных баков?
18. Применение ультразвуковых колебаний для очистки?
19. Недостатки моечных машин струйного типа?
20. Способы создания давления в моечных машинах ванного типа?
21. Положительные и отрицательные стороны моечных машин ванного типа?
22. Основные положения организации разборочных работ?
23. Как обеспечить сохранность деталей при разборке?
24. Механизация разборочных работ?
25. Какие задачи должна решать инженерная служба для снижения утомляемости рабочих в разборочном цехе?
26. Особенности контроля деталей на ремонтном предприятии?
27. Организация дефектовочных работ?
28. Какие коэффициенты подсчитывают в производственном отделе по дефектовочным ведомостям?
29. Причины появления усталостных трещин в деталях?
30. Магнитная дефектоскопия деталей?
31. Люминесцентный способ структуроскопии деталей?
32. Структуроскопия деталей с помощью ультразвука?
33. Сущность маршрутной технологии ремонта деталей?
34. Основной признак, по которому деталь подлежит выбраковке?

2 Механические методы восстановления деталей

2.1 Восстановление деталей механической и слесарной обработкой

2.1.1 Ремонт деталей индивидуальным методом. При этом методе изношенную поверхность основной, более сложной и дорогой детали ремонтируют механической обработкой до устранения дефекта. Сопряженную, более простую в изготовлении или более дешевую деталь изготавливают новой конструкции и подгоняют к основной детали. При этом размеры деталей получаются произвольными и отличными от номинальных. Сохраняется при этом лишь характер соединения и посадки.

Например: сорвана резьба под шпильку головки цилиндров. Резьба ремонтируется (увеличивается диаметр), а шпилька изготавливается новой конструкции (ступенчатой).

Метод применим в мастерских, гаражах; на ремзаводах необходимо восстанавливать взаимозаменяемость.

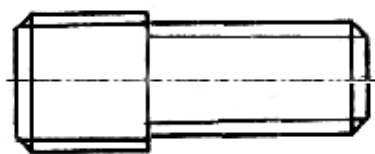


Рисунок 2.1
Шпилька ступенчатая

Преимущества:

- простота ремонта основной детали;
- увеличение срока службы основной детали.

Недостатки:

- нарушается взаимозаменяемость;
- требуются большие затраты времени на подгонку;
- требуется высокая квалификация рабочего.

2.1.2 Восстановление деталей обработкой под ремонтный размер. При этом способе одну из изношенных деталей сопряжения подвергают механической обработке, придавая ей заданный ремонтный размер и устраняя при этом искажения геометрической формы и дефекты поверхности (риски, задиры), обеспечивают предписанную чертежом шероховатость. Другую деталь сопряжения заменяют новой указанного ремонтного размера или восстановленной под этот ремонтный размер. Рем. размеры устанавливают в зависимости от величины и характера износа и необходимого припуска на обработку. Принцип взаимозаменяемости в этом случае сохраняется только в пределах одного ремонтного размера.

В качестве примера рассмотрим ремонт сопряжения «цилиндр-поршень» двигателей ВАЗ.

Таблица 2.1 – Автомобили ВАЗ -2101, -03, -07

Классы поршня и цилиндра	Номинальный диаметр цилиндра, мм	Допустимый размер без ремонта, мм	Предельный размер цилиндра, мм
А	76,00...76,01	76,04	76,08
В	76,01...76,02	76,05	76,09
С	76,02...76,03	76,06	76,10
Д	76,03...76,04	76,07	76,11
Е	76,04...76,05	76,08	76,12

Диаметр цилиндра измеряют нутромером в трех поясах, как в продольном, так и в поперечном направлении двигателя. Для блоков цилиндров, имеющих диаметр 76,0 мм, установлены три ремонтных размера с увеличением против номинального на +0,20; +0,40; +0,60 мм. Для блоков цилиндров, имеющих диаметр 79,0 мм (ВАЗ -21011, -05, - 06) - ремонтные интервалы: +0,40; +0,70; +1,00 мм. У двигателей ВАЗ -2108: +0,40; +0,80 (два ремонтных размера). На поршне метки, обозначающие, треугольник — первый ремонт (диаметр увеличен на 0,4 мм от номинального размера); квадрат — второй ремонт (диаметр увеличен на 0,8 мм от номинального размера). Ремонтные размеры также разбиты на пять классов: А, В, С, D, Е через 0,01 мм.

Расточку цилиндров блока под ремонтный размер выполняют на алмазно-расточном станке 2А78 или 2Е78П. Режим расточки: частота вращения шпинделя 500 мин⁻¹ (черновая) и 800...850 мин⁻¹ (чистовая); подача: 0,12 мм/об (черновая) и 0,05 мм/об (чистовая).

Хонингование цилиндров блока выполняют на хонинговальном станке типа 3К833.

Режим: частота вращения шпинделя 155 мин⁻¹; скорость возвратно-поступательного движения шпинделя 8 м/мин; удельное давление брусков хонинговальной головки 0,2...1,0 МПа. Начинать и заканчивать хонингование рекомендуется при минимальном усилии. Припуск на предварительное хонингование должен быть в пределах 0,02...0,08 мм и на окончательное 0,01...0,02 мм на диаметр. В качестве охлаждающей жидкости применяют керосин или смесь керосина с 10...20 % машинного масла. Номинальный зазор в сопряжении «цилиндр-поршень» ВАЗ – 0,06...0,08 мм, допустимый – 0,15 мм.

Еще один пример: *ремонт коленчатого вала* (двигателей ВАЗ).

Изготавливают из высокопрочного чугуна марки СЧ 75-50-03, HB=250...300; шейки подвергнуты поверхностной закалке ТВЧ до HRC>50.

Таблица 2.2 – Технические требования

Параметры	Номинальный, мм	Допустимый, мм	Предельный без ремонта, мм
<i>Несоосность</i> 1-й и 5-й опор коренных подшипников относительно центральной	0,10	0,12	0,15
<i>Биение</i> коренных шеек	0,01	0,02	0,03
<i>Овальность и конусность</i> шатунных и коренных шеек	0,01	0,02	0,03
<i>Осевой зазор</i> между полукольцами и упорными поверхностями и др.	0,05...0,15	0,25	0,35

Если шейки имеет износ на 0.005 мм меньше минимального размера, глубокие риски и задиры или овальность более 0.03 мм, их шлифуют под ремонтные размеры на станках.

Таблица 2.3 – Ремонтные размеры шеек коленчатых валов двигателей ВАЗ, мм

Диаметр шеек	Размер, мм				
	Номинальный	Уменьшенный			
		-0,25	-0,5	-0,75	-1,00
коренные	50,77...50,79	50,52...50,54	50,27...50,29	50,02...50,04	49,77...49,79
шатунные	47,81-47,83	47,56...47,58	47,31...47,33	47,06...47,08	46,81...46,83

Режим шлифования коренных шеек: $n_{кв}=62 \text{ мин}^{-1}$; $n_{шк}=780...830 \text{ мин}^{-1}$.

Шлифовальный круг типа 24А40НС16А5 (ГОСТ Р 52781-2007), правят его алмазным карандашом марки С1-1.

В шпинделе станка коленвал устанавливают в центрах; на коленвалу закрепляют фланец и поводок, под среднюю опору подводят люнет. При соприкосновении шлифовального круга с шейкой коленвала включается подача охлаждающей жидкости. Полируют коренные шейки с использованием ручного зажима, алмазной пастой типа АМ40/28НВ (ГОСТ 25593-83Е). Шатунные шейки шлифуют в центросместителях станка на радиус кривошипа, для коленвалов соответствующих моделей автомобилей.

Сначала выставляют первую и четвертую шейки для шлифования, затем – вторую и третью. В заключение шатунные шейки полируют. После шлифования промывают и продувают масляные каналы. Если осевые зазоры превышают максимально допустимые (0,35 мм), полукольца заменяют на полукольца ремонтного размера (нормальная толщина - 2,31...2,36 мм, увеличенная - 2,44...2,49 мм). При этом ремонтируют гнездо блока цилиндров под опорные полукольца ручным фрезерованием.

Шатунные и коренные шейки двигателей могут иметь различное количество ремонтных размеров, например ЗМЗ - 6, ЗИЛ-6, ЯМЗ-740-5. На первой щеке коленвала маркируют величину уменьшения коренных и шатунных шеек (например, К 0,25; Ш 0,50). Номинальный зазор в сопряжении "коренные вкладыши-коленвал" - 0,050...0,095 мм, допустимые - 0,15 мм

Преимущества метода:

- увеличивается амортизационный срок службы сложных и дорогих деталей;
- простой и дешевый способ восстановления;
- обеспечивает высокое качество ремонта.

Недостатки:

- снижение прочности, износостойкости, долговечности некоторых деталей, особенно закаленных и цементированных (например, последний ремонтный размер коленвала ЗИЛ: удельное давление на шейку вала увеличивается на 10 %, твердость уменьшается на 5 ... 10 %). Зарубежные фирмы после каждого шлифования шеек коленвала делают закалку ТВЧ;

- увеличивается номенклатура запчастей;
- усложняется организация комплектования, сборки узлов, хранения деталей на складах.

2.1.3 Восстановление постановкой дополнительной ремонтной детали (ДРД). ДРД применяют для компенсации износа рабочих поверхностей деталей. Этим способом восстанавливают изношенные посадочные отверстия под подшипники в картерах КП, задних мостах, ступицах колес, изношенные резьбовые поверхности, цилиндры двигателя (запрессовка «сухой» гильзы) и т.д. Обычно ДРД изготавливают из одного и того же материала. Посадочные отверстия в чугунных деталях могут восстанавливаться стальными втулками-пластинами (толщина стенок не менее 2,0...2,5 мм, для чугунных – вдвое толще). Сопрягаемые поверхности обрабатывают по допускам посадки Н7/ј6 второго класса точности с шероховатостью $Ra=1,25...0,32 \text{ мкм}$. При запрессовке втулок сопрягаемые поверхности целесообразно смазывать машинным маслом для облегчения запрессовки. После постановки и закрепления ДРД (иногда применяют сварку, клеевые композиции, стопорные штифты, винты и др.) производят их окончательную механическую обработку до требуемых размеров.

Пример: сорвана резьба в отверстии для свечи (головка цилиндров ВАЗ): отверстие рассверливают до $\varnothing 17,5 \text{ мм}$ и нарезают новую резьбу – М20х1,5 для установки резьбовой втулки (ввертыша). Материал: А1 сплав или латунь. Ввертыш ставят на клей БФ-2 (если вскрыта водяная рубашка, то применяют водостойкий клей). Если головку цилиндров не снимают с двигателя, то стружку убирают, вводя в камеру сгорания пропитанную консистентной смазкой тряпочку, или пылесосом.

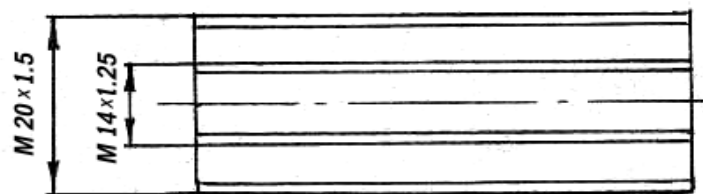


Рисунок 2.2 Резьбовая втулка (ввертыш)

Восстановление деталей постановкой ДРД является надежным и общедоступным способом. Однако способ является сложным и дорогим. Применение способа ограничивается по конструктивным соображениям из-за отсутствия необходимой толщины детали.

2.1.4 Восстановление способом замены части детали. Отрезается изношенная часть детали, изготавливается новая часть и присоединяется чаще всего стыковой или точечной сваркой. Стыковая сварка (или трением) применяется при ремонте полуосей (приваривается шлицевая часть), клапанов, карданных валов, хомутов задних рессор, тяг и др. деталей. Точечная сварка применяется при ремонте кабин, кузовов, оперения. Привариваются также отломанные ушки и фланцы к чугунным корпусным деталям (изготавливают литьем), сферическое гнездо под рычаг переключения передач. Некоторые предприятия ремонтируют шестерни (например, блок шестерен заднего хода) путем замены венца (рис. 2.3), срезают изношенный, напрессовывают новый и приваривают.

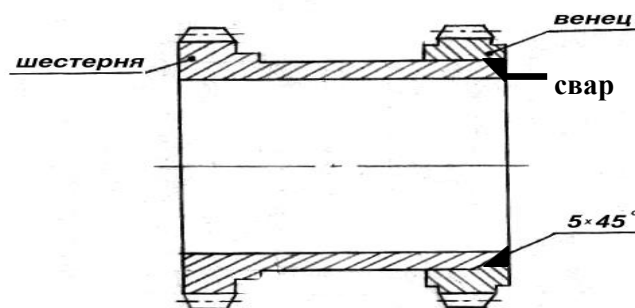


Рисунок 2.3 Блок шестерён заднего хода

2.1.5 Восстановление способом изменения положения рабочих поверхностей.

Примеры: шпоночный паз можно нарезать у многих деталей под углом 45° , 60° , 90° , 180° к изношенному. Венец маховика при износе зубьев спрессовывают, разворачивают изношенной частью зубьев в сторону, противоположную от зацепления с шестерней стартера, и снова напрессовывают (у ВАЗ нагревают до 250°C).

На фланцах полуосей сверлят новые отверстия под болтовые соединения между изношенными отверстиями. Шестерни, имеющие односторонний износ, разворачивают (например, в колесных редукторах).

2.1.6 Исправление коробления базовых деталей. Рассмотрим на примере восстановления соосности постелей коренных подшипников блока цилиндров двигателя. У 70 % двигателей ЗИЛ, поступающих в КР, эта несоосность превышает предельно допустимую (0,07...0,14).

Несоосность за пределами допуска проявляет себя уже при сборке двигателя: после нормированной затяжки крышек коренных подшипников коленчатый вал с трудом проворачивается. В небольших мастерских соосность восстанавливают, помещая под вкладыши металлическую фольгу. При КР необходимо восстановить номинальную соосность. Причины появления несоосности за пределами допустимой:

1) внутренние напряжения в блоке цилиндров после отливки (остаточные напряжения у ЗИЛ - 75...147 МПа); необходима термическая обработка или длительная выдержка блока до механической обработки;

2) динамическая несоосность (появляется в эксплуатации при перегрузке автомобиля: деформируются крышки и постели). Определяют несоосность при помощи индикаторных приспособлений.

Не восстановленная соосность значительно сокращает ресурс работы двигателя - до 30 % (нагружается только часть поверхности вкладышей: происходит выкрашивание; а также возникают вибрации коленвала).

Способы ремонта:

1) Наиболее простым способом восстановления изношенных гнезд под вкладыши коренных подшипников блока цилиндров является растачивание их под увеличенный размер вкладышей ремонтного размера («утолщенные» вкладыш). Пример: двигатель ЯМЗ-740 (КамАЗ) - все вкладыши и номинального и пяти ремонтных размеров выпускаются в двух вариантах: тонкие и утолщенные (для восстановления соосности).

2) Фрезерование (шлифование) торцов крышек коренных подшипников по плоскости разъема на 0,3...0,4 мм и последующее растачивание гнезд до номинального размера при условии сохранения допустимого размера от оси отверстия гнезд до верхней плоскости блока цилиндров. Снятие металла резцом (с пластиной ВК6М) должно происходить за счет крышки. Этот метод применяют даже автоколонны.

3) Наплавка посадочных мест. Блоки из серого чугуна наплавляют твердым припоем (латунью) или никелевым электродом; алюминиевые блоки - в среде аргона прутком из силумина.

4) Новая технология: плазменная металлизация постелей из серого чугуна механической смесью порошков железа и меди.

5) На ряде АРП постели растачивают и крепят две полувтулки (в тело блока и в крышку). Полувтулки либо приваривают через просверленные отверстия никелевым электродом, либо крепят винтами с потайной головкой.

6) Современные пластмассы, появившиеся на рынке (поставляет военная промышленность и Германия), не уступающие по механическим свойствам металлу, позволяют легко восстанавливать соосность (достаточно внести отвердитель, намазать посадочные места и расточить). Недостаток - очень дороги.

7) В ГОСНИТИ разработаны технологический процесс и оборудование для восстановления изношенности гнезд коренных подшипников с диаметром отверстий 95 мм и более электроконтактной приваркой стальной ленты (Ст-20 или Ст-10) с последующим растачиванием приваренного слоя до номинального размера.

Гнезда коренных подшипников должны растачиваться с одной установки в линию и одновременно. Используются расточные станки, перед каждой опорой на борштанге устанавливается и настраивается на размер резец. У некоторых двигателей одновременно растачиваются и подшипники распредвала (втулки, залитые баббитом), чтобы выдержать размер и параллельность между двумя валами.

2.1.7 Производственный и технологический процессы. Основные термины и определения

2.1.7.1 *Изделие* - единица промышленной продукции, количество которой может исчисляться в штуках или экземплярах.

В зависимости от назначения различают изделия основного и вспомогательного производства. *Изделия основного производства* предназначены для реализации.

Изделия вспомогательного производства предназначены только для собственных нужд предприятия (продукция инструментального цеха, ремонтно-механического и т.д.).

2.1.7.2 *Сборочная единица* - это изделие, составные части которого соединены между собой, например, сваркой, клепкой и др.

2.1.7.3 *Полуфабрикат* - это предмет труда, подлежащий дальнейшей обработке на предприятии-потребителе (тормозные накладки и др.).

2.1.7.4 *Комплектуемое изделие* - изделие предприятия-поставщика, применяемое как составная часть изделия, выпускаемого предприятием-изготовителем (карбюраторы, подшипники, КП и др.).

2.1.7.5 В машиностроении различают *исходную заготовку* и *заготовку*. *Исходная заготовка* - это заготовка перед первой технологической операцией.

Заготовка - является предметом труда, из которого изменением формы, размеров, свойств поверхности и (или) материала изготавливают деталь.

2.1.7.6 *Производственный процесс* включает подготовку средств производства и организацию обслуживания рабочих мест, получение и хранение материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий, все стадии изготовления деталей, транспортировку деталей, заготовок в процессе производства и их хранение, технический контроль, сборку, испытание, регулировку, окраску и упаковку. Производственный процесс является циклическим.

2.1.7.7 *Производственный цикл* - интервал от начала до окончания производственного процесса изготовления или ремонта изделия.

2.1.7.8 *Технологический процесс* – часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и последующему определению состояния предмета труда [технологический процесс может включать различные технологические методы: обработку резанием, термическую обработку, сварку, сборку и др.]. Технологический процесс состоит из технологических операций.

2.1.7.9 *Технологической операцией* называется законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте. Например, если партию валов нужно шлифовать по цилиндрической поверхности с двух концов, то обработка может быть выполнена на круглошлифовальных станках за одну или две операции. При шлифовании за одну операцию все валы обрабатывают на одном станке: вначале каждый вал шлифуют в центрах с одного конца, а затем его переставляют на станке, шлифуют с другого конца. Шлифование вала за две операции производится на одном или двух станках: вначале все валы шлифуют только с одного конца, а затем с другого.

Технологическая операция является основной расчетной единицей при проектировании технологических линий, планировании и калькуляции технологического процесса изготовления деталей, узловой и общей сборки изделий и при определении стоимости обработки или сборки.

2.1.7.10 *Дифференцированный технологический процесс* - технологический процесс обработки заготовки, состоящий из ряда простых операций (операции выполняют на отдельных станках). Такой процесс обеспечивает большую гибкость производства, что важно при частой смене выпускаемых изделий: простое оборудование и оснастка способствуют сокращению сроков подготовки к выпуску новых изделий.

2.1.7.11 *Концентрированный технологический процесс* - технологический процесс обработки заготовки, основанный на соединении ряда простых операций в одну более сложную.

Так одновременно можно обрабатывать несколько поверхностей заготовки большим числом инструментов, при этом обеспечивается высокая производительность труда, сокращается трудоемкость изготовления изделий, повышается точность обработки. Операции концентрируют последовательным, параллельным и смешанным способами.

2.1.7.12 *Установом* называется часть технологической операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы.

Рассмотренное выше шлифование цилиндрической поверхности за одну операцию было произведено с двух установов детали: первой - для шлифования одного конца вала, а второй - для шлифования другого его конца.

2.1.7.13 *Позиция* - фиксированное положение обрабатываемой заготовки или сборочной единицы, закрепленной в приспособлении, которое она может занимать в месте с ним относительно неподвижной части оборудования и инструмента для выполнения определенной части операции. (пример: на 6 – шпиндельном токарном полуавтомате заготовка каждый раз занимает новую позицию при повороте шпинделей на 60°).

2.1.7.14 *Технологический переход* - законченная часть технологической операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных технологических режимах и установках [при изменении одного из этих элементов появляется новый технологический переход. Например, обработку точного отверстия у заготовки производят последовательно сверлом, зенкером и разверткой, что составляет три перехода]. Технологический переход может выполняться за один или несколько рабочих ходов.

2.1.7.15 *Рабочий ход* - законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности и свойств заготовки. Во время выполнения технологической операции или перехода имеются также вспомогательный переход и вспомогательный ход.

2.1.7.16 *Вспомогательным переходом* называется законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и оборудования, которые не сопровождаются изменением свойств предметов труда, но необходимы для выполнения технологического перехода (установка заготовки и закрепление ее, смена инструмента и т.д.).

2.1.7.17 *Вспомогательным ходом* называется законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, необходимого для выполнения рабочего хода.

2.1.7.18 *Трудоемкость* - время, затрачиваемое рабочим определенной квалификации на выполнение технологического процесса обработки или части процесса. Различают трудоемкость расчетную и фактическую. Фактическая (оплачиваемая) измеряется в трудочасах.

2.1.7.19 *Станкоемкость* характеризует время, затрачиваемое станком на обработку одной заготовки детали. Станкоемкость измеряется в станкочасах. При обработке на автоматизированном

оборудовании трудоемкость и станкоемкость всегда различны, станкоемкость больше трудоемкости, так как рабочий обслуживает несколько станков. Необходимое число станков рассчитывается по станкоемкости, число рабочих - по трудоемкости.

2.1.7.20 *Технологическим оборудованием* называются средства технологического оснащения, в которых для выполнения определенной части технологического процесса размещаются материалы или заготовки, средства воздействия на них, а также технологическая оснастка. К технологическому оборудованию относятся станки, печи, испытательные стенды и т.д.

2.1.7.21 *Технологическая оснастка* - это средства технологического оснащения, дополняющие технологическое оборудование для выполнения определенной части технологического процесса, например, режущий и измерительный инструмент, штампы, пресс-формы, приспособления.

2.1.7.22 *Наладка* - подготовка технологического оборудования и технологической оснастки к выполнению технологической операции. К наладке относятся: установка приспособления и инструментов на станке, переключение скорости или подачи и т. д.

2.1.7.23 *Подналадка* - дополнительная регулировка технологического оборудования или технологической оснастки при выполнении технологической операции для восстановления достигнутых при наладке значений параметров.

2.1.7.24 *Тактом выпуска (Т)* называется интервал времени, через который периодически производится выпуск изделия определенного наименования, типоразмера и исполнения:

$$T = \Phi / D, \text{ мин} \quad (2.1)$$

где Φ – годовой календарный фонд времени работы предприятия; D – выпуск (число) изделий за этот период времени.

2.1.7.25 *Ритмом выпуска* называют количество изделий или заготовок определенных наименований, типоразмеров и исполнений, выпускаемых в единицу времени.

2.1.7.26 *Объем выпуска* - количество изделий, изготавливаемых или ремонтируемых в течение планируемого периода времени.

2.1.7.27 *Программа выпуска* - установленный для данного предприятия перечень изготавливаемых или ремонтируемых изделий с указанием объема выпуска по каждому наименованию на планируемый период времени.

2.1.8 Выбор установочных баз при механической обработке

2.1.8.1 Поверхности, по которым обрабатываемой детали придают на станке определенное положение относительно инструмента, называются *установочными базами*.

Базирование основывается на общей теории базирования, а именно - всякое свободное твердое тело имеет в пространстве шесть степеней свободы относительно выбранной системы координат (x, y, z): *поступательные* движения по каждой из координатных осей и *вращательные* относительно каждой из них.

Чтобы обеспечить *неподвижность* обрабатываемой заготовки, на нее необходимо наложить *шесть* двусторонних связей (опорных точек). Если заготовка должна иметь некоторое число степеней свободы, то соответствующее число связей снимается.

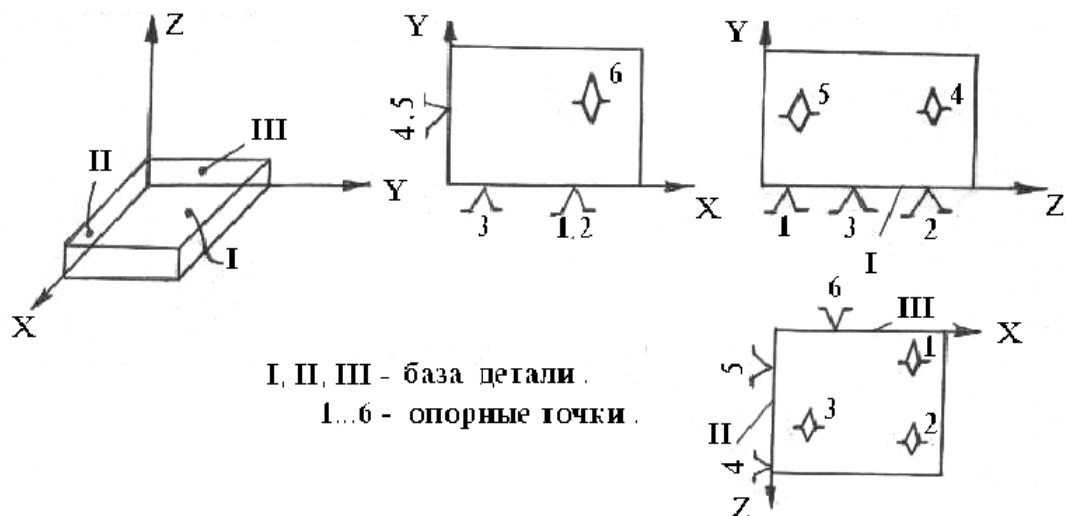


Рисунок 2.4 Установочные базы, опорные точки

Точность базирования заготовки предопределяется схемой расположения опорных точек на ее базах. Нумерацию баз начинают с базы, на которой располагается наибольшее число опорных точек. Для лишения заготовки всех (шести) степеней свободы, необходимо шесть подвижных опорных точек расположить в трех перпендикулярных областях.

2.1.8.2 Базы разделяют по назначению, на конструкторские и измерительные. *Конструкторская база* используется для определения положения детали или сборочной единицы в изделии.

Основная конструкторская база определяет положение детали или сборочной единицы в изделии (пример: коренные шейки коленчатого вала).

Вспомогательная конструкторская база, принадлежащая детали или сборочной единицы, служит для определения положения, присоединяемого к ней изделия, пример: шатунные шейки коленвала.

Технологическая база применяется для определения положения обрабатываемой заготовки резанием. *Основная технологическая база* совпадает с конструкторской или измерительной базой. Например, обработку шатунных шеек коленчатого вала производят при базировании вала по коренным шейкам, являющимся конструкторской базой, а на данной операции - технологической.

Вспомогательная технологическая база специально создается у заготовки для базирования при обработке. Пример: конические поверхности центровых гнезд у валов, приливы у деталей - корпусов.

Измерительная база используется для определения относительного положения заготовки и средств измерения. От данной базы производится отсчет размера обработки.

2.1.8.3 Установлены следующие разновидности баз: установочная, направляющая, двойная направляющая, опорная, двойная опорная.

Установочной называется база I (рис. 2.4), лишаящая заготовку трех степеней свободы - перемещения вдоль координатной оси Y и поворотов вокруг двух других осей X и Z .

Направляющей базой называют такую базу, которая лишает заготовку двух степеней свободы. На рисунке 2.4 такой базой является поверхность II. Она лишает заготовку перемещения вдоль координатной оси X и поворота вдоль оси Y .

Опорной называют базу, которая лишает заготовку одной степени свободы (поверхность III) - перемещения вдоль оси Z (точка 6).

Понятие двойной направляющей связано с базированием деталей типа цилиндрического вала. Двойная направляющая база лишает заготовку *четырёх степеней свободы*. При этом ось заготовки расположена параллельно оси Z , базами цилиндрической заготовки являются цилиндрическая поверхность и две торцовые поверхности. Заготовка лишается перемещения вдоль двух координатных осей X и Y и поворотов вокруг этих осей.

Двойная опорная база применяется при базировании заготовки деталей типа диска, ось которых расположена также параллельно оси Z . Двойная опорная база лишает заготовку диска двух степеней свободы: перемещения вдоль двух координатных осей X и Y .

Базы бывают явными и скрытыми:

1. *Явными базами* являются *реальные поверхности, разметочные риски или точки пересечения x и y заготовки*.

2. *Скрытыми базами* являются *линии или точки, например, геометрическая ось вала, зубчатого колеса*.

2.1.8.4 *Выбор баз и погрешности базирования*. Точность изделия обеспечивается, прежде всего, правильной постановкой размеров детали, поэтому конструктор стремится к тому, чтобы отсчет размеров детали происходил от ее конструкторских баз. При изготовлении детали точность ее зависит также от расположения поверхностей, принятых за технологические базы. Высокая точность размеров при этом обеспечивается в том случае, если постановка размеров производится от поверхностей, принятых в качестве технологических баз. Высокая точность обеспечивается совмещением технологической, измерительной и конструкторской баз, поэтому конструктору необходимо глубоко изучить конструкцию детали, ее служебное назначение и особенность технологии изготовления.

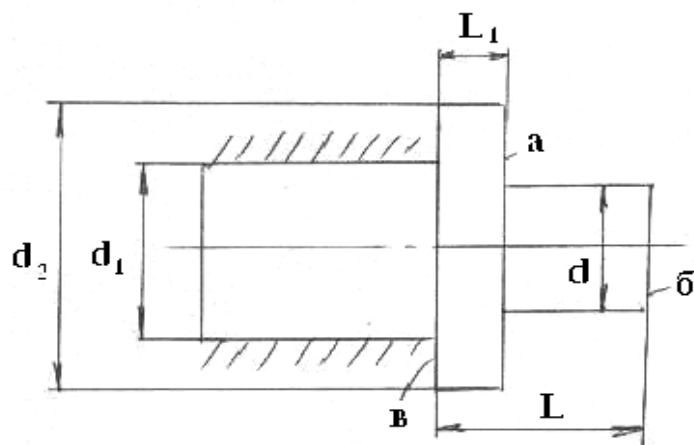


Рисунок 2.5 Совмещение технологической и измерительной баз

Совмещение технологической и измерительной баз показано на рисунке 2.5. Требуется обработать поверхности d с подрезкой торцов, а по размеру L_1 и торца «б» с выдерживанием размера L от торца «в». Заготовка закрепляется по цилиндрической поверхности d с упором в торец «в».

Поверхность, принятая за технологическую базу, должна быть обработана с необходимой точностью и иметь заданную шероховатость. При обработке такой поверхности заготовку базируют по необработанным поверхностям, т.е. по черновым базам. Черновые базы должны быть гладкими, не иметь литейных и штамповочных дефектов, а также обеспечивать равномерное снятие припуска при последующей обработке резанием. Для повышения точности обработки чистовой технологической базы за черновые следует принимать базы, расположенные параллельно, перпендикулярно или концентрично технологической базе.

За технологическую установочную базу принимают наибольшую по размерам поверхность заготовки (или сборочной единицы), что обеспечивает точность и надежность базирования.

Следует стремиться к соблюдению принципа единства технологических баз (т.е. использование одних и тех же технологических баз при выполнении основных операций по обработке точных поверхностей).

При несовпадении технологической и измерительной баз возникает погрешность базирования (отклонение фактического положения заготовки при базировании от требуемого). Погрешность базирования при этом равна допуску на размер, связывающий технологическую и измерительную базы.

Погрешность установки также влияет на точность обрабатываемого размера:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_з^2 + \varepsilon_{пр}^2} \quad (2.2)$$

где $\varepsilon_б$ – погрешность базирования;

$\varepsilon_з$ – погрешность закрепления (смещение заготовки под действием сил закрепления),

$\varepsilon_{пр}$ – погрешность положения заготовки, вызываемая неточностью приспособления.

2.1.8.5 Правила выбора баз при ремонте деталей:

а) необходимо по возможности использовать те же базы, которые использовались при изготовлении детали;

б) если технологические базы, которые использовались при изготовлении, имеют повреждения их необходимо исправить (центровые гнезда получают повреждения в результате ударов по торцу детали во время разборки);

в) основные базы используют при ремонте лишь тогда, когда отсутствуют вспомогательные или нельзя создать новые, так как они всегда изношенные;

г) при использовании основных баз используют неизношенные или менее изношенные участки рабочих поверхностей;

д) при ремонте, как и при изготовлении необходимо соблюдать правило неизменности баз.

2.1.9 Механическая обработка восстанавливаемых деталей

2.1.9.1 Обработка наплавленных поверхностей. Поверхности деталей, восстановленные

наплавочными процессами, обладают неоднородными физико-механическими свойствами по сечению, химсоставу и микроструктуре. Механические свойства наплавленного слоя часто значительно выше, чем у материала детали. Особенности: макронеровности наплавки, наличие неметаллических включений и пористости наружного слоя; износ - 0,2...0,5 мм, а толщина наплавки - 1,0...1,2 мм. Особенную трудность вызывает обработка поверхностей, восстановленных износостойкими порошками. Такие покрытия состоят из карбидов высокой твердости и вязкой металлической основы. Все эти особенности не позволяют эффективно использовать при их обработке технологии, применяемые при изготовлении новых деталей.

Предварительная обработка деталей после наплавки, как правило, выполняется резцами с пластинами из твердого сплава Т5К10, Т15К6 (титан-кобальт) и др. Заточку резцов выполняют с отрицательным передним углом $\gamma = 8...10$, положительным задним углом $\alpha = 10...15$ и главным углом в плане $\varphi = 65...75$.

Для *чистовой и отделочной обработки* наплавленных покрытий используют шлифование. Для незакаленных сталей применяют шлифовальные круги из электрокорунда нормального (13 А, 14 А, 15 А); для закаленных углеродистых и легированных сталей – из электрокорунда белого (22А, 23А, 24А); для деталей из чугуна и цветных сплавов – круги из карбида кремния черного (53С, 54С).

Чистовую обработку наплавленных поверхностей осуществляют также шлифовальным кругом из электрокорунда белого повышенного качества 39А, зернистостью 24...40, твердостью СМ2-С1 с керамической связкой. Для уменьшения шероховатости поверхности и снижения погрешности геометрической формы в конце цикла шлифования предусмотрено выхаживание в течение 0,1...0,15 мин.

Детали, *восстановленные наплавкой твердыми порошковыми материалами* на железной основе, например, сормайт, УС-25, ФБХ-6-2 (ванадий-бор-хром) целесообразно обрабатывать сухим шлифованием методом врезания (создаются условия разупрочнения материала в месте контакта круга с деталью). Для сормайта – шлифовальный круг из хромистого электрокорунда 34А40СМ16К, для УС-25 и ФБХ-6-2 - из карбида кремния 64С25СМ16К. При шлифовании наплавленных коленвалов под флюсом АН-348А (HRC 62...56) износ кругов увеличивается в 1,5 раза. То же при наплавке кулачков распредвала вибродуговой наплавкой в среде водяного пара.

Для *повышения стойкости круга* рекомендуется пропитка в водном растворе КJ (5...10%) 6...7 суток, сушка - 2...3 суток при $t=20^{\circ}\text{C}$. Испытания пропитанного круга 24А50 СТ17К5 при шлифовании наплавленного коленвала показали, что стойкость круга между двумя правками увеличилась с 8 шеек до 11. 12. Новинка - пропитка твердой смазкой (на заводе).

В последнее время для *повышения стойкости*, за счет уменьшения нагрузки и температуры, применяют *прерывистые абразивные круги* (длина выступов должна быть в 2 раза больше длины впадин). Происходит самозатачивание прерывистых кругов при врезании зерен. Стойкость возрастает в 3 раза, прижоги отсутствуют. Для прорезки впадин используют круги из SiC зеленого (55С94ОСМ2К7).

Правка производится для восстановления режущих свойств и первоначальной формы круга. При правильно произведенной правке шлифовальные круги могут обеспечить шероховатость 0,08. 0,04 мкм. В ремонтной практике применяют для правки алмазные карандаши (ГОСТ 607-80) и твердосплавные ролики. Припуск на окончательную механическую обработку не должен превышать 0,3 мм на сторону.

2.1.9.2 Обработка деталей с газотермическими покрытиями. Плазменные покрытия в основном шлифуют. В большинстве случаев используют *алмазные круги* из карбида кремния, реже корундовые или из эльбора.

При выборе типа алмазных кругов рекомендуют 100...125 % концентрацию алмазного зерна (увеличивается поверхность резания, снижается нагрев покрытия). Размер зерна АСВ 12 (125...160 мкм) позволяет получить шероховатость $Ra=0,063...0,125$ мкм; АСВ 5 (50...63 мкм) - $Ra=0,032...0,050$ мкм, при М40 - $Ra=0,020...0,040$ мкм.

Шлифование производится с подачей охлаждающей жидкости (вода +5 % эмульсии Э-2). *Режим:* окружная скорость шлифовального круга - 25...35 м/с, поперечная подача S - не более 12,5 мкм за проход, продольная подача не более 2 мм за 1 оборот, окружная скорость вращения детали - 12...36 м/мин. ($n=1000v/\pi d$ мин⁻¹).

Алмазное шлифование применяют также в качестве чистового шлифования закаленных сталей, хромовых и железных гальванических покрытий, для заточки и доводки режущих инструментов.

Пример маркировки круга: АПП-225х20х3х32 - АСО12-Б1-50-24-1200-1990-ТЗАИ. Обозначения: АПП - алмазный, плоский, прямого профиля, 225 - наружный диаметр, мм; 20 - ширина, 3 - толщина алмазного слоя, 32 - диаметр отверстия; АСО - алмаз синтетический обычной прочности; 12 - зернистость; Б1 - связка бакелитовая; 50 - концентрация алмазов в слое, %; 24 - содержание алмазов в

круге, карат; 1200 - порядковый номер; 1990 год изготовления; ТЗАИ - завод изготовитель.

Для шлифования покрытий из самофлюсующихся сплавов (например, ПГ-ХН80СР содержит бор и кремний, обеспечивающие самофлюсование) после оплавления используют круги из зеленого карбида кремния марки КЗ зернистостью М25, М40 и твердостью СМ1-СТ1, а также из эльбора (ЛПП С10 Л12). Иногда для повышения экономичности процесса используют комбинированную технологию, при которой черновое шлифование проводят алмазными кругами, а чистовое – кругами из карбида кремния.

При токарной обработке покрытий из стали и цветных сплавов (кроме никелевых самофлюсующихся, например, СНГН) обычно используют резцы из твердых сплавов ВК2, ВК6, ВК3М (вольфрам-кобальт-молибден), Т15К6 и т.п.

При точении плазменных покрытий из тугоплавких оксидов применяют инструмент с механическим креплением четырехгранных твердосплавных пластин марок ВК60М и ВК60М+TiC или резцовые вставки на основе нитрида бора (КНБ) - эльбор-Р (композит 01) или ПТНБ (композит 09).

Покрытия из самофлюсующихся сплавов успешно обрабатывают резцами из Эльбора-Р, Гексанта-Р (композит 10). Из всех лезвийных инструментов на основе КНБ Гексанта-Р может работать в условиях прерывистого течения и ударных нагрузок. Исследование режимов точения напыленных поверхностей показали целесообразность применения скорости резания в пределах 15...45 м/мин и подачи 0,10...0,15 мм/об при черновой и 0,05...0,08 мм/об при чистовой обточке.

Детали с напыленными покрытиями подвергают также сверлению, строганию, хонингованию, слесарной опиловке и шабровке. При этом необходимо исключить нагрузку покрытий на растяжение или изгиб.

В результате мехобработки в поверхностном слое покрытия возникают внутренние напряжения, что приводит к снижению прочности сцепления покрытия с основой на 15...30 %, изменению открытой пористости (при точении - 15...25 %, шлифовании - 55 %). В этом случае, если необходимо сохранить открытую поверхность и достичь высокой чистоты поверхности, может быть использована анодно-механическая обработка.

2.1.9.3 Обработка синтетических материалов. Тонкое (алмазное) точение значительно более рентабельно, чем шлифование. С его помощью можно обеспечить шероховатость поверхности, отвечающую как монтажным, так и эксплуатационным требованиям. Прибегать к шлифованию допускается в исключительных случаях (круги из электрокорунда или карбида кремния на керамической связке; диаметр круга - 300...400 мм, ширина - 35...60 мм).

Режим алмазного точения (пластмассы, медные, алюминиевые сплавы, чугун, например, отверстия в бобышках поршней, бронзовые втулки шатунов, вкладыши, зеркало цилиндра): $V=300\ldots900$ м/мин, $S=0,01\ldots0,05$ мм/об; $t=0,01\ldots0,1$ мм;

Углы заточки: передний угол $\gamma = -10$ градусов, задний $\alpha = 8\ldots12$ градусов, радиус вершины резца $r=0,3$ мм.

2.1.9.4 Хонингование гильз. Стойкость комплекта алмазных брусков больше в 190 раз в сравнении с корундовыми. Так, стойкость: КЗ6СТК - 42 цилиндра (припуск 0,05 мм); КЗМ20СМ1К - 138 цилиндров (припуск 0,01 мм); АСК - 8000 цилиндров (припуск 0,05 мм); АСМ20 - 12000 цилиндров (припуск 0,01 мм).

Бруски припаиваются или приклеиваются к камнедержателям. Охлаждающая жидкость - дизельное топливо (или 70 % керосина + 30 % веретенного масла). Предварительно бруски прирабатывают на бракованных деталях (для ускорения замешивается на литоле абразивный порошок). Площадь контакта должна быть 60...70 % минимум общей площади брусков.

При черновом хонинговании применяют бруски АБ-100х8х3,5х1,5-Р50-АС6М1-100-5,2, где АБ - алмазный брусок; 100х8х3,5 - размеры; 1,5 - толщина алмазного слоя, мм; Р50 - радиус скругления бруска, мм; АС6М1 - алмазный слой зернистостью 6 на металлической связке М1 (80 % Cu + 20 % Sn, спекают в среде H_2 при $t=750$ градусов по Цельсию, 30 мин); 100 - концентрация алмазов в слое, % (1 см^3 содержит - 4,39 карата); 5,2 - содержание алмазов в бруске, карат.

При чистовом хонинговании - АБ-100х8х3,5х1,5-Р50-АСМ20М1-100-5,2.

Применение алмазных брусков позволяет:

- повысить производительность труда в 4...6 раз;
- сократить срок приработки двигателя на стенде;
- повысить износостойкость гильз на 20...25% (снижается шероховатость и повышается точность);
- снизить расход брусков на один блок в 9 раз.

Широкое распространение последние годы получило *плосковершинное хонингование* (микропрофиль поверхности цилиндра представляет собой чередующиеся плоские выступы с углублениями для размещения смазки).

При этом увеличивается маслосъемкость и опорная площадь обработанной поверхности, в результате сокращается время приработки, уменьшается расход масла, повышается износостойкость цилиндров, увеличивается ресурс двигателей.

Неровности микропрофиля формируются на операции предварительного хонингования алмазными брусками зернистостью 125/100...250/200 на металлической связке, затем они притупляются алмазными брусками меньшей зернистости на эластичной, каучукосодержащей связке P11.

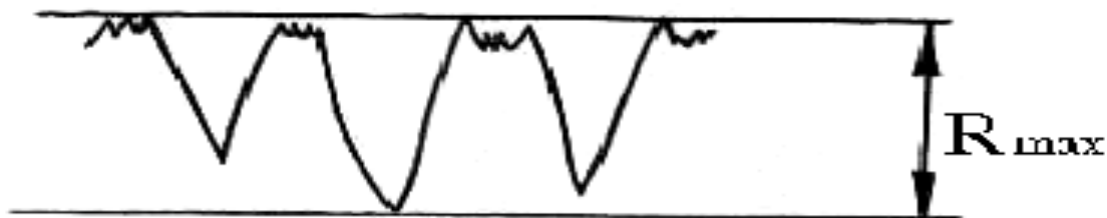


Рисунок 2.6 Профиль участка гильзы при плосковершинном хонинговании

При этом на внутренней поверхности гильзы формируется микрорельеф, состоящий из участков с малой высотой микронеровностей ($R_a = 0,5...1,0$ мкм) – «плато» и впадин - рисок, глубина которых в 3...8 раз больше, чем высота микронеровности на «плато».

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

Процесс антифрикционного плосковершинного хонингования рекомендуется выполнять в две операции, иногда в три операции.

Преимущество антифрикционного плосковершинного хонингования:

- исключаются прихваты поршневых колец, задиры, улучшается и сокращается время приработки цилиндропоршневой группы;
- снижаются механические потери, увеличивается частота вращения коленвала на 200...500 мин⁻¹;
- увеличивается эффективная мощность;
- стабилизируется и снижается расход масла на 0,1...0,2 % от расхода топлива;
- снижается удельный расход топлива на 1,5...2,0 г/л.с.-ч;
- увеличивается долговечность двигателей на 30...40 %.

2.1.9.5 Алмазное выглаживание производится с целью повышения усталостной прочности отремонтированных деталей (наплавленных, с гальваническими покрытиями). Выглаживание производится державкой с впаянным алмазом ($R=0,8...3,0$ мм).

Усилие - 100...400 Н к детали; $V_{дет.} = 150...300$ м/мин; $S=0,03...0,08$ мм/об.

Качество зависит от инструмента, радиального усилия, числа проходов, подачи и окружной скорости.

Микротвердость повышается на 30...80 %, создается поверхностный наклеп, способствующий повышению усталостной прочности (в некоторых случаях в 2 раза), уменьшается шероховатость. Для выглаживания используется токарный станок типа 1К62.

2.1.10 Слесарные способы ремонта. Пример: ремонт сопряжения «седло-клапан»

2.1.10.1 На рабочих фасках седел (зона контакта с клапанами) не должно быть точечных раковин, коррозии и повреждений. Небольшие повреждения можно устранить шлифованием седел как вручную, так и с помощью шлифовальной машинки.

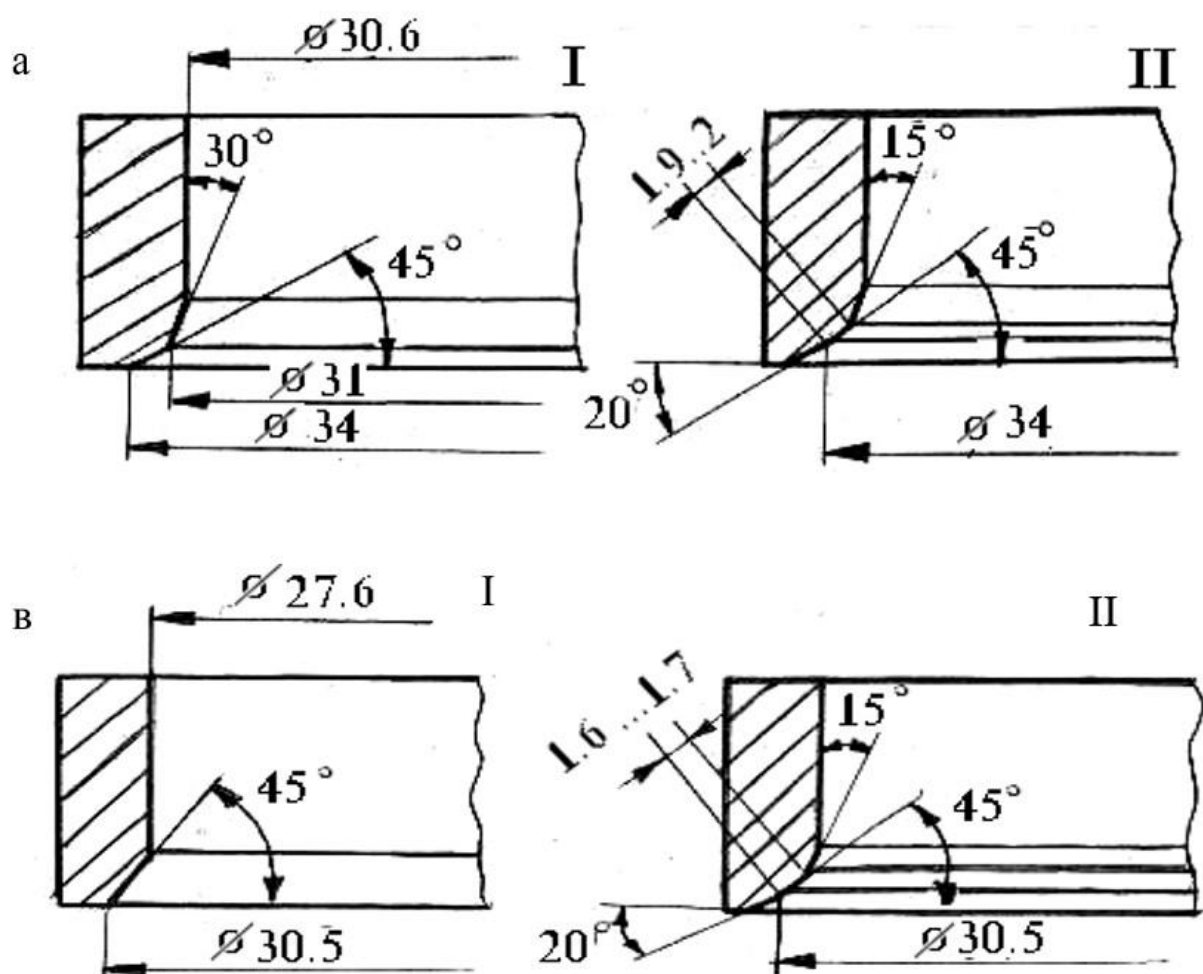


Рисунок 2.7 Седла клапанов двигателя ВАЗ – 2108: а) седло впускного клапана; в) седло выпускного клапана; I - новое седло; II - седло после ремонта

Шлифуйте в следующем порядке:

- вставьте в направляющую втулку клапана центрирующий стержень и профрезеруйте фаску 15° фрезой;
- профрезеруйте фаску 20° фрезой (для впускного клапана и для выпускного);
- шлифуйте фаску 45°, обеспечивая ширину фаски и базовые диаметры 34 и 30,5 мм;
- фаски шлифуются коническими кругами (у некоторых двигателей - ручными фрезами – «шарошками»).

В момент соприкосновения круга с седлом шлифовальная машинка должна быть выключена, иначе возникает вибрация и фаска будет неправильной. После шлифования тщательно промойте седла и каналы головки блока цилиндров и продуйте сжатым воздухом.

2.1.10.2 При мелких повреждениях *рабочей фаски клапана* ее можно шлифовать, выдерживая угол фаски $45^{\circ}30' \pm 5'$. При этом цилиндрический поясок по высоте должен быть в пределах 1,3...1,5 мм и 1,8...2,0 мм (выпускной клапан) – у двигателя ВАЗ-2108 (у ВАЗ-2201 – 0,6 мм).

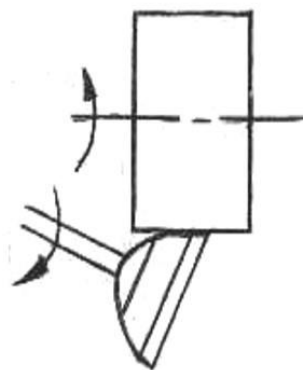


Рисунок 2.8 Шлифование фаски клапана

Для шлифования клапанов чаще всего используют настольный шлифовальный станок Р-108, шлифовальные круги: ПП 125х10х32- 24А40ПС2-СТ19К5А (для фаски) и ПВ 125х32х32- 24А40ПС2- СТ19К5А (для торца клапана), которые обеспечивают $Ra=0,63...0,16$ мкм.

Режим: $V_{\text{круга}}=25...30$ м/с, поперечная подача (глубина резания на двойной ход) – $t=0,018$ мм, продольная подача (выраженная в долях β ширины круга В): предварительное шлифование – $\beta=0,5...0,8$; чистовое шлифование $\beta=0,25...0,5$.

СОЖ – 2,5 % - эмульсол, 0,6 % - кальцинированная сода; 96,9 % - вода. Давление - 0,02 МПа в течение 10 с.

2.1.10.3 Притирка. Притирают клапаны, краны, детали гидросистем. Притирка обеспечивает $Ra=0,16$ мкм. Припуск на диаметр - 0,02...0,05 мм

Для притирки используют твердые и мягкие абразивные материалы. Твердые - порошки наждака, корунда, карборунда, стекла, алмаза и других абразивов, твердость которых превышает твердость закаленной стали, к мягким - окиси Cr, Fe, Al и различные пасты (ГОИ, КТ60/40, М40 и др.). В качестве смазывающих веществ употребляют керосин, скипидар, бензин, минеральное масло.

Паста ГОИ (государственный оптический институт). *Грубая паста* (темно-зеленая, почти черная) содержит зерна окиси хрома размером около 30 мкм (для черновой притирки); *средняя паста* - зерна 12 мкм (темно-зеленая); *тонкая паста* – зерна < 8 мкм (светло-зеленая).

Новинка - паста из порошков карбида титана - КТ60/40, в тубах-мази, твердые - в виде карандашей). Применение этой пасты в сравнении с притирочной пастой из электрокорунда - М40 (и алмазным порошком) увеличивает производительность труда (время притирки уменьшается в 2,7 раза).

Режим притирки клапана: $V=2,6$ м/мин (ручная), $V=10...30$ м/мин – спец. станке; $t=2...5$ мин, $P < 100$ Па.

Некоторые АРП притирку клапанов заменяют операцией шлифования седел клапанов, исключая применение фрез. Клапаны шлифуют с высокой точностью. Герметичность проверяется специальным прибором (основа - сообщающиеся сосуды).

Наиболее простой способ проверки притертости клапанов: на рабочей фаске клапана наносят три - четыре риска мягким карандашом, затем клапан проворачивают на 1/2 ... 3/4 оборота. Если риски стерлись – качество притирки высокое.

Надежный способ - проверка притертости с помощью керосина (обладает высокой жидкотекучестью). Другой распространенный способ - по падению давления воздуха в приборе в течение 5 мин.

2.2 Восстановление деталей давлением (пластической деформацией)

2.2.1 Сущность данного метода состоит в том, что металл под давлением по законам пластичности перемещения с малоответственных мест детали к изношенным поверхностям и тем самым компенсируется износ. Метод экономичен (10...15 % от стоимости новой детали). *Не подлежат* восстановлению давлением детали, изготовленные из непластических материалов, детали с малыми запасами прочности и детали сложной конфигурации.

Особенности (по сравнению с изготовлением):

- 1) деталь имеет точные размеры;
- 2) деталь имеет определенную структуру металла;
- 3) деталь имеет заданные механические свойства;
- 4) степень деформации небольшая (зависит от величины износа поверхности и припуска на завершающую механическую обработку).

В процессе восстановления необходимо выполнение требований:

- сохранение размеров и форм невозстанавливаемых поверхностей;
- получение после восстановления детали таких механических свойств, которые были бы не ниже, чем у новых;
- обеспечение min объема работ по механической обработке детали.

2.2.2 На технологию пластической деформации оказывают влияние:

- конструкция детали;
- вид термической обработки изношенной детали;
- структура (однородность, величина зерна);
- температура нагрева;
- скорость деформации;
- имеющееся оборудование.

Наибольшей пластичностью обладают химически чистые металлы. Влияние зерна незначительно в случае обработки в горячем состоянии. Следует учитывать, что размер зерна изменяется в процессе деформации. При определенной для данного химического состава, температуры и степени деформации (см. справочник) размер зерна может достичь наибольшего значения. Крупнозернистая структура имеет пониженную прочность. Минимальная температура рекристаллизации равна 0,4 от абсолютной температуры плавления. Обработка давлением, протекающая при температуре ниже процесса рекристаллизации и вызывающая упрочнение (наклеп) называется *холодной обработкой* (искажается кристаллическая решетка, изменяется структура).

Влияние температуры: сопротивление деформации стали в холодном состоянии больше в 10...15 раз. Желательно, чтобы температура не была высокой (уменьшается влияние на размеры и структуру детали). Кроме того, при высокой температуре возможно коробление из-за термических напряжений.

Важно избегать образования окалины (для углеродистых сталей начало – 675...700°C) и обезуглероживания поверхности слоев (снижается износостойкость, а также усталостная прочность). Пластичность повышается при $t > 350^\circ\text{C}$.

Время нагрева и выдержки:

$$\tau = KД \sqrt{D}, \text{ мин} \quad (2.3)$$

где D – диаметр детали;

K – коэффициент: для углеродистых сталей - 12,5; высоколегированных - 25.

Должны быть определенные границы температуры: начала и конца обработки. Углеродистые стали нагревают в пределах 1250...800°C, легированные - 1150...850°C, бронза - 850...700°C. При определении температуры, времени выдержки обычно используют справочные данные. Учитывая вышесказанное, лучше ориентироваться на нижние пределы.

2.2.3 Восстановление деталей раздачей (рис. 2.9)

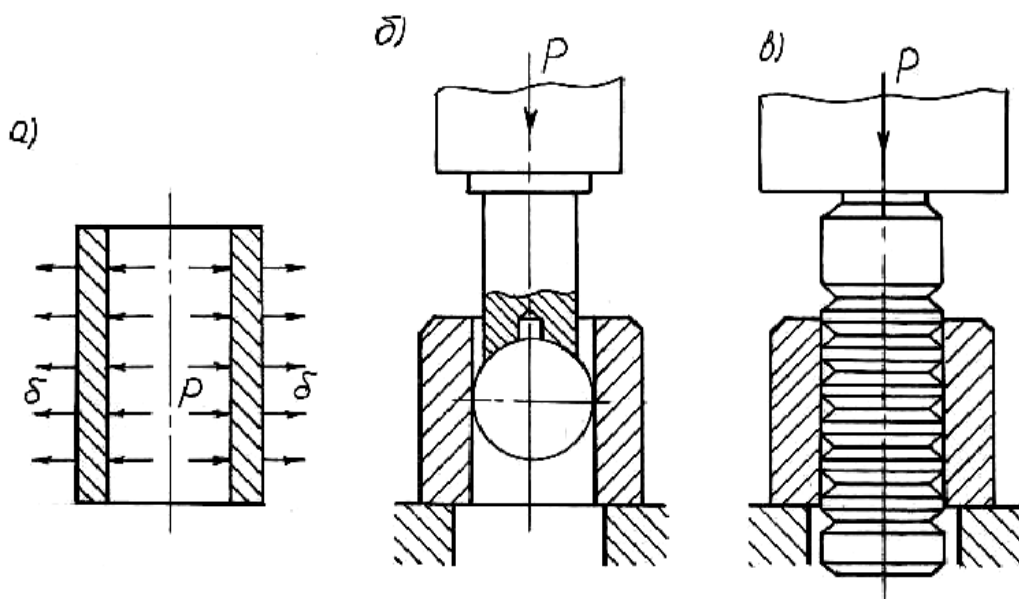


Рисунок 2.9 Раздача а) схема обработки; б) шариком; в) цилиндрической оправкой

2.2.3.1 Ремонтируют (рис. 2.9): поршневые пальцы, чашки дифференциала, трубы полуоси, труба рулевой колонки, карданные вилки с наружными шлицами, крестовины карданных валов и др.

Раздача заключается в увеличении наружных размеров полых деталей в результате увеличения их внутренних размеров. Давление, необходимое для раздачи детали:

$$P=1,15 \sigma_T \ln(D/d), \quad (2.4)$$

где D и d – соответственно наружный и внутренний диаметры детали. Восстановление раздачей осуществляется при холодном и нагретом состоянии детали.

2.2.3.2 При холодной раздаче детали, имеющие химическую и термическую обработку, предварительно подвергают отжигу либо высокотемпературному отпуску. Раздачу выполняют прошивками, дорнами, шариками (подшипника) под прессом.

Поршневые пальцы предварительно сортируют по внутреннему диаметру (размер свободный): в каждой группе допуск не более 0,3 мм. Разница диаметров деформирующего инструмента и внутренних отверстий пальцев – в пределах 0,45...0,80 мм. После раздачи производят закалку пальцев в соляной ванне или ТВЧ до твердости HRC58 – 0,8 мм и механическую обработку (бесцентровое шлифование с последующим суперфинишем и полированием).

2.2.3.3 Некоторые АРП восстанавливают пальцы раздачей в нагретом состоянии. Так, на МАРЗ-3 пальцы нагревают ТВЧ до 950...1000°C. В этом случае их не сортируют. Сферическая прошивка имеет размер один, превышающий max внутренний диаметр на 0,2... 0,3 мм. Раздачу ведут в штампе под молотом.

2.2.3.4 Холодной раздачей можно восстанавливать крестовины с износом по наружному диаметру, не превышающим 0,3 мм. После отжига осуществляют механическую обработку масляных каналов (решаются 2 задачи: 1) получение масляных каналов одного диаметра; 2) достижение концентричности наружной и внутренней цилиндрических поверхностей). Раздача осуществляется твердосплавным дорном при обильной подаче смазочно-охлаждающей жидкости. Усилие не превышает 110 кН, а время - 45 с. После раздачи: цементация, закалка, низкотемпературный отпуск, черновое и чистовое шлифование.

2.2.3.5 Раздача крестовин в нагретом состоянии интересна тем, что тепловая энергия генерируется трением. В качестве дорна используют цилиндрический твердосплавный стержень с конической заходной частью. Дорн жестко закреплен в патроне, который имеет привод вращательного и осевого перемещения (диаметр дорна на 1...3 мм больше диаметра смазочного канала шипа). В результате осевой подачи дорн по мере нагрева тела шипа до $t = 950...1000^\circ\text{C}$ внедряется в смазочное отверстие крестовины и раздает шип. При этой технологии шип удлиняется на 0,3...0,5 мм. Поскольку дорн также нагревается до 1000°C, изготавливают его из твердого сплава ВК-6 (карбид вольфрама - 94 %, кобальт - 6 %). В процессе раздачи происходит отпуск (HRC снижается до 35...42), поэтому крестовины закалывают в масле ($t = 840...860^\circ\text{C}$) с последующим отпуском при $t = 180...200^\circ\text{C}$. Механическая обработка включает черновое и чистовое шлифование торцов на плоскошлифовальном станке и шипов по наружному диаметру на бесцентровом шлифовальном полуавтомате.

Положительные стороны:

- высокая производительность процесса: время раздачи шипа в зависимости от диаметра - от 12 с до 1 мин;
- расход энергии и мощности в несколько раз меньше, чем при нагреве деталей в печах сопротивления или ТВЧ;
- в отличие от других методов раздачи не происходит укорочения восстанавливаемых деталей по длине, а напротив, обеспечивается удлинение линейных размеров до 0,5 мм;
- простота механизации и автоматизации процесса. Существующие установки работают в полуавтоматическом (модуль УВК-1) или автоматическом (модель АВК-4) режимах;
- высокая экономическая эффективность процесса.

2.2.3.6 Использование электрогидравлического эффекта для восстановления поршневых пальцев

Поршневой палец (карбюраторных двигателей: с толщиной стенок 4...5 мм) ставят в полиэтиленовый технологический патрон разового действия, который служит для направления электрического разряда по оси детали. Для увеличения эффективности процесса в полость ножки патрона устанавливают специальный взрывающийся проводник (алюминиевая проволока диаметром 0,7 мм).

В полость пальца подают техническую воду. Высоковольтный импульс конденсаторной батареи (37...40 кв, 6 мкф) проходит через шаровой разрядник на положительный электрод, проводник и

отрицательный электрод. В результате электрогидравлического взрыва возникает ударная волна, которая раздает поршневой палец. При указанном режиме удается достичь остаточной деформации по наружному диаметру, равной 0,12 мм для пальцев из стали 45. Максимальный износ у поршневых пальцев – 0,025 мм, припуск на шлифование – 0,05 мм.

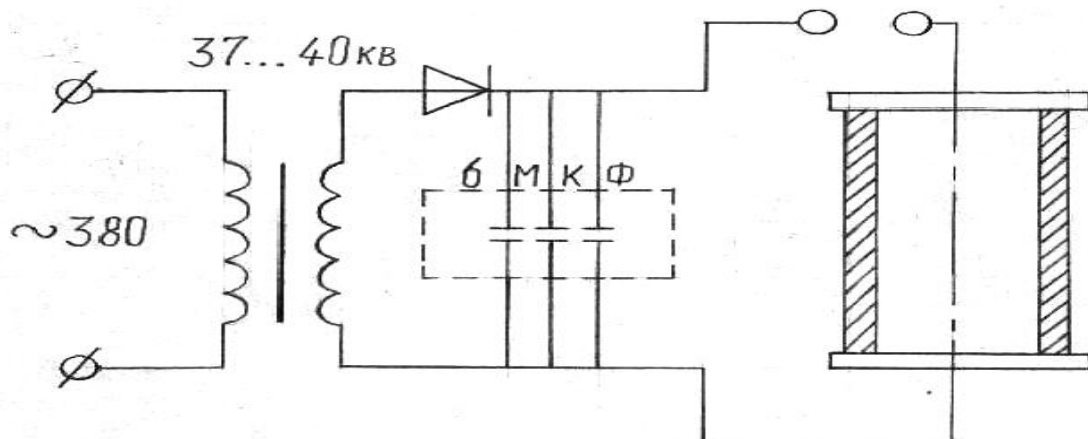


Рисунок 2.10 Восстановление поршневых пальцев электрогидравлической раздачей

2.2.3.7 Гидротермическая раздача (ГТР) относится к числу высокоэффективных и недорогих способов восстановления пустотельных деталей типа поршневых пальцев. Способ заключается в том, что изношенный поршневой палец нагревают в индукторе ТВЧ до температуры 1063...1103 К, затем быстро охлаждают, пропуская поток воды через внутреннюю полость детали. В результате происходит увеличение наружного диаметра (0,1...0,3 мм) с одновременной закалкой. Этот способ позволяет производить 4...6 кратное восстановление пальцев. Механическая обработка: черновое шлифование - шлифование торцов (если при раздаче пальцы жестко фиксируются в осевом направлении, то эта операция отпадает) - снимают и полируют наружные и внутренние фаски - чистовое шлифование - полирование на доводочном станке - контроль.

2.2.4 Восстановление деталей осадкой. Осадку применяют для увеличения наружного диаметра сплошных и внутреннего диаметра полых деталей, а в отдельных случаях при восстановлении деталей типа втулок достигают изменения обоих диаметров одновременно за счет уменьшения высоты. Используются гидропрессы 20...40 т.

Ремонтируют: втулки из цветных металлов (шкворневые, шатунные), клапаны, толкатели, полуоси, шлицы сошки руля, вилки карданных сочленений, ступицы ведомых дисков сцепления и др. Давление, необходимое для осадки в Ньютонах:

$$P = \sigma_T (1 + 0,166d/h) F, \quad (2.5)$$

где: σ_T - предел текучести материала детали при температуре осадки, Па; d - диаметр до осадки, м; h - высота детали до осадки, м; F - площадь поперечного сечения детали до осадки, м².

Осадку втулок из цветных металлов ведут в специальной форме. В осаживаемую втулку вставляют оправку, диаметр которой на 0,2 мм меньше диаметра окончательно обработанного отверстия втулки. При осадке вначале заполняется зазор между втулкой и матрицей (от середины к концам); затем заполняется зазор между втулкой и оправкой. Для нагруженных втулок допускается уменьшение высоты на 5...8 %, менее нагруженных - до 15 %.

Для сохранения первоначальных отверстий, прорезей, выступов в них устанавливают специальные вставки по форме и размерам этих элементов. Если деталь, сопряженная с втулкой, имеет достаточную прочность, например, верхняя головка шатуна, то перед осадкой втулку можно не выпрессовывать.

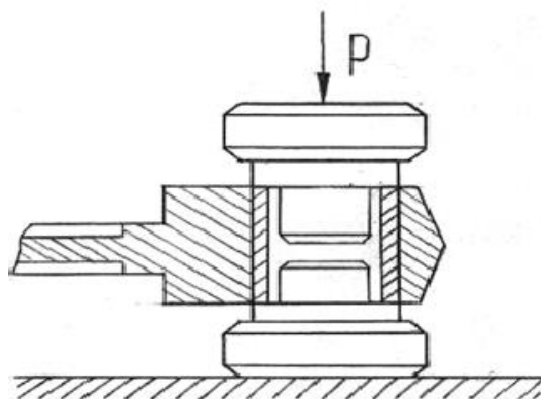


Рисунок 2.11 Восстановление втулок осадкой без выпрессовки

Открытая осадка (без штампа) возможна, если высота или нагретая часть детали не превышает 2,5 ее диаметра (пример: восстановление шлицевой части полуоси).

2.2.5 *Восстановление деталей вдавливанием.* При вдавливании происходят одновременно два процесса - осадка и раздача.

Восстанавливают головки клапанов при значительном износе, зубчатые колеса при износе зубьев по толщине, гайки подшипников задних колес при износе резьбы, шлицевые валы, направляющие втулки клапанов и др. Основная задача - разработка конструкции штампа (матрицы и пуансона).

2.2.5.1 *Восстановление гайки подшипников задних колес грузовых автомобилей*

Пуансон и матрица имеют кольцевой выступ. Вдавливание производится на $1/4h$ (h - толщина гайки). Металл перемещается в сторону изношенной резьбы.

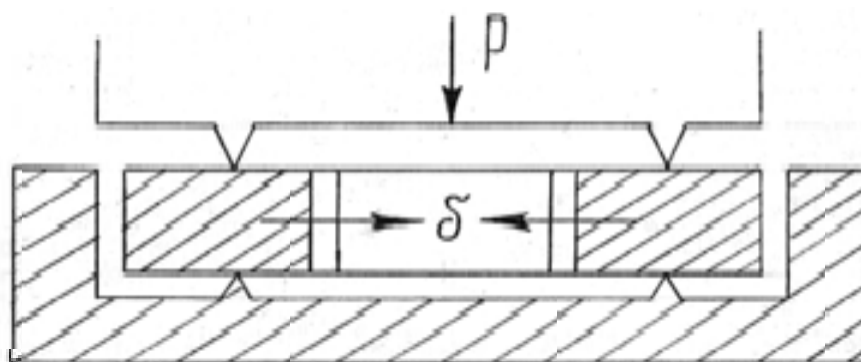


Рисунок 2.12 Восстановление вдавливанием гайки подшипников задних колёс при износе резьбы

2.2.5.2. Восстановление изношенных по профилю зуба дисковых шестерен. Шестерню нагревают (предпочтительно ТВЧ): СТ35Х, 40Х - 900...950°C; 25ХГТ, 30ХГТ, 18ХГТ - 1100...1160°C и помещают в стальное кольцо. Вдавливание производят по переключке на прессе 250...400 т. Для компенсации износа зубьев, равного по дуге делительной окружности 0,2...0,4 мм, достаточна деформация шестерни по переключке на величину до 20 ... 25 %.

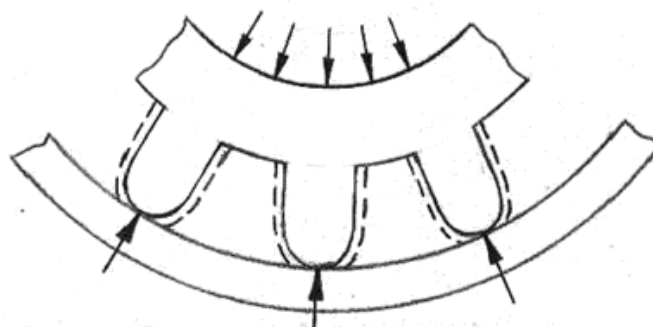


Рисунок 2.13 Вдавливание по перемычке шестерен (принципиальная схема)

Механическая и термическая обработка:

- расточка внутреннего отверстия (припуск на шлифование 0,15...0,20 мм);
- токарная обработка по окружному диаметру;
- фрезерование венца;
- цементация или цианирование, закалка, низкотемпературный отпуск, дробеструйная очистка;
- шлифование внутреннего отверстия под номинальный размер (шестерня устанавливается при помощи роликовой оправки).

2.2.5.3 *Ротационный способ восстановления зубчатых колес* (ведущие валы, блоки шестерен, подвижные шестерни коробок передач), который является разновидностью процесса вдавливания. Способ основан на обкатывании деформируемого вдавливанием нагретого ТВЧ зубчатого колеса профилирующим инструментом, так называемым накатником. Вытесненный в зону действия накатника металл деформируется, и зубья принимают первоначальную форму и размеры (с учетом припуска на последующую механическую обработку - шевингование). Затем - нитроцементация, закалка, отпуск.

2.2.5.4 *Сущность восстановления шлицев вдавливанием* заключается в том, что материал детали при помощи инструмента клинообразной формы выдавливается из средней части шлица в сторону изношенных боковых поверхностей, что обеспечивает увеличение его ширины до 1 мм на каждую сторону. Инструмент устанавливают на середине шлица и перемещают его вдоль последнего. Шлицевые поверхности подвергают, как правило, вдавливанию в холодном состоянии и в зависимости от твердости сплава они в дальнейшем могут подвергаться термической обработке.

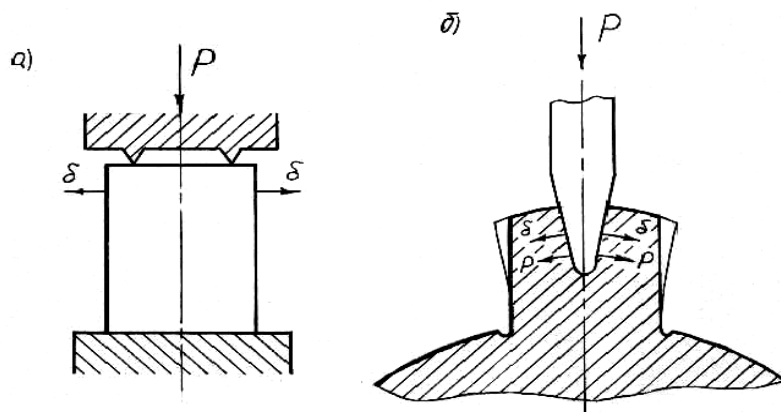


Рисунок 2.14 Восстановление шлицев вдавливанием
а) схема обработки; б) приспособление для восстановления шлицев

2.2.5.5 Разработана технология и комплект инструментов для восстановления направляющих втулок клапанов двигателей способом вдавливания. Принцип восстановления втулок основан на применении специального твердосплавного ролика, при помощи которого в направляющей втулке прокатывают спиральный паз. Под действием ролика материал внутренней поверхности втулки выдавливается, в результате чего внутренний диаметр уменьшается. Затем обработка разверткой. Спиральный паз обеспечивает хорошую смазку стержня клапана, поэтому зазор между втулкой и стержнем клапана можно уменьшить, что улучшает работу клапана и повышает срок службы направляющей.

2.2.6 *Обжатие* применяют для восстановления внутренних размеров полых деталей в результате уменьшения наружных размеров.

Восстанавливают: втулки, сепараторы роликовых подшипников при износе стенок окон под ролики; конусные отверстия (проушины) рулевой сушки; рычаги поворотных цапф, продольных рулевых тяг; отверстия в поворотных цапфах, внутреннюю поверхность цилиндров амортизаторов, гильзы цилиндров двигателей и др.

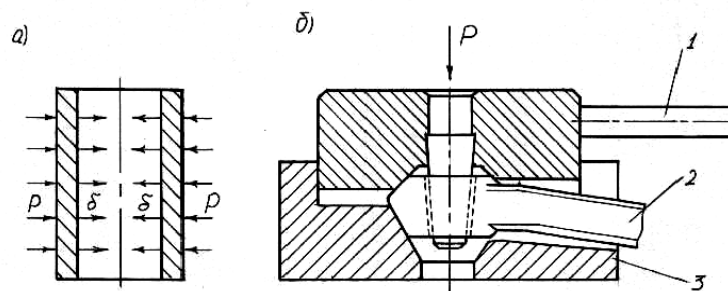


Рисунок 2.15 Обжатие конусного отверстия под шаровый палец

Матрица штампа состоит из трех частей: приемной, обжимающей и калибрующей. Внутреннюю поверхность матрицы для уменьшения сил трения обрабатывают до высокой степени чистоты. Внутренний диаметр втулки после ее обжатия пуансоном обрабатывают, а наружный диаметр наращивают на требуемый размер одним из способов, например, гальваническим.

Проушину сошки руля перед обжатием нагревают (лучше в соляной ванне) до 1000...1050 °С и устанавливают в матрицу штампа. После обжатия - термическая обработка согласно чертежу, зачистка от наплывов металла, развертывание гладкого конусного отверстия и протяжка шлицевого.

Применяется способ восстановления гильз методом термопластического обжатия. Данный способ позволяет восстановить до 90 % выбракованных гильз цилиндров двигателей. Изношенную гильзу помещают в водоохлаждаемую матрицу и посредством индуктора ТВЧ нагревают изделие до 840...880 °С. В результате нагрева гильза расширяется. Однако ее свободное расширение по наружному диаметру ограничено стенками матрицы. При достижении определенного значения радиальных напряжений происходит деформация. При свободном охлаждении гильзы уменьшаются в осевом и радиальном направлениях (тах деформация за один цикл - 0,75...1,0 мм). Посадочный пояс гильзы наращивают, используя метод электроконтактной приварки ленты.

2.2.7 Накатка позволяет увеличивать наружный и уменьшать внутренний диаметр деталей в результате вытеснения металла из восстанавливаемой поверхности. Наиболее часто применяют для восстановления шеек и цапф валов. Восстанавливают, например, шейки поворотной цапфы под наружный и внутренний подшипник ступицы (сейчас восстанавливает железнением). Холодное накатывание применяют только для деталей с твердостью не более HRC 25. 30. Если твердость выше, деталь подвергают высокотемпературному отпуску или отжигу.

Накатывание деталей осуществляют механическим или электро-механическим способом. Механическое накатывание выполняют на токарном станке специальными зубчатыми роликами с шагом зубьев 1,5...1,8 мм. При накатывании деталей с твердостью HB 270...300 используют режим: скорость вращения детали - 15 м/мин; продольная подача - 0,6 мм/об; поперечная подача - 0,1 мм/об. Обработку ведут при обильной подаче машинного масла. Высота подъема выступов металла не должна превышать половины зуба накатки. При наличии на детали галтели накатку осуществляют на расстоянии не менее 5 мм от начала галтели.

Накатку используют для восстановления поверхностей деталей, воспринимающих удельную нагрузку, не превышающую 7 МПа. В сравнении с гладкими поверхностями износостойкость восстановленных накатыванием поверхностей снижается на 20...25 %.

К достоинствам данного способа следует отнести простоту технологического процесса, оборудования, оснастки; малую трудоемкость и высокую эффективность. Снижение износостойкости ограничивает номенклатуру восстанавливаемых деталей.

Электро-механический способ накатки в отличие от механического не требует последующего шлифования (гребень металла после высадки сглаживают сферическим роликом). В местах касания

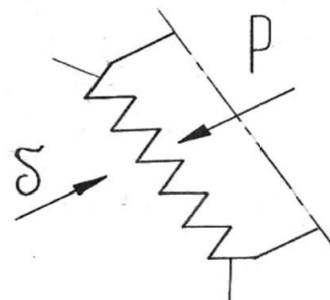


Рисунок 2.16
Вытеснение металла
при накатке

резьбового резца (угол заточки - 50...60 градусов, радиус высаживающей кромки - 0,2...0,3 мм, усилие при посадке поверхностей из незакаленных сталей - 700...800 Н, закаленных - 900...1200 Н) с поверхностью детали протекает ток большой силы (300...1000 А, $U = 1...5$ В). В результате протекания тока в зоне контакта поверхностный слой металла нагревается до температуры 800...1000 градусов Цельсия. Благодаря быстротечности процесса и незначительной глубине проникновения тепловое воздействие не оказывает влияния на структуру металла детали. Нагретый металл вытесняется из зоны внедрения инструмента, вследствие чего на восстанавливаемой поверхности образуется винтовая канавка и приподнятый гребень металла.

2.2.8 Восстановление формы детали (правка)

2.2.8.1 *Правка под прессом.* Правят: коленчатые, распределительные валы, полуоси, шатуны, головки цилиндров, балки передней оси, рамы, тяги и др. Правят под прессом или в спец. приспособлениях, наиболее часто в холодном состоянии.

2.2.8.2 *Правка валов статическим изгибом в холодном состоянии*

- 1) проверить состояние центровых отверстий и отремонтировать;
- 2) установить вал в центры станка или приспособления;
- 3) проверить при помощи индикатора величину биения вала. Отметить мелом или цветным карандашом место мах биения (горб);
- 4) установить вал в призмы (лучше в «плавающие опоры», которые легко копируют стрелу прогиба при правке); между штоком пресса и валом укладывают прокладку из мягкого материала;
- 5) править вал с одновременным контролем при помощи индикатора величины прогиба вала. Учитывая упругую деформацию для получения остаточной деформации, нужно давать обратный прогиб, в 10...15 раз превышающий первоначальный прогиб: $f = B/2$, где B - биение вала (по индикатору при проверке в центрах).

Время приложения силы - 1,5...2 мин. Чтобы получить требуемую точность, операция повторяется несколько раз.

Усилие для правки валов:

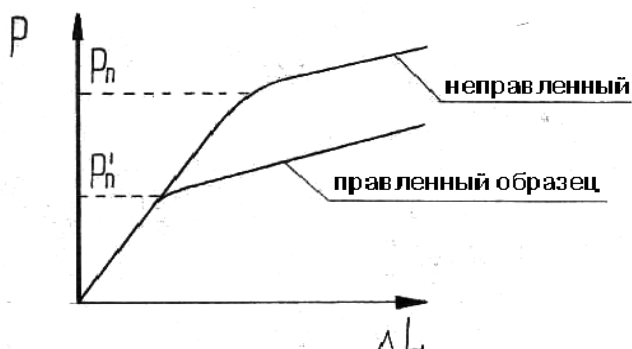
$$P = \frac{3 \cdot f \cdot E \cdot J \cdot l}{a^2 \cdot b^2}, \quad (2.6)$$

f - стрела прогиба, см; E - модуль упругости, кгс/см²; J - осевой момент инерции, см⁴; l - длина вала, см; a и b - расстояния от точки приложения усилия до опор, см.

2.2.8.3 *Недостатки правки под прессом (рис. 2.17, 2.18):*

снижение усталостной прочности на 15...40 %;

снижение несущей способности детали, т.е. способности детали противостоять воздействию внешней силы в направлении, противоположном направлению правки.



$K = P_n' / P_n$ - коэффициент несущей способности

Рисунок 2.17 Эпюра растяжения образца до и после правки

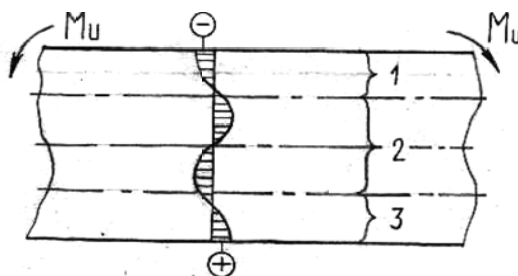


Рисунок 2.18 Эпюра напряжений в сечении детали после правки

Исследования показали, что многие ответственные детали (коленвалы, шатуны) после некоторого периода эксплуатации возвращаются в прежнее положение. Нестабильность правки можно объяснить объемной неоднородностью остаточной деформации и асимметричным распределением остаточных напряжений на участке детали, за счет которого произошла правка: 1, 3 - зоны пластического деформирования; 2 - зона упругих деформаций.

2.2.8.4 Стабилизация правки:

- 1) перегибают деталь при правке в противоположную сторону, а затем повторной правкой выдерживают деталь после правки длительное время;
- 2) выдерживают деталь после правки длительное время;
- 3) термофиксация правки (отпуск при температуре 400...450 °С, выдержка в зависимости от размеров детали 0,5...1 час и медленное охлаждение). Если такой нагрев осуществить нельзя (из-за уменьшения механических свойств закаленных деталей), то нагревают до 180...200 °С с выдержкой в печи 5...6 часов;
- 4) чеканка - состоит в том, что на поверхностях деталей, имеющих после правки напряжение растяжения, создается наклепом напряжение сжатия.

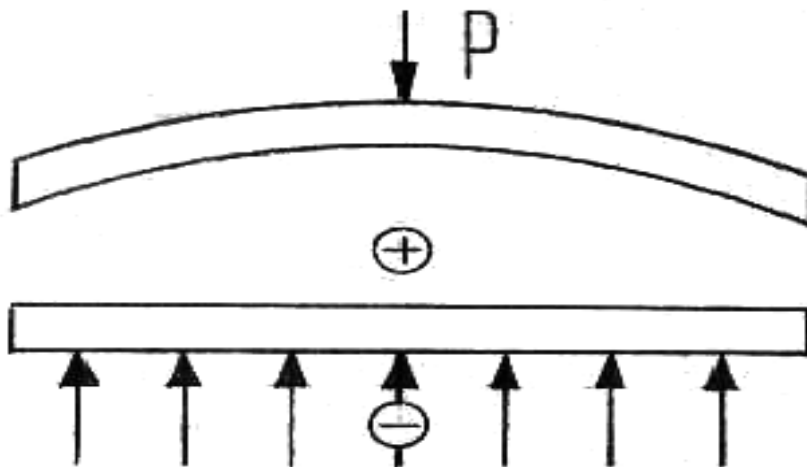


Рисунок 2.19 Чеканка поверхности детали, имеющей после правки напряжение растяжения

2.2.8.5 Правка наклепом. Хорошие результаты дает правка коленчатых валов, листов рессор поверхностным наклепом. Источником изгиба оси вала является элемент вала с задиром (шатунная шейка), который подвергается нагружению при значительном нагреве и последующем охлаждении. При обычной правке под прессом исправляется ось коренных шеек (податливость в галтелях), а кривошипы остаются кривыми. Возможные задиры шеек коленчатых валов различных ДВС: ЗМЗ - 15...17 %, ГАЗ - 20 %, УМЗ - 25...30 %.

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.

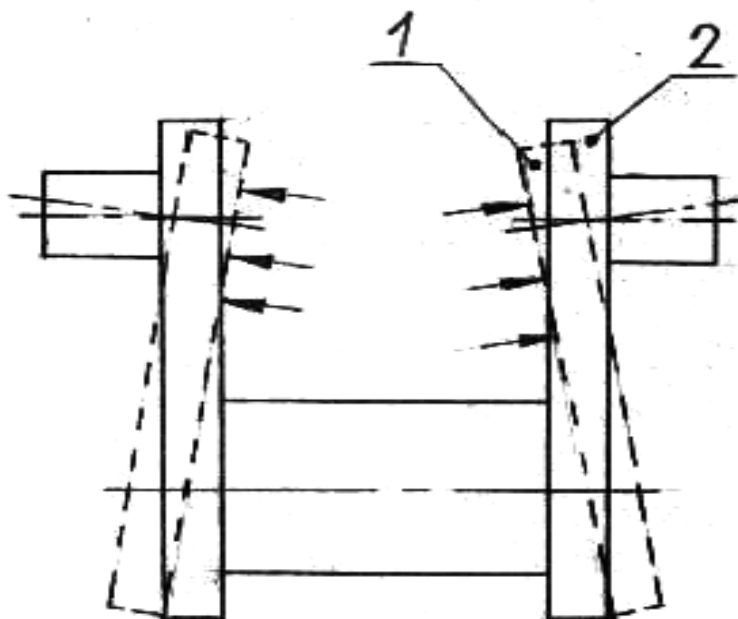


Рисунок 2.20 Схема правки коленчатого вала наклепом: 1 - до правки; 2 - после правки

Правка наклепом по сравнению с правкой статическим нагружением имеет ряд достоинств:

- повышается производительность процесса;
- обеспечивается более высокая точность (до 0,02);
- не снижается усталостная прочность;
- возможность правки любого участка вала;
- можно править чугунные валы, не деформируя их оси.

2.2.8.6 Горячая правка производится при температуре 600...800 градусов для устранения больших деформаций детали. Если горячей правке подвергались термически обработанные детали, то после правки их необходимо вновь термически обработать. Правка местным нагревом основана на использовании внутренних напряжений, возникающих при этом способе. После остывания детали в материале возникают остаточные напряжения растяжения, способствующие выпрямлению детали. Наиболее эффективен этот метод при правке сварных трубчатых элементов.

2.2.8.7 Термическая правка применяется для листового металла. На отмеченные места, подлежащие выпрямлению, направляют струю пламени газовой горелки, нагревая неровности до красновато-вишневого цвета (600...700 градусов). Нагретый металл расширяется, а затем при остывании под влиянием сил сжатия выпрямляется. Этим методом, ускоряющим процесс правки почти в 5 раз, можно править валы, оси, трубы, уголки. Для нагрева используют обычную универсальную горелку с накопчиком № 7. Лучше всего газопламенной правке поддаются детали, изготовленные из малоуглеродистой стали.

2.2.8.8 Головки цилиндров правят с применением общего подогрева. Головку крепят болтами к стальной плите толщиной 30 мм; усилие затяжки - 10...12 кгс м. Затем плита помещается в печь (AL - 450 градусов, чугун - 600 градусов), после чего охлаждается.

2.2.8.9 Правка шатунов

Деформация - изгиб и скручивание.

Причины: неправильная сборка, заклинивание поршней, неправильная правка. Индикаторы устанавливают на нуль по эталонному шатуну. Параллельность осей на автозаводе получают одновременной расточкой верхних и нижних головок.

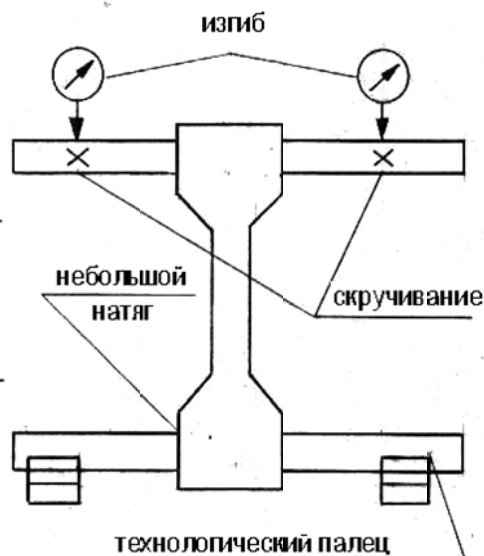


Рисунок 2.21 Определение деформаций шатуна индикаторным приспособлением

Промышленность выпускает для контроля и правки шатунов индикаторное приспособление. К приспособлению прилагаются рычаги для правки. Нижнюю головку шатуна крепят в слесарных тисках и рычагами правят шатуны, контролируя правку индикаторами. Перечень работ:

- 1) проверка;
- 2) двойная правка;
- 3) термофиксация (400-500 градусов, время выдержки 0,5...1 ч.)

Если проверяемые шатуны надеваются на технологические пальцы, править их не нужно.

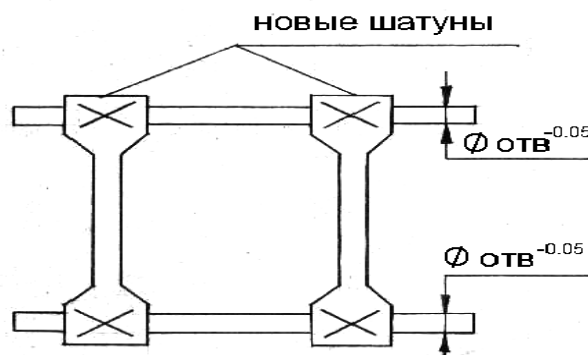


Рисунок 2.22 Приспособление, для контроля шатунов

2.2.9. Восстановление рессор методом высокотемпературной термомеханической обработки

2.2.9.1 Сущность метода заключается в пластической деформации металла при температуре выше верхней критической точки АСЗ с немедленным охлаждением, чтобы предотвратить развитие рекристаллизации, затем отпуск.

2.2.9.2 Технология (для стали СТ55С2 и 50ХГА):

- 1) нагрев - 950...970 градусов; 900...920 градусов;
- 2) прокатка со степенью обжатия 15 %;
- 3) закалка в масле;
- 4) отпуск (300, 400 градусов - 1 час, 460 градусов - 30 минут).

Механическая прочность превышает прочность новых листов (если нет усталостных трещин). Повышение прочности происходит в результате измельчения структуры, увеличения плотности дефектов кристаллической решетки (дислокаций) и выделения в мартенсите большого количества включений, препятствующих движению и перераспределению дислокаций.

2.2.9.3 Специальный цех по ремонту рессор:

- отделение наружной мойки;
- разборо-моечное отделение;
- дефектовочное отделение;
- отделение нормализации и механических работ;
- сортировочный участок;
- участок термомеханической обработки;
- участок изготовления коренных и подкоренных листов;
- участок сборки, окраски и сушки;
- участок по изготовлению и ремонту деталей крепления рессор.

Для термомеханической обработки листов рессор применяется оборудование: закалочная газовая конвейерная печь, прокатный стан, гибочно-закалочная машина со сменными штампами, газовая конвейерная печь для отпуска.

2.2.9.4 Долговечность работы рессор в 2...2,5 раза больше, чем после обычных способов ремонта. ВТМО позволяет вернуть в строй 60...70% легированной рессорной стали.

2.2.10 Поверхностное пластическое деформирование металла (ППД)

2.2.10.1 Наибольшее распространение в ремонтной практике получили: обкатка (раскатка) шариками (роликами), выглаживание, дробеструйная обработка.

Наклеп повышает твердость поверхностного слоя и создает в нем благоприятные сжимающие остаточные напряжения. Благодаря ППД повышается усталостная прочность деталей и их износостойкость. Следует отметить и другие преимущества: малая трудоемкость, простота технологии (не требуются значительные затраты на оборудование и оснастку), возможность упрочнения деталей любой формы и размеров, возможность варьирования глубины упрочнения.

2.2.10.2 В ремонтном производстве нашли широкое использование совмещенные методы обработки восстанавливаемых поверхностей деталей: наплавка, железнение; расточка и раскатывание, расточка и калибрование и др.

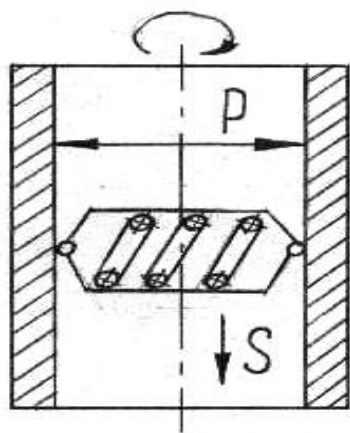


Рисунок 2.23 Упрочнение, отделка шариковыми раскатниками (втулок из медных сплавов, зеркала цилиндра и др.)

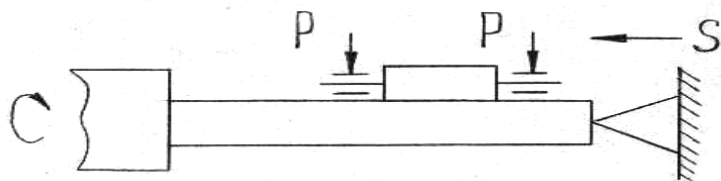


Рисунок 2.24 Калибрование, отделка роликовыми обкатниками наружных цилиндрических поверхностей (шеек валов)

Режим обработки: усилие прижатия шариков (роликов) - 50...200 кгс; скорость движения - 150...450 м/мин; продольная подача - 0,06...0,08 мм/об; припуск на раскатку - 0,03...0,06 мм; глубина наклепанного слоя - 0,05...0,15 мм; числа проходов - 1...3.

2.2.10.3 Ротационная обработка может также производиться непрерывным вибрационным и ударным способом. После ротационного упрочнения уменьшается шероховатость поверхности до $Ra = 0,32...0,16$ мкм, твердость обработанной поверхности увеличивается на 30...80 %, а усталостная прочность деталей повышается на 50...100 %.

Контрольные вопросы:

1. Ремонт деталей индивидуальным методом?
2. Способ ремонтных размеров?
3. Восстановление деталей способом постановки дополнительной ремонтной детали?
4. Восстановление деталей способом замены части детали?
5. Восстановление деталей способом изменения положения рабочих поверхностей?
6. Исправление коробления базовых деталей (на примере блока цилиндров)?
7. Основные правила базирования деталей при ремонте?
8. Какие факторы влияют на технологию ремонта деталей давлением?
9. Восстановление деталей осадкой?
10. Восстановление деталей вдавливанием?
11. Восстановление деталей раздачей?
12. Восстановление деталей обжатием?
13. Правка деталей под прессом, недостатки?
14. Способы стабилизации правки?
15. Ротационная обработка?
16. Восстановление упругости рессор?

3 Методы ремонта сваркой

3.1 Восстановление автомобильных деталей электродной ручной сваркой

3.1.1 Сварочная дуга может питаться как от постоянного тока, так и от переменного тока.

Положительные стороны сварки на постоянном токе:

- высокая устойчивость дуги;
- возможно применять сварку по методу Бенардоса (угольным электродом). Сваривают низкоплавкие металлы, например, свинцовые перемычки аккумуляторных батарей;
- имеется возможность регулирования режима сварки путем изменения полярности (если к деталям подключается «+», выделяется на детали 43 % тепла; если «-» (обратная полярность) - 36 % тепла);
- независимость сварочного поста от электросети, если у сварочного агрегата ДВС;
- возможно вести сварку необмазанным (с меловой обмазкой) электродом.

Отрицательные стороны сварки на постоянном токе:

- низкий КПД сварочного агрегата;
- высокий расход электроэнергии: 3,5...4 кВт/ч на 1 кг расплавленного металла при сварке переменным током; 4,6 кВт/ч - постоянным током;
- дорогое обслуживание и ремонт агрегата;
- большой вес и габариты.

3.1.2 *Источники питания сварочной дуги:*

- сварочные преобразователи постоянного тока (состоят из генератора и приводного электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания);
- выпрямители;
- трансформаторы переменного тока.

3.1.2.1 *Применяются генераторы нескольких типов. С независимым возбуждением с размагничивающей последовательной обмоткой, самовозбуждение с размагничивающей последовательной обмоткой и расцепленными полюсами.*

Генераторы ГСО-120, ГСО-500, и др. с независимым возбуждением (питаются от сети через стабилизатор напряжения и выпрямительный блок) имеют падающую внешнюю характеристику, входят в состав преобразователей ПСО-120, ПСО-500 и др. Генератор ГСО-300, СГП и др. с самовозбуждением также обеспечивают падающую внешнюю характеристику, входят в состав сварочных агрегатов АСДП-500 с приводом от дизеля и ПАС-500 с проводом от бензинового двигателя.

Для автоматической и полуавтоматической сварки в защитных газах необходимы генераторы с жесткой или возрастающей внешней характеристикой, это генераторы ГСГ-350 и ГСГ-500, входящие в состав преобразователей ПСГ-350 и ПСГ-500-1 (в генераторах предусмотрены две обмотки возбуждения: одна независимая, другая последовательная, подмагничивающая).

Для ручной дуговой сварки в среде углекислого газа разработаны универсальные преобразователи типа ПСУ, генератор которого имеет как падающие, так и жесткие внешние характеристики (преобразователи ПСУ-300, ПСУ-500).

3.1.2.2 Вместо сварочных преобразователей нередко для сварки используют *выпрямители тока*, состоящие из понижающего трансформатора и блока селеновых или кремниевых выпрямителей. Крутопадающая внешняя характеристика выпрямителя и регулирование сварочного тока обеспечиваются *дросселем* насыщения, включенным между трансформатором и выпрямительным блоком. В зависимости от внешних характеристик сварочные выпрямители бывают с крутопадающими характеристиками (ВСС-300-3, ВСС-120-4 и др.), жесткими пологопадающими характеристиками (ВС-200, ВС-300, ВС-600 и др.) и универсальные (ВСУ-300, ВСУ-500). Универсальные выпрямители позволяют получение как жестких, так и падающих внешних характеристик. Последняя цифра в марке выпрямителя означает номинальный ток при ПР = 60...65 % (ПР-относительная продолжительность работы; источник питания во время паузы не отключается от сети). Масса сварочных выпрямителей колеблется в пределах 160...385 кг. КПД - 68...82 % в зависимости от конструкции мощности. Выпрямители ВС-300, ВС-500, ВДГ-301 питаются от сети 380 В, остальные - 220 и 380 В.

Достоинством выпрямителей перед преобразователями является отсутствие вращающихся частей, простота в обслуживании, лучшие энергические, динамические, массовые показатели, более высокий КПД. Селеновые применяются только в помещениях (обладают малой надежностью при работе в условиях повышенной влажности).

3.1.2.3 Оборудование для сварки переменным током. Каждый сварочный аппарат состоит из понижающего трансформатора и устройства для создания падающей внешней характеристики - дросселя (регулятора тока), подвижного магнитного шунта или подвижной обмотки. Трансформатор обеспечивает питание дуги переменным током напряжением 60...70 В.

Трансформаторы СТЭ-24-У и СТЭ-34-У имеют *отдельный дроссель*. Сердечник дросселя состоит из двух частей: неподвижной и подвижной. Вращением рукоятки подвижной части можно менять расстояние между двумя частями сердечника и регулировать электромагнитную индукцию, направляя ее против ЭДС трансформатора, и тем самым - сварочный ток.

В сварочном аппарате с *встроенным дросселем* (СТН-350, СТН-500 и др.) магнитопровод трансформатора имеет основной сердечник с первичной и вторичной обмотками и добавочный сердечник с обмоткой дросселя. Добавочный магнитопровод расположен над основным и состоит из неподвижной и подвижной частей, позволяющей при помощи винта изменять воздушный зазор и тем самым регулировать сварочный ток.

В аппаратах типов СТАН и СТН электромагнитная схема с увеличенным магнитным рассеянием и подвижным магнитным шунтом. Реактивная, первичная и вторичная обмотки расположены на одном замкнутом магнитопроводе. Между обмотками находится шунт, замыкающий магнитные потоки, создаваемые первичной и реактивной обмотками. При этом образуются магнитные потоки рассеяния, которые создают значительные индуктивные сопротивления, обеспечивающие падающую внешнюю характеристику трансформатора. Регулирование сварочного тока производится перемещением магнитного потока.

В сварочных аппаратах с увеличенным магнитным рассеянием и *подвижной обмоткой* (ТС, ТСК, ТД) трансформатор снабжен магнитопроводом, на обоих стержнях которого расположены по две катушки. Одна катушка имеет первичную обмотку, другая - вторичную. Сварочный ток регулируется изменением расстояния между первичными и вторичными обмотками винтовой парой.

3.1.2.4 Как отмечалось выше, сварка постоянным током обеспечивает более устойчивое горение дуги. Однако при сварке переменным током также можно получить хорошие результаты, используя компоненты электродного покрытия, стабилизирующие дугу. Сравнение технико-экономических показателей говорит в пользу сварочных аппаратов переменного тока.

Таблица 3.1 – Техничко-экономические показатели сварочных аппаратов

Показатели	Сварочный аппарат	
	Постоянного тока	Переменного тока
1. Удельный расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла, кВт-ч	4,6	3,5...4
2. Относительная стоимость энергии, %	100	50...60
3. Стоимость оборудования, %	100	20...30
4. Стоимость ухода и обслуживания, % от стоимости оборудования	6	3
5. Мощность холостого хода, кВт	2...3	0,2
6. Средний КПД	0,3...0,6	0,8...0,85
7. Средний коэффициент мощности	0,6...0,7	0,3...0,4
8. Средний коэффициент использования оборудования	0,4...0,8	0,4...0,8
9. Площадь одного поста, м ²	4,5...4,6	1,5

Таблица 3.2 – Технические характеристики преобразователей (примеры)

Параметр	ПСО-120	ПСО-300	ПСГ-500	ПСУ-500	
				падающая	жесткая
1. Номинальный сварочный ток, А (при ПР=65 %)	120	300	500	350	500
2. Номинальное напряжение, В	25	30	35	25...40	15...40
3. Пределы регулирования, А	30...120	75...320	50...500	50...300	100...500
4. Мощность электродвигателя, кВт	4	14	30	30	30
5. Напряжение холостого хода, В	48...65	55...80	15...40		
6. Внешняя вольтамперная характеристика	падающая	круто падающая	жесткая	падающая	жесткая

3.1.2.5 *Осцилляторы.* Используются для повышения устойчивости дуги при сварке дугой малой мощности, при аргонодуговой сварке, при падении напряжения в сети. Подключаются параллельно сварочному трансформатору. Параметры: N=100...250 Вт, u=2000...3000 В, v=150000...260000 Гц.

3.1.3 *Электроды для дуговой сварки стальных деталей*

3.1.3.1 *Присадочные проволоки,* применяемые при сварке, имеют 77 марок диаметром 0,3...12 мм. Например: Св-08А, Св-08Г2С, Св-30ХГСА и др. В ГОСТ 10543-98 указаны марки проволок диаметром от 0,3 до 8,0 мм, применяемых для наплавки: Нп-50, Нп-65 Г, Нп-30ХГСА и др. Кроме тянутой проволоки, для сварки и наплавки используется порошковая проволока (ПП-АН1, ПП-АН7, ПП-200Х10Г80 и др.). В соответствии с ГОСТ 9466-75 электроды предназначены для сварки:

- углеродистых и конструкционных легированных сталей;
- легированных теплоустойчивых сталей;
- для высоколегированных сталей с особыми свойствами;
- для наплавки.

3.1.3.2 *Для сварки электродом:*

1. Для конструкционных сталей применяются электроды типов:

- Э-34, Э-42, Э-42А, Э-46, Э-46А - для низкоуглеродистых сталей;
- Э-50, Э-50А, Э-55 - для среднеуглеродистых и низколегированных сталей;
- Э-60, Э-60А, Э-70, Э-85, Э-100, Э-120, Э-145 - для легированных сталей повышенной прочности.

Цифра означает предел прочности σ_b , кгс/мм².

2. Для сварки теплоустойчивых сталей: Э-М; Э-МХ, Э-ХМ, Э-ХМФ, Э-ХМФБ, Э-Х2МФБ и Э-Х5МФ. Буквы обозначают легирующие химические элементы (хром, молибден, ванадий, бор). Каждому типу электрода соответствует несколько *марок*, например: Э-42 (ОММ-5, СМ-5, ЦМ-7, КПЗ-32Р, УНЛ-1, АНО-6, АНО-5, АНО-1, ОМА-2, ВСП-1, ВСЦ-2).

3.1.3.3 При сварке электродом благодаря *покрытию* образуется шлак, оказывающий влияние на качество сварочного соединения, технологические характеристики и химический состав металла шва. Покрытия электродов имеют обозначения: А - кислые; Б - основные; Р - рутиловые; Ц - целлюлозные; П - прочие. Толщина покрытия - 0,5...1,5 мм.

А - кислые покрытия имеют окислительный характер; не рекомендуются для сварки легированных сталей и углеродистых ($C > 0,30\%$) закаливающихся (образуются горячие трещины из-за наводороживания металла). Металл СВ 08, СВ 08А + «А»- состав соответствует кипящей стали. Металл при сварке электродом с покрытием «А» разбрызгивается. Покрытия «А» токсичны (много выделяется марганцовистых соединений).

Преимущества:

- малая чувствительность к образованию пор при наличии на поверхности детали ржавчины, окалины;
- стабильное горение дуги при сварке переменным током во всех пространственных положениях;
- высокая производительность.

Р - рутиловые покрытия. Окислительная способность меньше, чем у покрытий «А». Состав наплавленного металла: (СВ 08, 08А + «Р») - полуспокойная сталь.

Преимущества:

- малое разбрызгивание;
- небольшая токсичность;
- металл шва обладает малой чувствительностью к образованию пор при колебаниях длины дуги при сварке по окисленным поверхностям.

Б - основные покрытия. Очень малая окислительная способность, чем обеспечивается высокой коэффициент перехода легирующих элементов в наплавленный металл. Существенное преимущество при сварке высоколегированных сталей. Металл мало насыщается водородом, что важно при сварке закаливающихся сталей. Высокая ударная вязкость (спокойная сталь).

Недостатки:

- образование пор при сварке ржавого металла, при увлажнении, при удлинении дуги;
- стабильность дуги хуже.

Сварку ведут короткой дугой на постоянном токе обратной полярности.

Ц - целлюлозные покрытия. Образуют много защитных газов. При сварке шов наводораживается и склонен к образованию трещин. Сваривают металл малой толщины; широко применяют в монтажных условиях.

Достоинства:

- стабильность дуги;
- сварка переменным током в любых пространственных положениях.

3.1.3.4 Пример полного обозначения электродов (ГОСТ 9466-75):

$$\text{Э46А} — \text{УОНИ} — 13/45 — 3,0 — \text{УД2 Е432(5)} — \text{Б10}, \quad (3.1)$$

где: Э - электрод для дуговой сварки; 46 - min гарантируемый предел прочности металла шва в кгс/мм² - 460 МПа; А - гарантируется получение повышенных пластичных свойств металла шва; УОНИ-13/45 - марка электрода; 3,0 - диаметр, мм; У - электроды для сварки углеродистых и низколегированных сталей; Д2 - с толстым покрытием второй группы; Е - электрод; 432(5) - установленная по ГОСТ 9467-75 группа индексов, указывающая характеристики наплавленного металла и металла шва; 43 - σ_b , не менее 430 Мпа; 2 - относительное удлинение (не менее 22 %); 5 - ударная вязкость не менее 34,5 Дж/см²; Б - основное покрытие; 1 - для сварки во всех пространственных положениях; 0 - на постоянном токе обратной полярности.

В ремонтной практике применяют в основном электроды диаметром 3...6 мм; длина ($d > 3$ мм) - 450 мм, длина ($d < 3$ мм) - 250...300 мм.

3.1.4 Режим сварки (примеры)

3.1.4.1 При сварке *стыковых* швов низколегированных сталей в нижнем положении режим рассчитывают в такой последовательности:

- 1) подбирают диаметр электрода в зависимости от толщины свариваемого металла

Таблица 3.3

Толщина, мм	1,5	2,0	3,0	4...5	6...8	9...12	13...15	16...20
Диаметр, мм	1,6	2,0	3,0	3...4	4,0	4...5	5,0	5...6

- 2) подбирают допустимую силу сварочного тока. Обычно пользуются эмпирическими зависимостями:

диаметр электрода - 4 и 5 мм: $J_{св} = (40...60) d_3$; для диаметров < 4 мм и > 5 мм: $J_{св} = d_3 (20 + 6 d_3)$.

При сварке вертикальных швов силу сварочного тока уменьшают на 10...15 %, а при сварке поточных - на 15...20 %.

3.1.4.2 При сварке *угловых* швов из низкоуглеродистой стали

Таблица 3.4

Катет шва, мм:	2	3	4	5	6...8
Диаметр, мм:	1,6...2,0	2,5...3,0	3...4	4,0	4...5

За один проход свариваются швы катетом не более 8 мм. При необходимости сваривать швы с большим катетом - за два или несколько подходов.

3.1.5 Подготовка деталей к сварке и наплавке. От этой операции во многом зависит качество сварки

3.1.5.1 Подготовка трещин:

- зачистить место трещины металлической щеткой;
- обозначить керном концы трещины. Если трудно точно установить, где заканчивается трещина, то накернить поверхность на расстоянии 50 мм от предполагаемых концов трещины в направлении ее распространения;
- чтобы трещина дальше не распространялась - просверлить концы трещины или отмеченные керном места сверлом диаметром 3 мм;
- обработать поврежденный участок вдоль трещины, чтобы вместо трещины получить прорезь шириной 1...2 мм при толщине материала менее 3 мм и V-образную (90...120°) сквозную канавку при толщине более 3 мм. Зазор между завариваемыми кромками по дну канавки должен быть около 1 мм;
- при заварке трещин в низколегированных и среднеродистых сталях необходимо ремонтируемый участок предварительно - нагреть газовой горелкой до температуры 150...200 С. Это снижает вероятность образования новых трещин.

3.1.5.2 Подготовка к сварке обломов. Если обломившийся участок сохранился, и он не имеет каких-либо дефектов, то после предварительной подготовки его приваривают к основной детали. Подготовка состоит в зачистке, разделке облома (как и трещины). Затем прикрепляют струбциной к детали и после выверки приваривают.

3.1.5.3 Подготовка к заварке резьбовых глубоких отверстий:

- 1) отверстие раззенковать на конус;
- 2) варить снизу вверх.

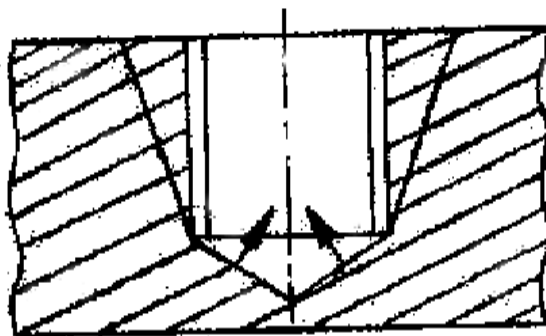


Рисунок 3.1 Подготовка к заварке резьбовых отверстий

3.2 Газовая сварка и наплавка стальных деталей

3.2.1 Для номинального протекания процесса сварки и наплавки необходимо, чтобы температура пламени была достаточно высокой и концентрировалась на небольшом участке; пламя восстанавливало окислы металлов, имеющиеся в расплавленном металле, и предохраняло шов от попадания в него кислорода и азота из воздуха; сварочное пламя не вызывало науглероживания и пористости шва.

Наиболее широко в ремонтной практике применяется ацетиленокислородная сварка для восстановления элементов кабин и кузовов, изготовленных из листовой малоуглеродной стали.

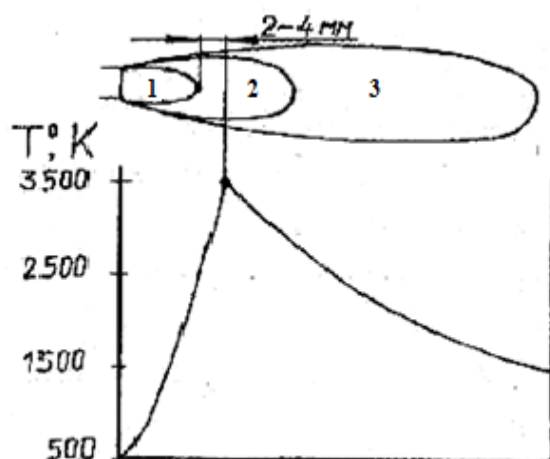


Рисунок 3.2 Зоны пламени горелки:

1 – ядро; 2 восстановительная зона ($C_2H_2 + O_2 = 2CO + H_2 + O_2$);
3 – факел ($2CO + H_2 + 1,5O_2 = 2CO_2 + H_2O + O_2$ (O_2 из воздуха))

В зависимости от соотношения кислорода и ацетилена, газовое пламя бывает 3-х видов:

- Нормальное. Имеет соотношение $O_2/C_2H_2 = 1,1-1,2$ (применяют для сварки малоуглеродистой стали, меди, никеля, Al, Mg, Zn - в сочетании с флюсами).
- Науглероживающее. Ядро менее выраженное, а пламя приобретает красный оттенок. Соотношение $O_2/C_2H_2 < 1,1$ (применяют при сварке чугунов).
- Окислительное. Ядро уменьшенное в размере с голубоватым оттенком. Соотношение $O_2/C_2H_2 > 1,3$ (применяют для сварки латуни).

3.2.2 Оборудование для газовой сварки и наплавки: ацетиленовые генераторы, газовые баллоны, редукторы, сварочные горелки.

3.2.2.1 Ацетиленовые генераторы классифицируют: по давлению газа, характеру взаимодействия карбида с водой и способу применения. По давлению газа различают генераторы низкого давления (до 0,01 МПа), среднего (0,01...0,07 МПа) и высокого (0,07-0,15 МПа) давления. По способу получения газа генераторы бывают «карбид в воду» (КВ) и «вода в карбид» (ВК). $CaC_2 + 2H_2O = C_2H_2 + Ca(OH)_2$.

По способу применения существуют генераторы передвижные производительностью до 3 м³/ч ацетилена и стационарные - выше 3 м³/ч. Неотъемлемой частью каждого генератора являются - водяной затвор, предохранительное устройство, предотвращающее проникновение в генератор горячей ацетиленокислородной смеси («обратный удар»).

Таблица 3.5 – Ацетиленовые генераторы

Марка генератора	Производительность, м ³ /ч	Рабочее давление, МПа	Единовременная загрузка, кг
УСН-20-30	10	0,03...0,07	25
АСК-1	5	0,015...0,030	12...16
АНВ-1,25	1,25	до 0,0012	4...6
АСВ-1,25	1,25	0,01...0,07	3

3.2.2.2 В большинстве случаев для сварки используется C_2H_2 в баллонах, окрашенных в белый цвет, с надписью красными буквами «Ацетилен». По конструкции и размерам ацетиленовые

баллоны не отличаются от кислородных. Баллоны наполняют активированным углем, пропитанным ацетоном, в котором растворяют C_2H_2 под давлением 19 кгс/см². Если внутри баллона повышается температура, ацетон испаряется и температура снижается.

3.2.2.3 *Кислородный баллон.* Наибольшее распространение имеют баллоны вместимостью 40 л. Такой баллон при давлении 15 МПа вмещает 6 м³ кислорода. Масса баллона 67 кг. Кислородные баллоны имеют голубой цвет и надпись черными буквами «кислород».

3.2.2.4 Для снижения давления газа в баллоне до рабочего служат *газовые редукторы*. В зависимости от рода газа, для которого они предназначены, редукторы бывают кислородные (ДКП-1-65, БКО-3), ацетиленовые (ОАП-1-65), пропанобутановые (ДПП-1-65, БПО-5) и др.

Накидные гайки, при помощи которых редукторы навинчиваются на штуцеры вентиля, имеют различную резьбу: для кислорода (Ø26, 17мм) и углекислого газа правую, для других газов левую (Ø21,8 мм).

3.2.2.5 В ремонтной практике применяются, в основном, *горелки инжекторного типа*. Кислород поступает по центральной трубке под давлением 2...5 кгс/см² со скоростью 250...300 м/с; создает разрежение 80...300 мм рт.ст. в смесительной камере. Ацетилен, имеющий более низкое давление, засасывается из трубки через кольцевой канал инжектора (сопла). Далее газы через мундштук подаются для сварки. Группа деталей горелки, состоящая из смесительной трубки, накидной гайки и мундштука, называется наконечником. Горелка снабжается комплектом наконечников для сварки сталей различных толщин. Мундштуки изготовляют из хромистой бронзы БрХ-25, устойчивой против налипания брызг.

Таблица 3.6 – Наконечники горелок для ручной сварки. Горелка ГС-53 (средней мощности)

Наконечник	1	2	3	4	5	6	7
Толщина свариваемой стали, мм	0,5...1,5	1...2,5	2,5...4,0	4...4,7	7...11	10...18	17...30
Расход C_2H_2 , дм ³ /ч	50...125	25...240	50...400	400...700	700...1100	1050...1750	1700..2800

Некоторые горелки (ГСМ-53) имеют также наконечник №0, предназначенный для сварки стали толщиной 0,2...0,7 мм

Скорость истечения ацетилено-кислородной смеси - 50...170 м/с (при недостаточной - хлопки, обратные удары; большой - отрыв пламени).

3.2.2.6 Вместо ацетилена во многих случаях можно использовать более дешевый - пропан-бутан и другие горючие газы.

В отличие от ацетилена (3150°С) пропан-бутан дает невысокую температуру пламени (2043°С). Поэтому для сварки пропан-бутаном применяются специальные горелки (ГЗУ, ГЗМ), имеющие подогрев газа с целью поднятия температуры пламени (~ 300...330°С). В первом исполнении горелка ГЗУ-2-62 комплектуется однопламенными и мундштуками, предназначенными для сварки, пайки. Во втором исполнении горелка снабжена сетчатыми мундштуками (используются главным образом для подогрева).

ВНИИ АВТОГЕНМАШ предлагает для сварки пропан-бутаном обычные ацетиленовые горелки с рассверловкой мундштуков (№3 - до 2,2, №4 - до 2,5 мм и т.д.) и инжекторов (№3 - до 0,7 и №4 - до 0,95 и т.д.). Для повышения устойчивости пламени производится раззенковка отверстия в мундштуке зенкером диаметром 3,5...5,0 мм на глубину 3,5...5,0 мм в зависимости от номера наконечника.

3.2.2.7 Некоторые виды газопламенной обработки (подогрев крупногабаритных деталей под сварку и наплавку, правка, пайка и т.д.), связанные с нагревом до $t=1000...1100^{\circ}C$, могут производиться *керосинным или бензинокислородным пламенем*. Для этих целей выпускается горелка ГКР-1- 67, работающая по принципу распыления керосина кислородом с последующим испарением в мундштуке от самонагрева. Горелка комплектуется тремя однопламенными и двумя многопламенными (сетчатыми) мундштуками. Расход керосина 0,3...3,4 кг/ч. Бачок БГ-63 емкостью 5,3 л.

3.2.2.8 *Кислородно-ацетиленовый резак.* Газовая резка основана на горении в струе кислорода металла, нагретого до высокой температуры. Для нагрева металла используется пламя ацетилено-кислородной смеси, поступающей через кольцевую щель мундштука. Кислород, сжигающий металл, поступает по дополнительной трубке (давление 0,2...0,8 МПа). Для кислородно-ацетиленовой резки используются резаки «Маяк», «Факел» и др. При использовании малокалорийных газов резка производится резаками РУЗ-70 и РУА-70, имеющими увеличенные каналы для горючей смеси.

3.2.3 *Горючие газы, используемые для сварочных работ*

3.2.3.1 *Ацетилен (C_2H_2)* - бесцветный горючий газ со специфическим запахом из-за наличия в нем примесей - фосфористого водорода, сероводорода и др. Ацетилен легче воздуха, его плотность по отношению к воздуху 0,9. При нормальном давлении и температуре - 84°C C_2H_2 переходит в жидкое состояние, а при - 85°C затвердевает. Ацетилен - газ взрывоопасный, причем он взрывается без присутствия кислорода. Температура самовоспламенения ацетилена колеблется в пределах 500...600°C при давлении 0,2 МПа. Если ацетилен растворен в ацетоне (в баллоне), то он взрывоопасен при давлении не менее 1,5 МПа. Наивысшая теплотворная способность - 12600 ккал/м³ (52920 Кдж/м³). Получают из CaC_2 (карбид кальция), а также пиролизом метана с кислородом: $CaO + 3C = CaC_2 + CO$ (получают CaC_2 в электропечах, спекая известь с коксом или антрацитом).

3.2.3.2 *Газы - заменители C_2H_2 .* Могут быть использованы газы, имеющие низшую теплотворную способность не менее 4000 ккал/м³ (исключение водород - 2400). Скорость распространения пламени в смеси кислородом: ацетилен - 13,5 м/с; водород - 9м/с; метан - 3,3 м/с; пропан-бутан - 3,8 м/с.

Таблица 3.7 – Область применения заменителей ацетилена

Вид газопламенной обработки	Водород	Природные газы	Пропан-бутан	Бензин	Керосин
1. Газовая сварка	+	+	+	+	+
2. Наплавка		+	+		
3. Пайка	+	+	+	+	+
4. Нагрев:					
- при поверхностной пламенной закалке		+	+	+	+
- при огневой плавке		+	+	+	+
- при поверхностной пламенной очистке		+	+	+	+
5. Резка	+	+	+	+	+

3.2.3.3. *Сжиженные газы (C_3H_8 , C_4H_{10}).* При $t=-40^\circ C$ даже при атмосферном давлении пропан-бутановая смесь превращается в жидкость. При испарении 1 кг жидкого пропана получается 0,535 м³ паров, бутана - 0,406 м³ паров. Плотность пропан-бутана по отношению к воздуху составляет ~1,5, поэтому очень важно следить за плотностью и герметичностью аппаратуры (в низких местах помещения может накапливаться взрывоопасная концентрация 2,2...9,5 %). Пропан-бутановое пламя менее концентрировано, чем ацетиленовое (меньше скорость, м/с; больше конус). Температура - 2043°C. Поступает газ к потребителю в баллонах с давлением 1.6 МПа.

3.2.4 *Восстановление стальных деталей сваркой*

3.2.4.1 Малоуглеродистые стали (до 0,25 % углерода) свариваются хорошо и свойства их от нагрева во время сварки не изменяются. По мере увеличения содержания углерода свариваемость стали кислородно-ацетиленовым пламенем ухудшается. Увеличивается выгорание углерода. Образующаяся окись углерода вызывает пористость наплавленного металла. Металл в зоне термического влияния приобретает структуру с более высокой твердостью и низкими пластическими свойствами, что повышает склонность к образованию трещин.

Незначительный избыток ацетилена или кислорода (в сравнении с нормальным пламенем) при сварке низкоуглеродистой стали влечет за собой значительное ухудшение качества сварного шва (шов хрупкий, пористый и малопрочный).

В качестве присадочного металла при сварке углеродистых сталей применяется стальная проволока марок св-08А, св-15А.

Кислородно-ацетиленовая сварка углеродистых сталей с повышенным содержанием углерода должна производиться по возможности быстро (углерод склонен к выгоранию, к тому же снижается температура плавления). Для ускорения сварки и для ослабления деформаций желательно место сварки предварительно подогревать до 600...650°C.

Сварка высокоуглеродистых и низколегированных сталей имеет специфические особенности и является затруднительной, требует от сварщика опыта (возможны поры, трещины, посторонние включения и др.). Поэтому кислородно-ацетиленовую сварку в ремонтной практике целесообразно применять для сварки изделий из малоуглеродистых сталей, преимущественно тонколистных конструкций. Для газовой наплавки характерны те же особенности, что и для сварки.

3.2.4.2 Для равномерного нагрева кромок соединяемых деталей и равномерного распределения присадочного материала следует мундштук горелки двигать не только поступательно вдоль шва, но и перемещать его одновременно и поперек шва.

При сварке листов с отбортованными кромками горелка передвигается прямолинейно с небольшими колебаниями в стороны. При сварке стыковых соединений на деталях толщиной свыше 2 мм рекомендуется зигзагообразное движение горелки. При сварке тонких деталей следует избегать отвода пламени в сторону, так как расплавленный металл входит в соприкосновение с кислородом воздуха и окисляется. Для сварки толстых деталей (более 5 мм) применяется передвижение по спирали. Продольное движение горелки может быть правое или левое.

Способ левой сварки заключается в том, что горелка движется справа налево, пламя ее направляется в сторону несваренного участка и конец присадочной проволоки находится впереди мундштука. Левая сварка применяется для металла малой толщины (< или = 4...5 мм), так как при ней металл шва менее подвержен перегреву.

Правая сварка применяется для более толстых материалов. При правой сварке горелка движется слева направо, пламя ее направляется в сторону сваренного участка и конец присадочной проволоки находится позади мундштука.

В этом случае лучше используется тепло пламени, расплавленный металл шва до конца защищен восстановительной зоной пламени, а, только что образовавшийся сварной шов медленно остывает. Это благоприятствует получению более качественного шва.

Независимо от способа сварки нагрев следует вести, не отрывая пламени горелки от расплавленного металла. При окончании сварки или в случае перерыва в наложении шва горелка отводится медленно вверх с подогревом окружающего металла, чтобы избежать резких температурных изменений, приводящих к появлению трещин. При сварке деталей разной толщины пламя горелки необходимо направлять на более толстую. В процессе сварки шов получает большую хрупкость, чем основной металл, поэтому во избежание образования трещин следует избегать повторных нагревов сварного шва.

3.2.4.3 *Пример ремонта деталей кислородно-ацетиленовой сваркой.* Восстанавливаются преимущественно элементы кабины и кузовов, изготовленные из листовой малоуглеродистой стали.

Ремонтируемое место должно быть подготовлено к сварке. Трещины, разрывы и пробоины, например, панелей пола кабины, выравнивают, очищают от грязи, масла и ржавчины. Кромки трещин прихватываются с шагами между точками 50...70 мм, затем их еще раз выпрямляют, и кромки заворачивают. Если трещины образовались в местах, испытывающих значительные нагрузки, то поврежденный участок вырезают или просверливают концы трещины сверлом диаметром 3 мм и готовят накладку с учетом перекрытия трещины на 15...20 мм с каждой стороны после чего накладку приваривают. При наличии разрывов и пробоин панелей выравнивают, очищают свариваемые места от грязи, окислов и т.д., приваривают накладку (дополнительную ремонтную деталь) по всему периметру.

Наиболее часто применяют проволоку св-08, очищенную от следов ржавчины, окалины и всяких загрязнений. Диаметр проволоки должен выбираться от толщины листа: для левой сварки половина толщины листа +1 мм, для правой – половина толщины листа +2 мм.

3.2.4.4 *Восстановление стальных деталей газовой наплавкой.* Газопламенная наплавка также позволяет восстанавливать изношенные детали автомобиля. Восстанавливаются, например, изношенные кулачки распределительного вала. При большом износе кулачков вершину кулачка наплавляют сплавом сормайт №1, используя в качестве флюса смесь, состоящую из 50 % буры (Na₂B₄O₇),

47 % соды (Na_2CO_3) и 3 % кремнезема. После наплавки кулачки шлифуются на электро-шлифовальной машинке И-54А, окончательно - на копирующе-шлифовальном станке.

Наплавкой сплава сормайт №1 восстанавливают изношенную сферическую поверхность рычага нажимного диска сцепления, изготовленного из стали 35 и цианированного на глубину 0,15...0,30 мм ($\text{HRC}=56...62$). После наплавки производится шлифование сферической поверхности по шаблону.

Этим же сплавом можно восстанавливать лапки вилки переключения передачи и заднего хода. Вилки изготовлены из стали 10 и цементированы на глубину 0,3...0,5 мм ($\text{HRC}=55...62$).

В ремонтной практике для наплавки деталей используют также металлические порошки. Установка УПН-8-68 предназначена для газопламенного напыления твердосплавных самофлюсующихся порошков с последующим оплавлением покрытия, а также таких материалов как окись алюминия, ни-хром и др. с температурой плавления до 2000 °С. В кислородно-ацетиленовое пламя аппарата из порошкового питателя (объем 2л) непрерывно вдувается смесь кислорода с порошком. Частицы порошка, пролетая через пламя, нагреваются и, попадая на специально подготовленную поверхность, образуют слой покрытия.

Ацетилено-воздушная установка УГПЛ предназначена для ручного нанесения покрытий из порошков цинка, термопластов (ПФН-12, ТПФ-37) и др. материалов с температурой плавления не более 800 °С на металлические поверхности. Применяется, например, при ремонте кузова, наносятся термопласты на рихтованные панели, предварительно подогретые ацетиленовоздушной горелкой до 600...650 °С.

Вместо ацетилена при выполнении сварочных и наплавочных работ во многих случаях можно использовать пропан-бутановую смесь и другие горючие газы.

3.3 Сварка и наплавка чугунных деталей

3.3.1. Чугун широко применяется в автостроении (содержит 2,6...3,7% углерода).

3.3.1.1 Положительные стороны:

- простая и дешевая технология изготовления чугунных деталей;
- хорошие литейные свойства;
- высокая износостойкость;
- меньшая, чем у стали, чувствительность к концентраторам напряжений, приводящая к быстрому гашению вибрационных нагрузок;
- хорошая обрабатываемость режущим инструментом.

3.3.1.2 Недостатки:

- низкая прочность (в сравнении со сталью);
- практически полное отсутствие пластичности;
- обладает плохой технологической свариваемостью (так как нагрев и охлаждение в процессе сварки могут сильно изменить структуру металла шва и околошовной зоны).

3.3.1.3 Как известно, в чугуне углерод существует в виде графита и цементита (Fe_3C). Чугун с цементитом (белый чугун) имеет очень высокую твердость и плохо обрабатывается. Появление этой структуры после сварки крайне нежелательно (чем больше процент, тем ниже качество сварки). Графитизация или отбеливание чугуна зависит от его химического состава и скорости охлаждения. Отбеливанию чугуна способствует содержание в нем марганца, ванадия, молибдена, серы, а графитизации - кремния, никеля, углерода.

3.3.1.4 Из серого чугуна (СЧ-15, СЧ-18, СЧ-21, СЧ-24) изготавливают: гильзы цилиндров, тормозные барабаны, ведущие диски сцепления, картеры и крышки коробок передач, блоки цилиндров двигателя и компрессора, маховики, картеры сцеплений, главный и колесные тормозные цилиндры, впускные и выпускные трубопроводы, корпуса жидкостных и масляных насосов и др. детали.

3.3.2 Особенности сварки деталей из серого чугуна

3.3.2.1 Структурные изменения. При расплавлении чугуна весь углерод (свободный графит) переходит в связанное состояние, в цементит (Fe_3C). При охлаждении часть Fe_3C распадается на железо (Fe) и графит (C). При наличии кремния (Si) и углерода до 4% практически весь Fe_3C переходит в графит, а при наличии кремния менее 0,8% распад цементита почти полностью приостанавливается. Этим определяется химический состав присадочных прутков «А» и «Б» для газовой сварки. Химсостав прутка «Б»: С - 3...3,5%; Si - 3,5...4%; Mn - 0,5...0,8%; Ni не более 0,04%; S не более 0,05%; P - 0,3...0,5%. Для горячей сварки (деталь, например блок цилиндров, подогревается в электропечи до 600...650 °С)

применяют прутки марки «А» (отличается от прутка «Б» меньшим содержанием кремния - 3,0...3,4%). Примерно таким же химсоставом обладают компрессионные кольца поршней, которые иногда используют в транспортных предприятиях как заменители прутков «А» и «Б». После сварки для графитизации должно быть очень медленное охлаждение детали (вместе с печью, в термостате, используют и др. приемы: помещают в сухой песок, накрывают листами асбеста).

3.3.2.2. Чугун склонен к значительным усадкам. При быстром охлаждении компоненты чугуна, имеющие различную усадку и плотность, вызывают в металле внутренние напряжения (образуются трещины). Вывод: необходимо деталь медленно охлаждать.

3.3.2.3 Чугун быстро переходит из жидкого состояния в твердое (у стали, есть промежуточное состояние - пластичное, у чугуна - нет). Если имеющиеся в металле газы не успевают выделиться из него, то шов получается пористым (газовыделение происходит вследствие окисления углерода с образованием его окиси). Вывод: сварку чугуна ведут с образованием большой ванночки расплавленного металла, минимум 2 см³.

3.3.2.4 Вследствие жидкотекучести чугуна сварку с образованием большой ванночки расплавленного металла можно производить только в нижнем положении.

3.3.2.5 В процессе сварки чугуна образуются тугоплавкие окислы кремния и других элементов, тогда как сам чугун плавится при температуре 1250...1260°C. Эти окислы, образуя на поверхности сварочной ванны твердую окисную пленку, могут привести к образованию непроваров. Вывод: для удаления окислов из сварочной ванны должны применяться сварочные флюсы.

3.3.2.6 Выпускается несколько марок:

- 1) бура ($\text{Na}_3\text{B}_4\text{O}_7$) - 100%;
- 2) бура- 56%, Na_2CO_3 - 22%, K_2CO_3 - 22%;
- 3) бура- 50%, NaHCO_3 - 47%, SiO_2 - 3% и др.

3.3.2.7 Учитывая, что при сварке часть С и Si выгорает, присадочные материалы должны иметь повышенное содержание этих компонентов. Марганца должно быть не более 0,8% (небольшое количество необходимо для удаления серы из сварочной ванны).

3.3.3 Подготовка чугунных деталей к сварке

Для получения качественных сварных соединений на чугунных деталях тщательная подготовка их под сварку имеет большое значение:

1) необходимо выявить границы распространения дефектных участков и установить форму разделки. При обнаружении трещин следует произвести засверловку их концов (диаметр сверла 3мм);

2) удаление дефектных участков производится механическими способами: фрезерованием, сверловкой, вырубкой зубилом и т. п.;

3) поверхность детали, прилегающая к месту сварки, на 10...20 мм вокруг него зачищается абразивным кругом или щеткой до металлического блеска;

4) разделка кромок трещин и других дефектных участков производится путем снятия фасок вдоль края. При трещине стенки до 15 мм делается V- образная разделка кромок с общим углом 60...70°C; при толщине свыше 15 мм - двухсторонняя X- образная разделка с тем же углом раскрытия.

5) на подготовленных к сварке поверхностях не должно быть масла, керосина, влаги и других загрязнений, поскольку это может привести к образованию газовых включений в металле шва;

6) сквозные отверстия, отбитые части чугунных деталей могут быть восстановлены посредством приварки чугунных или стальных вставок. Вставки тщательно подгоняются по месту дефекта с равномерным зазором, а их кромки и кромка основного металла разделяются, как указано ранее (см. п.4);

7) некоторые обломы (например, фланцев крепления картера сцепления или нижнего картера и др.) могут устраняться наплавкой металла на место обломов. Поврежденное место может быть подготовлено к наплавке формовкой: место наплавки формируют при помощи графитовых пластинок, скрепленных формовочной массой, состоящей из кварцевого песка и жидкого стекла (канцелярский клей). Сушку формовки производят при температуре 60...120°C с последующим повышением со скоростью 120...150 град/ч до 600...650°C;

8) блоки, имеющие пробоины рубашки охлаждения и картера, не захватывающие масляный канал, площадью менее 200 мм², могут быть восстановлены постановкой накладки, привариваемой впотай (фрезеруется в стенке детали площадка) или внахлестку. Края пробоины должны обрабатываться так, чтобы она не имела острых углов, приводящих к концентрации напряжений;

9) горячая сварка является радикальным способом предотвращения отбеливания шва и около

шовной зоны, образования пор и трещин, может обеспечить прочность шва, равноценную прочности основного металла. И хотя процесс трудоемкий и дорогостоящий, без него порой не обойтись, особенно при сварке картерных, сложных по конфигурации деталей. Рассмотрим подготовку к сварке на примере картера сцепления (сколы лапок крепления). Картер нагревают предварительно в электропечи до температуры 200...250°C в течение 20...25 минут, затем доводят температуру картера до 600...650°C с выдержкой при этой температуре в течение 20...25 минут. Установив нагретый картер на сварочный стол, его закрывают теплоизоляционным чехлом, оставив открытыми лишь места, подлежащие сварке. Во время сварки температура картера не должна снижаться ниже 400°C. Заваренный картер снова помещают в печь и нагревают до 600...650°C. Охлаждение производят вместе с печью. Наплывы металла зачищают заподлицо с основным металлом.

3.3.4 Газовая сварка чугунных деталей

Таблица 3.8 – Режимы газовой сварки чугуна

Параметр	Толщина металла, мм				
	2...3	4...5	6...7	8...10	11...14
Номер наконечника	1,2	2,3	3,4,5	4,5,6	5,6,7
Расход газа, дм ³ /ч	200...300	400...550	600...760	800...110	1100...1550

3.3.4.1 Сварочные горелки выбирают так, чтобы обеспечивался расход ацетилена 100...200 дм³/ч на 1мм толщины металла (см. таблицу 3.6.). Пламя нормальное или с небольшим избытком ацетилена. Флюс (см. 3.3.2.5.) вносят погружением в него нагретого прутка. Флюсы перед применением рекомендуется прокалить (400°C).

3.3.4.2 Для сварки чугунов применяют присадочные прутки марок «А» и «Б» (см. 3.3.2.1.), а также прутки НЧ-1, НЧ-2 диаметром 4,6,8,10,12 мм. Отличаются от «А» и «Б» наличием никеля (0,03...0,06%). Например, при сварке картера сцепления (см. 3.3.3.) применяют присадочный чугунный прутки диаметром 6мм. Для износостойкой наплавки применяют прутки «БЧ» и «ХЧ» (Cr - 1,2...2,0%). Для горячей сварки можно использовать порошковую проволоку ППЧ-3 (C - 4,5...5,0%; Si- 3,3...4,0%; Al - 0,1...0,3%; Ti -0,1...0,3%).

3.3.4.3 При ремонте, например, картера сцепления (см. 3.3.3.) после охлаждения детали вместе с печью наплывы металла зачищают электрошлифовальной машинкой заподлицо с основным металлом. При ремонте трещины на впускном трубопроводе (требуется обеспечить герметичность) шов должен выступать над поверхностью детали на 1,0...1,5 мм. После визуального осмотра очищенного шва производится гидравлическое испытание шва под давлением 0,3...0,4 МПа.

3.3.4.4 При заварке трещины в тонкой стенке рубашки охлаждения двигателя может быть применена высокотемпературная пайка припоями на основе меди (ПМЦ-54, Л-62 и др.). Трудность пайки чугуна связана, прежде всего, с наличием в нем графита или цементита. Поэтому рекомендуются фторидно-боридные флюсы ПВ-209 и ПВ-284, растворяющие графит и обеспечивающие хорошее смачивание припоем соединяемых кромок изделия (иногда графит удаляют выжиганием окислительным пламенем). Пайка чугуна должна производиться при 897...900°C, так как при дальнейшем повышении температуры начинается отбеливание чугуна.

3.3.5 Электродуговая сварка деталей из серого чугуна

3.3.5.1 Для горячей сварки чугуна с нагревом до 600...650 °C используются *чугунные электроды* (ОМЧ-1, ВЧ-3 и др.). Например: электрод ОМЧ-1 (стержень - прутки из чугуна «Б»); толщина покрытия - 1 мм: мрамор или мел – 25 % (для ионизации); полевой шпат – 25 % (шлакообразование); графит – 41 % (обеспечивает распад цементита); ферромарганец – 9 % (раскислитель) и жидкое стекло к сумме сухих компонентов - 30...35 % (связующее).

При сварке чугунными электродами для обеспечения желаемой графитизации шва необходимо поддерживать сварочную ванну с объемом расплавленного металла не менее 2...3 см³. При сварке тонкостенных деталей такую ванну поддерживать не всегда возможно, поэтому чугунные электроды по-

чти не применяются. Горячая сварка чугуна осуществляется силой тока $J_{CB}=(60...100)d_{\text{э}}$. Сварка производится без перерывов до конца заварки дефекта. Поскольку сварка производится при температуре 600...650 °С, электродержатель должен иметь защитный щит, предохраняющий руку сварщика от ожогов. Обычно стальной стержень электродержателя приваривается (прихватывается) к чугунному электроду для обеспечения хорошего контакта.

Иногда достаточно, чтобы шов был без особой прочности (герметичен или хорошо обрабатывался). В этом случае можно применить полугорячую сварку (с предварительным подогревом до 400 °С) прутком из никелевого чугуна - нирезиста или никросилала. Например: «ЭМЧ»: пруток из никросилала (С - 2,0...2,3%; Ni - 19...22%; Si - 5,2...6,4%; Mn - 0,5%; остальное - железо), покрытие - двухслойное.

Горячая сварка чугуна может производиться так же угольным электродом с использованием в качестве присадочного материала чугунных прутков (А, Б, НЧ-1, НЧ-2) и флюса - бура.

3.3.5.2 *Электроды на основе меди и никеля* применяются для холодной сварки чугуна. Медь и никель не образуют с углеродом химических соединений. Кроме того, пластичность шва металла снижает вероятность образования трещин.

1) *Электрод марки ОЗЧ-1 с медным* (красная медь М-2, М-3) *стержнем* диаметром 4...5 мм и покрытием УОНИ-13/45 содержит медь и железный порошок в равных соотношениях. Электроды ОЗЧ-1 получили наиболее широкое применение при холодной сварке чугуна. При сварке чугуна медно-железным электродом не следует допускать сильного разогрева основного металла. Ток должен быть минимально возможным, шов - коротким в разброс с перерывом для охлаждения свариваемой детали. Медно-железный шов можно проковывать в горячем состоянии, чтобы уменьшить уровень сварочных напряжений. Проковка позволяет снизить вероятность образования трещин в околошовной зоне. При сварке медно-железным электродом получается неоднородный металл шва. Причина неоднородности: наличие мягкой сердцевины и твердых включений карбида железа. Это затрудняет механическую обработку. Несколько лучшие результаты дает электрод АНЧ-1 с сердечником из стали марки Св-04х18 Н9 и медной оболочкой (покрытие - основное «Б»).

2) *Медно-никелевые электроды* (МНЧ-1, МНЧ-2). Для изготовления электрода используются медно-никелевые сплавы - монельметалл и константан. НМЖМЦ 28-2,5-1,5 содержит 65...75% Ni, 27...30 % Cu, 2...3 % Fe, 1,2...1,8 % Mn (МНЧ-1); сплав МНМЦ 40-1,5 – 60% Ni и 40% Cu (МНЧ-2). Электроды МНЧ-1 и МНЧ-2 имеют основное покрытие «Б».

Таблица 3.9 – Режимы дуговой сварки деталей из чугуна

Параметр	Толщина стенки, мм			
	2...3	3...5	5...8	8...12
Диаметр электрода, мм	2,5...3,0	3...4	3...4	4...5
Сила тока, А	60...90	90...150	140...190	160...230

Медно-никелевые электроды практически не дают твердых карбидных составляющих, поскольку, ни медь, ни никель не образуют с углеродом химического соединения. Частичное расплавление основного металла большого практического значения не имеет, так как и медь, и никель являются графитизаторами чугуна и, проникая в расплавленный металл, положительно влияют на него. К тому же медь и никель, обладающие неограниченной растворимостью, способствуют надежному сплавлению с чугуном. *Недостатки:* высокая стоимость электродов и большая усадка расплавленного металла при кристаллизации (могут быть горячие трещины). По этой причине сварку медноникелевыми электродами не рекомендуют для заварки трещин. В горячем состоянии наплавленный металл необходимо проковывать ударами легкого молотка. Валики наносятся короткими участками при возвратно-поступательном движении электрода с перерывами для охлаждения.

3) Железно-никелевый электрод ЖНБ-1 (Fe – 45%; Ni – 55%; С - 0,07%; Mn - 1,5%; Si - 0,7%; покрытие - УОНИ-13/45) используется для заварки отдельных небольших дефектов деталей из серого и высокопрочного чугуна и в ряде других случаев. Шов, полученный этими электродами, обладает достаточной прочностью при некоторой вязкости металла. К тому же железно-никелевые сплавы дают меньшую литейную усадку металла. Из этой группы применяется электрод ЦЧ-3А со стержнем из про-

волокни Св-08 Н50 (покрытие: 35% доломита; 25% плавикового шпата; 10% графита и 30% ферросилиция).

4) Наряду с горячей и холодной ручной сваркой чугунных деталей применяется механизированная полуавтоматическая сварка самозащитной проволокой ПАНЧ-11, ПАНЧ-12 на основе никеля. Достоинством этих проволок является применение их без покрытия, флюсовой или газовой защиты. Сваривать, например, блок цилиндров можно в любом пространственном положении постоянным током обратной полярности (100...120 А). Диаметр проволоки-1,2 мм; скорость сварки - 12...15 см/мин. Сварка производится без подогрева, за исключением отдельных случаев. Трещины завариваются участками 30...50 мм с охлаждением до 50...60°C (можно прикасаться рукой без ожога). После сварки шов проковывается. Предпочтительнее трещину заваривать от концов к ее середине. Зажигать дугу рекомендуется вне шва на расстоянии 5...7 мм от шва, а также заканчивать сварку.

3.3.5.3 *Электроды, предназначенные для сварки углеродистых и низколегированных сталей*, могут быть применены для сварки неответственных поверхностей чугунных деталей, т.е. не несущих нагрузку (например: рубашка охлаждения блока цилиндров). В этом случае неизбежно в металле шва образуется высокоуглеродистая сталь, которая при охлаждении чугуна без предварительного нагрева будет закалена, в результате чего может образоваться трещина.

Более эффективно применение для сварки чугуна электрода ЦЧ-4 со стержнем из стальной малоуглеродистой проволоки Св-08 или Св-08А. В покрытие этого электрода входит феррованадий (60%), который является более сильным карбидообразующим элементом, чем железо. Поэтому при сварке вместо карбида железа получается карбид ванадия с невысокой твердостью, вследствие чего вероятность появления трещин при сварке значительно снижается. Сварка осуществляется без предварительного подогрева детали постоянным током обратной полярности (возможно использование и переменного тока). Электроды ЦЧ-4 дороже электродов на основе меди и никеля.

3.3.6 *Сварка деталей из ковкого чугуна*

3.3.6.1 *Ковкий чугун* занимает промежуточное положение между серым чугуном и сталью по механическим свойствам. Детали получают отливкой в земляные формы, затем - многочасовой (20-40 ч.) двухступенчатый ($t_1=920...970^\circ\text{C}$, $t_2=720...760^\circ\text{C}$) отжиг. В результате отжига происходит разложение Fe_3C с образованием гнезд углерода отжига. Из ковкого чугуна (ферритного класса) КЧ-35, КЧ-37 в отечественном автомобилестроении *изготавливают*: картеры редукторов, рулевых механизмов; коробки сателлитов, ступицы колес, кронштейны рессор, подвески, педали, тормозные колодки, крышки редукторов и коробок передач, корпуса буксирных приборов и др.

3.3.6.2 *Свариваемость* КЧ низкая. Если КЧ сваривать обычным методом, т.е. нагревая кромки деталей до температуры плавления, то углерод отжига растворяется в металле и при охлаждении не успевает выделиться. Происходит отбеливание чугуна, которое можно устранить только повторным отжигом, это экономически не выгодно в условиях ремонтных предприятий.

3.3.6.3 Удовлетворительные результаты без отжига получаются при пайке деталей из КЧ медно-цинковыми припоями (например: ПМЦ-54; температура плавления - 885°C). Кромки подогреваются до температуры 850...900°C (ни в коем случае не расплавляются).

Флюсы:

1) $\text{Na}_3\text{B}_4\text{O}_7$ (бура) – 50%, HBO_3 (борная кислота) – 50%;

2) $\text{Na}_3\text{B}_4\text{O}_7$ – 70%, NaCl – 20%, HBO_3 – 10%.

Пламя слегка окислительное, чтобы обеспечить выжигание углерода из поверхностного слоя металла. При этом образуются поры, в которые проникает расплавленный припой, и создаются условия для прочного сцепления его с деталью. Получаемые соединения обладают высокой пластичностью и прочностью: $\sigma_B = 35...40 \text{ кгс/мм}^2$, относительное удлинение $\psi = 8...15\%$. Сложные детали рекомендуется подогревать до 600...650°C.

Электродуговая сварка деталей из КЧ ведется в основном без подогрева электродами на основе меди и никеля, а также стальными электродами ЦЧ-4 (с ванадием в обмазке) и механизированной сваркой проволокой ПАНЧ-11 (см. Сварку серого чугуна.). Результаты удовлетворительные. Если от отремонтированного изделия требуется высокая герметичность, сварной шов сверху покрывают герметиком, а во внутренней полости создают небольшой вакуум. В этом случае герметик впитывается в поры шва.

3.4 Сварка и наплавка деталей из алюминиевых и магниевых сплавов

3.4.1 Особенности сварки алюминиевых сплавов

Алюминий и его сплавы относятся к трудно свариваемым металлам:

1) AL легко окисляется, на поверхности сварочной ванны образуется тугоплавкая окисная пленка Al_2O_3 с температурой плавления $2050^\circ C$ (AL - $659^\circ C$) и плотностью в 1,5 раза большей, чем у алюминия ($3,85$ и $2,7 \text{ т/м}^3$), к тому же химически очень стойкая. Пленка окисла не дает возможности вступить расплавленному присадочному материалу в контакт с основным. Расплавленный присадочный материал, тоже имеющий окисную пленку, свертывается в шарик и скатывается. Поэтому при сварке AL сплавов необходимо прежде всего удалить окисную пленку на поверхностях соединяемых кромок и присадочной проволоки.

2) Свариваемые кромки изделия и присадочный материал следует тщательно очистить от грязи, жиров, влаги и т. д. Так как неочищенная поверхность может служить источником насыщения алюминиевых сплавов газом. При повышении температуры растворимость газов, особенно водорода, резко повышается; при охлаждении дегазация металла шва идет очень медленно (препятствует окисная пленка). В результате в металле возникает интенсивная пористость, снижающая его пластичность. Предварительный и сопутствующий нагрев, особенно корпусных деталей, до температуры $150...250^\circ C$ замедляет кристаллизацию металла сварочной ванны, в результате чего выделение растворенного газа происходит более полно и пористость снижается.

3) Повышенная склонность AL сплавов к короблению при сварке вследствие большего значения коэффициента линейного расширения при местном нагреве. Снизить коробление можно жестким закреплением свариваемого изделия или укладыванием на него груза. Приспособления для прижима изделия из AL сплавов следует изготовить из материалов с низкой теплопроводностью, например, из легированной стали.

4) Склонность металла шва к возникновению трещин в связи с грубой столбчатой структурой металла шва и выделением по границам зерен легкоплавких эвтектик ($577^\circ C$ при концентрации кремния до $0,5\%$). При содержании кремния $4...5\%$ образующаяся эвтектика «залечивает» трещину. Поэтому стержни электродов, присадочные прутки при сварке автомобильных деталей изготавливают из высококремнистого силумина (Св-АК5, Св-АК10 и др.). Иногда в транспортных предприятиях сварщики изготавливают прутки из алюминиевых поршней. Отрицательное значение имеет и большая усадка расплавленного металла (7%), приводящая к возникновению внутренних напряжений и, следовательно, к значительному короблению ремонтируемого сваркой изделия.

5) Применение мощных источников тепла для сварки, поскольку алюминиевые сплавы имеют для сварки большую теплопроводность и поэтому трудно создать сосредоточенный нагрев для плавления металла. И с этой точки зрения целесообразным является применение предварительного и сосредоточенного нагрева до $t = 120...150^\circ C$.

6) При нагревании до плавления цвет алюминиевых сплавов не меняется, поэтому трудно контролировать температуру нагрева. Неопытный сварщик может допустить сквозное проплавление детали. Отсюда высокие требования к квалификации сварщика. Следует учитывать также возможное непроваривание свариваемого металла. При высоких температурах прочность алюминия и его сплавов резко падает и под действием собственного веса листовой материал может разрушиться еще до образования шва (иногда с обратной стороны шва устанавливают формирующие подкладки из графита или стали).

3.4.2 Газовая сварка

3.4.2.1 Газовую сварку деталей из алюминиевых сплавов можно вести с использованием ацетилена или пропанобутановой смеси нормальным или слегка ацетиленистым пламенем с использованием флюса АФ-4А. В качестве присадочного материала используются также проволоки, которые применяются при аргонно-дуговой сварке (Св-АК5, Св-АК10, Св-АК12), или проволока того же состава, что и свариваемый металл. Диаметр присадочной проволоки устанавливают по толщине свариваемого металла:

- Толщина металла, мм	3...5	6...8	9...12
- Диаметр проволоки, мм	4...5	5...7	6...8
- Режимы сварки зависят от толщины металла.			

Таблица 3.10 – Режимы газовой сварки алюминиевых сплавов

Параметр	Толщина металла, мм			
	3...4	5...7	8...10	11...15
Номер наконечника	2,3	3,4,5	4,5,6	6,7
Давление кислорода, МПа	0,20...0,23	0,23...0,27	0,27...0,30	0,30...0,35
Расход газа, дм ³ /ч	200...300	400...650	600...800	800...1200

При сварке деталей, толщина стенки которых больше 5 мм, рекомендуется применять правый способ, если меньше - левый способ ведения горелки. Перед сваркой кромки трещины разделяют под углом 60...90°. Загрязнения удаляют различными растворителями, а окислы - механической зачисткой или химическим травлением: 0,5...1 мин (NaOH - 45...55 г/л; NaF - 40...50 г/л; промывка в горячей воде, нейтрализация 25...30 % HNO₃ в течение 1...2 мин; промывка холодной и горячей водой). Подготовленные таким образом детали до сварки нужно хранить не более 2...4 часов.

Флюсы и электродные покрытия вызывают коррозию сварного шва, поэтому после сварки сразу же следует остатки флюса удалить. Для этого поверхность шва и околошовной зоны протирают ветошью, смоченной теплой водой, и прочищают стальной щеткой до блеска очищенной поверхности.

3.4.2.2 Флюсы. Из-за большого сродства Al и O₂ (расположены близко в Периодической таблице Менделеева) практически невозможно его восстановление из окислов. Невозможно так же связать химически Al₂O₃ с сильными щелочами и кислотами. Поэтому единственным путем разрушения пленки окисла является ее растворение расплавленными флюсами или покрытиями. Основу флюсов и покрытий составляют легкоплавкие смеси хлористых солей Na, K, Li. К этим солям добавляют до 10...15 % фтористых солей (более активные, но и более токсичные).

При газовой сварке применяют флюс АФ-4А (KCl - 50 %, NaCl - 25 %, LiF - 14 %, NaF - 8 %). Флюсы взаимодействуют с окислами следующим образом. Во время сварки вследствие большой разницы в коэффициентах линейного расширения основного металла и окислов в окислах образуются трещины, куда затекает расплавленный флюс, образуя под пленкой окислов соль AlCl₃. Под действием этих солей окислы в виде чешуек отрываются от основного металла, всплывают на поверхность и смываются флюсами, частично растворяясь в нем. Так как основным источником появления в сварочной ванне водорода является влага, то перед сваркой рекомендуется прогревать деталь и прокалывать флюс.

3.4.3 Дуговая сварка

Дуговая сварка алюминиевых сплавов производится электродами ОЗА-2 и ОЗА-1. Сердечник электродов изготавливается из проволоки Св-АК5 или Св-АК10. Покрытие электрода ОЗА-2 обладает большой способностью к влагопоглощению. Отсыревшие электроды перед употреблением прокалывают при 200...300°С в течение 1,0...1,5 ч. Режимы электродуговой сварки зависят в основном от толщины свариваемого металла.

Таблица 3.11 – Режимы ручной дуговой сварки алюминиевых сплавов электродами ОЗА-2 и ОЗА-1

Параметр	Толщина металла, мм		
	3...4	5...7	8...10
Диаметр электрода, мм	5	5	6
Длина дуги, мм	4...5	4...5	4...5
Сила тока, А	140...170	160...210	190...250

В ряде случаев для улучшения качества шва дуговую сварку алюминиевых сплавов ведут с применением флюса АФ-4А. Электродуговую сварку плавящимся электродом ведут на постоянном токе обратной полярности. Электрод рекомендуется держать перпендикулярно к поверхности, вести без поперечных колебаний (для повышения устойчивости дуги). Скорость сварки обычно 4...6 мм/мин.

3.4.4 Аргонно-дуговая сварка

Наиболее надежный способ восстановления алюминиевых сплавов - применение аргоннодуговой сварки.

Соединяемые кромки детали и присадочный материал нагреваются теплом электрической дуги, образующейся между неплавящимся (вольфрамовым) электродом и деталью. При этом из сопла наконечника горелки непрерывно подается аргон, который, окружая дугу, создает сосредоточенный нагрев, а также предохраняет расплавленный металл шва от вредного влияния кислорода и азота воздуха, распыляет окисную пленку. В результате этого условия плавления металла улучшается, качество шва получается высоким, коробление почти отсутствует, отпадает необходимость применения электродных покрытий и флюсов. Аргонно-дуговая сварка имеет и другие достоинства:

- высокую производительность процесса (в 3...4 раза выше производительности кислородно-ацетиленовой);

- возможность сварки тонкостенных деталей;

- снижение интенсивности излучения дуги (в 4...8 раз, чем при обычной дуговой сварке). Это дает возможность применять более светлые защитные стекла, что упрощает технику сварки.

Недостатки: дороговизна этого процесса (стоимость в три раза превышает стоимость ацетиленокислородной сварки). Аргон, применяемый для сварки, подвергается очистке от примесей кислорода, азота, паров воды и других газов, что удорожает процесс.

В качестве присадочного материала получили распространение проволоки Св-АК12, Св-АК5, Св-АК10. Для аргонно-дуговой сварки используются горелки ГРАД-200 (сила тока до 200А) и ГРАД-400 с водяным охлаждением (при силе тока до 400А). При малой силе тока (до 200А) используются также горелки с естественным охлаждением АР-3 и АР-10. Скорость сварки 6...8 м/ч, расход аргона 10...129 м³/мин.

Таблица 3.12 – Режимы аргонно-дуговой сварки деталей из алюминиевых сплавов

Параметр	Толщина металла, мм					
	до 1,0	1,0...1,5	1,5...2,0	2,0...3,0	3,0...4,0	4,0...6,0
Сварочный ток, А	60...80	90...100	100...120	130...140	200...220	280...300
Диаметр вольфрамового электрода, мм	2	3	3	3...4	4...5	6
Диаметр присадочной проволоки, мм	1,2...2,0	1,6...2,0	1,6...2,0	2,0...2,5	2,5...3,0	2,5...3,0

Для сварки применяется аргон марок А, Б, В (ГОСТ 10157-73) и технический (ТУ). Объемное содержание аргона: А - 99,99 %, Б - 99,96 %, В - 99,90 %, технический - 83,3 % (12...16 % азот). При сварке и наплавке некоторых деталей к аргону добавляется дешевый газ: например, при наплавке впускного клапана и сварке малоуглеродистой стали - $Ar + 10 \% CO_2$. Аргон поставляется в баллонах под давлением 150 ± 5 кгс/см²; для А, Б, В - черного цвета с белым верхом и черной надписью: «Аргон чистый», а для технического - черного цвета с белой горизонтальной полосой и синей надписью: «Аргон технический». Для сварки меди и ее сплавов применяется азот.

3.4.5 Восстановление деталей из алюминиевых сплавов (примеры)

Из алюминиевых сплавов изготавливаются такие детали, как блок и головка блока цилиндров, картер, крышка картера и удлинитель коробки передач, картер рулевого механизма, впускные трубопроводы двигателя, крышка распределительных шестерен, корпус водяного насоса и некоторые другие детали автомобиля.

Блок цилиндров в процессе эксплуатации может иметь трещины, механические повреждения в виде обломов и пробоин, а также нарушение размера гнезд вкладышей коренных подшипников.

Перед заваркой трещины необходимо ее границы просверлить сверлом Ø 3 мм. Далее следует разделить трещину по всей длине на глубину 3 мм под углом 90°. Пробоины обрабатываются так, чтобы полученное отверстие имело круглую, эллипсную или прямоугольную форму без острых углов;

по кромкам отверстия снять фаски. После этого из листового сплава АЛ-4 изготовить ДРД - вставку по размерам и форме отверстия, так чтобы зазор между кромками отверстия и вставки не превышал 1...2 мм. Кромки вставки тоже должны иметь фаски. Придерживая вставку, следует прихватить ее к свариваемой детали в нескольких точках с последующей правкой положения вставки. Вставка должна ложиться заподлицо с поверхностью основного металла. Обломы готовятся к сварке металла так же, как и трещины или пробоины, с обеспечением в свариваемых кромках V-образного канала. Свариваемые участки следует тщательно очистить от грязи, жиров и окислов на расстоянии 15...20 мм от кромок детали и вставки.

Перед сваркой требуется нагреть подготовленное для ремонта место до температуры 200 °С в электрической печи или газовой горелкой с наконечником №4. Для местного нагрева можно использовать также инфракрасные излучатели или промышленные фены. Температура нагрева контролируется при помощи температурочувствительного карандаша. Сварка подготовленных к ремонту деталей может производиться в среде аргона, электродом ОЗА-2 или газопламенной сваркой с флюсами. Перед употреблением электрод или флюс необходимо прокалить в течение 1 ч., так как вода, содержащаяся в них, вызовет пористость сварного соединения вследствие образования атомарного водорода при разложении воды.

При изменении размера гнезд вкладышей коренных подшипников применяют аргоннодуговую наплавку присадочной проволокой Св-АК5, Св-АК10, Св-АК12. Наплавка производится вдоль оси гнезд. Предварительный нагрев 200°С.

После сварки или наплавки все отремонтированные участки промывают сначала горячей водой с использованием металлической щетки, потом – 10 %-ным раствором азотной кислоты и опять горячей водой. При обнаружении пористости или швов низкого качества дефектный шов вырубается и сварка повторяется. Герметичность отремонтированного блока проверяется гидравлическим испытанием.

Головки цилиндров в основном имеют такие же дефекты, как и блок. Кроме того, вследствие деформации часто наблюдается неплотное прилегание головки к блоку. Поверхности рубашки охлаждения, имеющие трещины и механические повреждения, ремонтируют по описанной выше технологии. Трещины длиной менее 150 мм на поверхности сопряжения головки с блоком также заваривают, предварительно просверлив отверстия по концам трещин диаметром 4 мм и глубиной 4 мм. Затем трещину разделяют по всей длине на глубину 3 мм под углом 90°. Перед сваркой головку нагревают в электрической печи до температуры 200 °С с последующей зачисткой поверхности, подлежащей сварке, металлической щеткой. Заварка производится электродом ОЗА-2 диаметром 5 мм постоянным током обратной полярности. При сварке электрод следует несколько наклонять в сторону его перемещения вдоль шва без поперечных колебаний. Кислородно-ацетиленовую сварку производят горелкой с наконечником №4, используя проволоку из сплава АЛ-4 диаметром 6 мм и флюс АФ- 4А. После сварки шов промывают, зачищают заподлицо с основным металлом, проверяют качество шва. Далее головку цилиндра проверяют на герметичность принятым ремонтным предприятием способом.

Корпус водяного насоса, изготовленный из алюминиевого сплава АЛ-4, при появлении трещин ремонтируется кислородно-ацетиленовой сваркой, используя горелку с наконечником № 3 и флюс АФ-4А. Предварительно корпус нагревают до температуры 180...200 °С. Присадочная проволока тоже из сплава АЛ-4. Пламя горелки нейтральное.

3.4.6 Сварка деталей из магниевых сплавов

3.4.6.1 В практике автостроения магниевый сплав (МЛ-5) применяют для изготовления некоторых корпусных деталей, а также дисков колес. Магниевые сплавы являются более трудносвариваемыми материалами, чем даже алюминиевые сплавы.

Это объясняется следующими обстоятельствами:

1) Наличие на поверхности относительно легкоплавкого магния ($T_{пл}=651^{\circ}\text{C}$) весьма тугоплавкой окисной пленки MgO (2500°C), что превышает температуру плавления окиси алюминия на 450°C . Химически окись магния более стойка, чем Al_2O_3 . Этим объясняется преобладание окиси магния в алюминиевых сплавах, даже при незначительной концентрации магния: сплав алюминия, содержащий свыше 0,5 % Mg, имеет окисную пленку MgO и $\text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{MgO}$, а свыше 1,5 % Mg - только MgO . В связи с этим, при сварке магниевых сплавов применяют флюсы, содержащие фториды щелочных металлов (KF -34 %, LiCl -66 % или CaF_2 -20 %, LiCl -40 %, NaCl -40%). Сварку производят также в атмосфере аргона, используя эффект катодного распыления.

2) Возможность образования при сварке легкоплавких эвтектик: MgCu, MgAl и MgNi с температурой плавления соответственно 485, 436, и 508°C. Эти эвтектики являются причиной возникновения кристаллизационных трещин. В связи с этим начало и конец сварных швов следует располагать на выходных планках.

3) Структура металла в зоне термического влияния имеет склонность к росту зерна при нагреве в процессе сварки. В связи с этим газопламенная сварка дает худшие результаты, чем аргонно-дуговая.

4) Склонность жидкого металла к порообразованию вследствие повышенного поглощения газов.

5) Значительное коробление свариваемого изделия вследствие высокого значения коэффициента линейного расширения магниевых сплавов.

6) Наличие на поверхности магниевых сплавов защитной пленки из солей хромовой кислоты. Магниевого сплавы имеют низкую коррозионную стойкость на воздухе, и без защитной пленки сплав сильно корродирует, поэтому перед сваркой следует поверхность детали на ширину 10...15 мм от кромки зачистить металлической щеткой.

Практически единственно приемлемым способом ремонта магниевых сплавов является аргонно-дуговая сварка лантантированным или иттрированным вольфрамовым электродом. Присадочная проволока должна быть по составу близкой с основным металлом. Сварка производится переменным током. Диаметр электрода 2...3 мм.

Сила тока выбирается из расчета $I_{св} = (30...40) d_w$, где d_w -диаметр вольфрамового электрода. Как и алюминиевые сплавы, при сварке магний не меняет цвета, поэтому возможен прожег (провал) расплавленного металла. Стальная подкладка в этом случае предотвращает провал.

В исключительных случаях, при отсутствии аргона, сварку можно производить кислородно-ацетиленовым пламенем. Перед употреблением флюс прокаливается при температуре 200 °C. Остатки флюса после сварки немедленно удаляются горячей водой. Независимо от способа сварки шов после удаления наплывов обрабатывается раствором хромовой кислоты для защиты от коррозии. При соблюдении установленной технологии аргонно-дуговая сварка обеспечивает получение шва с прочностью 85...90 % прочности основного металла. При газовой сварке достигается только 60...70 %.

Контрольные вопросы:

1. Какие детали изготавливают из серого чугуна, ковкого чугуна, силумина?
2. Положительные стороны сварки деталей постоянным током?
3. Источники тока для сварки деталей постоянным током, переменным током?
4. Вольтамперная характеристика источников тока для сварки?
5. Классификация электродов?
6. Электроды для сварки конструкционных сталей?
7. Типы покрытий электродов?
8. Ацетилено-кислородная сварка: зоны пламени, тах температура?
9. Генераторы для получения ацетилена?
10. Хранение в баллонах?
11. Оборудование для ацетиленовой сварки?
12. Горелки для ацетилено-кислородной сварки?
13. Пропан-бутановая сварка: недостатки в сравнении с ацетилено-кислородной сваркой?
14. Область применения?
15. Структурные изменения в сером чугуне при сварке?
16. Почему сварщику рекомендуется медленно охлаждать детали из СЧ?
17. Почему в процессе сварки деталей из серого чугуна могут возникать трещины?
18. Технология сварки чугунных блоков цилиндров?
19. Прутки и флюсы для газовой сварки деталей из СЧ?
20. Подготовка трещин на деталях из СЧ к сварке?
21. Перечислите основные типы электродов для сварки деталей из СЧ?
22. Структурные изменения в ковком чугуне при сварке?

4 Восстановление деталей наплавкой

4.1 Механизированная наплавка под флюсом

4.1.1 При наплавке с использованием флюса сварочная дуга горит под флюсом между электродной проволокой и изделием. Наряду с защитными функциями (от кислорода и азота воздуха) флюс стабилизирует горение дуги, обеспечивает раскисление, легирование и рафинирование расплавленного сплава сварочной ванны. В зоне горения дуги образуется полость, заполненная парами металла, флюса и газами. Их давление поддерживает флюсовый свод, образующийся над сварочной ванной. Расплавленный флюс в результате значительно меньшей плотности всплывает на поверхность расплавленного металла шва, покрывает его плотным слоем и препятствует разбрызгиванию жидкого металла. Благодаря тому, что расплавленный флюс обладает низкой теплопроводностью, замедляется процесс охлаждения наплавленного металла. Это облегчает всплытие на поверхность ванны шлаковых включений и растворенных в металле газов, что резко повышает качество наплавленного слоя.

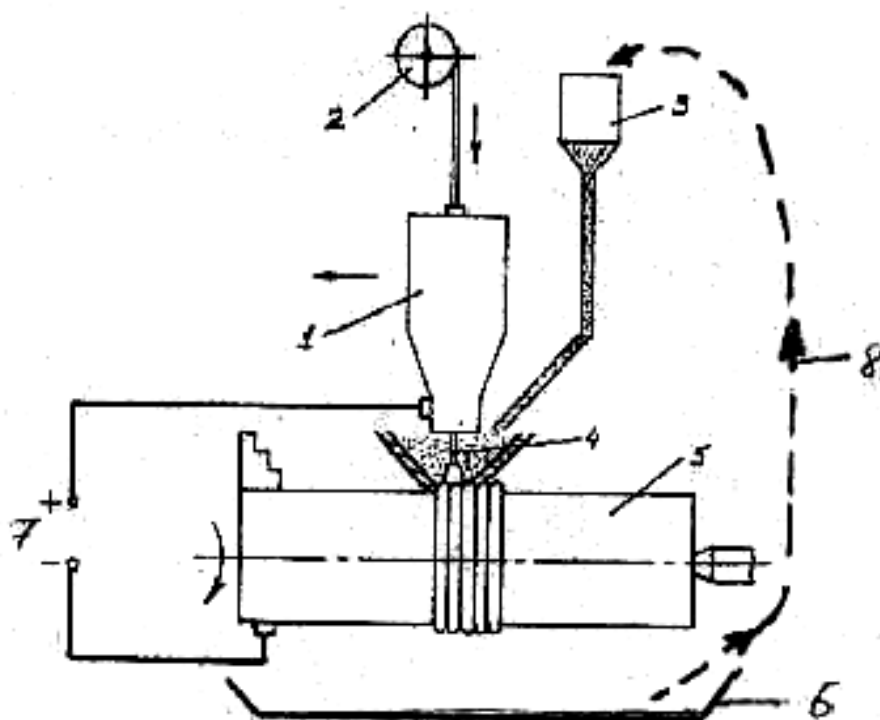


Рисунок 4.1 Схема наплавки деталей под слоем флюса:

1 - наплавочная головка; 2 - кассета с проволокой; 3 - бункер с флюсом; 4 - электродная проволока; 5 - деталь; 6 - поддон; 7 - выпрямитель; 8 - пневмосистема для возвращения осыпавшегося флюса в бункер (применяется при больших программах наплавки)

4.1.2 Оборудование

Для восстановления деталей наплавкой под слоем флюса широко используется установка УД-209. Питается от сварочного выпрямителя ВДУ-506УЗ, имеющего крутопадающие и жесткие (пологопадающие) внешние характеристики.

Данный выпрямитель имеет напряжение холостого хода не более 85В, номинальное рабочее напряжение для жестких внешних характеристик 50В (пределы регулирования - 18...50В), для падающих - 46В (22...46В). Номинальный сварочный ток достигает 500А (пределы регулирования - 50...500А).

В ремонтном производстве для наплавки деталей под флюсом широко используется автомат А-580М, обеспечивающий скорость подачи проволоки ($d = 1,6...4,0$ мм) в пределах 78...198 м/ч. Устанавливают автомат на переоборудованных токарно-винторезных станках (изолируют шпиндель и ставят дополнительный редуктор для получения низких частот вращения детали: $n=1,5...3$ мин⁻¹; на установке УД-209 - $n=0,06...6,58$ мин⁻¹) или на специальных вращателях.

В 80-е годы институтом электросварки им. Е.О. Патона разработана серия станков У-652, У-653, У-654, предназначенная для наплавки под слоем флюса цилиндрических, конических, шлицевых наружных и внутренних поверхностей деталей диаметром 50...800 мм и длиной до 1300 мм, а также плоских деталей - 400x1300 мм.

Станок наплавочный универсальный с дополнительным набором оснастки для наплавки коленчатого вала марки У-653М. Изготовитель – Челябинский опытный завод ПОЗ «Ремдеталь». Станок имеет бесступенчатое регулирование $V_{пр}$ (16...553 м/ч) и $V_{дет}$. Наплавка производится по спирали и с применением колебателя электрода (амплитуда - 0...70 мм). При такой наплавке производительность повышается в 1,5...2 раза по сравнению со спиральной наплавкой деталей (например, при наплавке шатунных шеек коленвала за один оборот). Наплавка производится под флюсом, в среде CO₂ и порошковой проволокой (ППАН-122, ППАН-125, $\square_{эл}$, мм - 2,6...3,2 мм). Имеется пневмосистема для возвращения флюса в бункер. Станок оборудован манипулятором для крепления детали. Установлен полуавтомат А-1406 (I, А - 300...1250, $\square_{эл}$, мм - 2...5).

4.1.3 Сварка (наплавка) под флюсом имеет существенные *преимущества* по сравнению с ручной сваркой:

1) *производительность процесса* по машинному времени повышается в 6...12 раз. Это достигается за счет использования больших плотностей тока в электродной проволоке (например, при ручной сварке, $d_s=3$ мм, плотность тока, А/мм² - 11...18; под флюсом - 50...85 А/мм²), соответственно, сила тока, А - 80...130 и 350...600. Такое повышение абсолютного значения тока и его плотности в электроде возможно благодаря наличию плотного слоя флюса вокруг зоны сварки, что предотвращает выдувание жидкого металла шва из сварочной ванны и сводит потери на угар и разбрызгивание до 1...3 %.

Производительность сварки определяется массой металла, наплавляемого в единицу времени (в граммах в час):

$$Q = K_H I_{св}, \quad (4.1)$$

где K_H – коэффициент наплавки, г/А-ч ($K_H=14...18$ г/А-ч при сварке под флюсом против 8...12 г/А-ч электродами).

Производительность наплавки под флюсом одним электродом составляет 9...15 кг/ч, а лентой 5...30 кг/ч.

2) *повышение качества* наплавленного металла достигается лучшими условиями плавления и кристаллизации металла в процессе сварки;

3) *меньшая стоимость* сварочных работ:

- сокращается расход электродной проволоки на угар, разбрызгивание;
- устраняются расходы на изготовление электродов;
- сокращаются расходы электроэнергии вследствие увеличения теплового КПД. дуги с 0,25 до 0,68;
- сокращается трудоемкость сварочных работ, а, следовательно, сокращаются расходы по зарплате.

4) *возможность автоматизации процесса*;

улучшение условий труда сварщика (поза свободная, не требуется специальная защита глаз и лица, мало вредных газов и пыли; требуемая охраной труда вентиляция - 360м³/ч).

5) *хорошая обрабатываемость* наплавленного металла (стружка «вьюнок»).

4.1.4 К недостаткам следует отнести:

- снижение усталостной прочности;
- значительный нагрев детали: возможно коробление; большая зона термического влияния;
- невозможность наплавки деталей диаметром менее 40 мм по причине стекания наплавляемого металла и флюса с поверхности восстанавливаемой детали. Для предотвращения стекания наплавку ведут со смещением электрода с зенита в сторону, обратную направлению вращения детали (для деталей диаметром 50...150 мм смещение электрода лежит в пределах 3...8 мм);

- необходимость в отдельных случаях повторной термической обработки детали;
- требуется специальные устройства для ведения всех швов, кроме горизонтальных.

4.1.5 Сварочные флюсы и электродные проволоки.

Флюсы (ГОСТ 9087-81) классифицируют по следующим основным признакам:

1) по назначению:

- флюсы общего назначения применяют для сварки и наплавки углеродистых и низколегированных сталей;

- флюсы специального назначения - для сварки легированных сталей, электрошлаковой сварки;

2) по способу изготовления:

- *плавленные*, т. е. получаемые сплавлением шихты в электрических или пламенных печах;
- *неплавленные, керамические флюсы* получают смешиванием порошкообразных шлакообразующих, легирующих, раскисляющих и других компонентов;

3) химическому составу.

Наиболее широко в ремонтном производстве для восстановления деталей из углеродистых и низколегированных сталей используют высококремнистые марганцовистые плавленные флюсы АН-348А, ОСЦ-45 и др.

Химический состав флюса АН-348А (по массе, %):

$\text{SiO}_2 - 41...44$, $\text{MnO} - 34...38$, $\text{CaF}_2 - 4,0...5,5$; $\text{CaO} - \leq 4,5$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 2,0$; $\text{S} - 0,15$; $\text{P} - 0,12$.

Для сварки легированных сталей используют плавленные флюсы с ограниченной концентрацией окиси кремния и окиси марганца (АН-10, АН-15, АН-30, ОФ-6 и др.).

Более эффективными возможностями для легирования через флюсы обладают керамические флюсы (АНК-18, АНК-19 и др.).

Например, химический состав металла, наплавленного недорогой низкоуглеродистой проволокой Св-08 под слоем флюса АНК-19 типа 60Х4ГС содержит, %: $\text{C} - 0,6$; $\text{Mn} - 0,8$; $\text{Si} - 0,3$; $\text{Cr} - 4,5$.

При этом твердость наплавленного металла лежит в пределах HRC 50...56.

Расход флюса – 1,1...1,2 т/т.

Преимущества плавленных флюсов (в сравнении с керамическими):

- малая стоимость;
- высокая механическая прочность;
- малая гигроскопичность;
- однородность состава;
- устойчивый процесс сварки, легкая отделимость шлаковой корки.

Преимущества керамических флюсов:

- не требуется специальная печь, исключается расход электроэнергии на плавление флюса;
- в состав флюса можно ввести мрамор, известняк и др. вещества, разлагающиеся при высокой температуре с выделением защитных газов;
- можно осуществить легирование наплавленного металла через флюс с применением дешевой малоуглеродистой проволоки.

Для сварки малоуглеродистых сталей используют проволоку Св-08, Св-08А, Св-08ГА и др. Проволока, изготовленная из стали, выплавленной электрошлаковым, вакуумно-дуговым способом или же в вакуумно-индукционных печах обозначается буквами Ш, ВД и ВИ.

Наплавочную проволоку разделяют на три группы: из углеродистой стали типа Нп-30, Нп-40, Нп-80 и др. (всего 8 марок); из легированной стали, например, Нп-30Х5, Нп-30ХГСА, всего 11 марок; из высоколегированной стали, например, Нп-4Х13, Нп-45Х4В3Ф, всего 9 марок. Для наплавки под слоем флюса используют также порошковые проволоки ПП-3Х2В8, ПП-10ХВ14 и др. и сплошные или порошковые ленты толщиной 0,3...1 мм и шириной 20...100 мм.

4.1.6 Режим наплавки можно рассчитать по эмпирическим формулам, но лучше использовать рекомендации (НИИАТ и др.), приведенные в книгах по сварке и наплавке автомобильных деталей.

Таблица 4.1 – Режимы наплавки цилиндрических деталей под слоем флюса (*пример*)

Диаметр детали, мм	Сила тока, А при диаметре d, мм		Напряжение, В	Скорость наплавки, м/ч	Скорость подачи электрода, м/ч	Шаг наплавки, мм/об
	1,2...1,6	2...2,5				
50...60	120...140	140...160	26...28	16...24	77	3
65...75	150...220	180...220	26...28	16...28	77	3,5...4
80...100	180...200	230...280	28...30	16...30	104	4

4.1.7 Наплавка чугунных коленчатых валов

Наплавка чугунных валов по технологии, принятой для восстановления стальных коленчатых валов, неприемлема (случаются задиры шеек в эксплуатации).

Существует несколько способов наплавки чугунных коленчатых валов, получивших применение на практике.

4.1.7.1 *Наплавка шеек коленчатого вала из высокопрочного чугуна с защитной металлической оболочкой под слоем флюса.* Оболочка вырубается из стального листа марки 08 толщиной 0,8...0,9 мм.

Размеры, например, для коленвала 3МЗ-53:

- для к.ш. - 212,8х26,5 мм,
- для ш.ш. - 181,4х48 мм.

Оболочка плотно обворачивается вокруг шейки, крепится струбциной и приваривается на расстоянии 5 мм от галтели в среде углекислого газа. Галтели также наплавляются (два валика) в среде CO₂. Для наплавки шеек готовится легированный флюс: к 20 кг флюса АН-348А добавляется 1 кг феррохрома ФХ-800А и 400 г серебристого графита. Режим наплавки коренных шеек: напряжение 29...30 В., сила тока 120...140 А., полярность обратная, частота вращения вала 2,5 мин⁻¹, скорость подачи проволоки 1,6 м/мин, шаг наплавки 3,5 мм/об, проволока Св-08А, диаметр 1,6 мм, смещение с зенита 8...10 мм. Рекомендуется перед наплавкой сделать коленвалу отжиг в электропечи (400°С, 30 мин) и правку (биение по 3-й к.ш. не более 0,2 мм). После наплавки производится предварительное шлифование, сверление отверстий, масляных каналов (перед наплавкой их закрывают глиной, графитом или асбестом), окончательное шлифование (шлифовальный круг для ш.ш.- ПП900х50х305 Э46, СМ2, диаметр ш.ш. 60^{-0,013} мм, длина 52,1^{+0,5} мм, овальность и конусность менее 0,01 мм, радиус кривошипа 40^{+0,05} мм, HRC 52...56), балансировка (допускаемый дисбаланс 15 гсм), полирование шеек (приставка с медной щеткой), мойка вала.

4.1.7.2 *Наплавка чугунных коленчатых валов с применением ферромагнитной порошковой шихты.* Используется малоуглеродистая проволока Св-08, 08А, 08ГА, 12ГС, диаметр 1,6 мм (обеспечивает стабильное горение дуги).

Ферромагнитная порошковая шихта (вес в %):

- графит серебристый 10...14;
- комплексный модификатор 16...18;
- алюминиевый порошок 5...8;
- плавиковый шпат (или мрамор) 1...5;
- порошок железа (ПЖ-4М) остальное.

Стараются получить синтетический алюминиевый чугун (С - 2,3...3,0 %) или сталь со структурно-свободным графитом. Плавление и кристаллизация в сварочной ванне происходят с высокой скоростью, поэтому для обеспечения процесса модификации и рафинирования расплавленного металла требуется весьма эффективные элементы (алюминиевый, редкоземельные металлы, кремний, бор). Вместе с этим алюминий благоприятно влияет на повышение прочности, дегазацию расплавленного металла. Алюминий обеспечивает образование на поверхности расплавленного металла тонкой и прочной пленки, которая не дает возможности стекать сварочной ванне и обеспечивает ее защиту. Железный порошок ПЖ-4М, ПЖ-5М повышает производительность наплавки в 1,5...2 раза и «замораживает» сварочную ванну. При этой технологии наплавки значительно улучшается качество наплавленного металла (отсутствие раковин, пор, микротрещин). В наплавленном металле получается структурно-свободный графит по типу высокопрочного чугуна, что обеспечивает высокую износостойкость пары трения вал-вкладыш, которая в несколько раз превосходит износостойкость Ст45, закаленной ТВЧ. Исключается также предварительная и последующая термическая обработка вала, уменьшается нагрев детали.

Недостатки: требуется усовершенствованная защита от светового излучения, необходима более сложная вентиляционная установка.

4.1.7.3 Наплавка шеек коленчатого вала в два слоя. Первый слой наплавляют малоуглеродистой проволокой. Для второго слоя применяют легированную порошковую проволоку, обеспечивающую получение износостойкого слоя. Общая толщина наплавленного слоя 2,8...3,0 мм.

При наплавке по данному способу получается стабильный состав наплавленного слоя, соответствующий составу среднеуглеродистой стали. В целом можно получить довольно высокое качество восстановленных валов при условии тщательной подготовки шеек к наплавке (тщательная очистка в горячем моющем растворе, нагрев в печи до 300 °С с выдержкой 1 ч, очистка шеек от ржавчины, копоти и других загрязнений на полировальном станке). Себестоимость коленчатых валов, восстановленных двукратной наплавкой порошковыми проволоками, ниже себестоимости новых валов на 30 %.

4.2 Вибродуговая наплавка деталей

4.2.1 Вибродуговая наплавка отличается тем, что возбуждение дуги происходит вибрирующим (50Гц) электродом под струей охлаждающей жидкости или защитного газа, флюса.

Наплавке могут подвергаться детали из стали, ковкого и серого чугуна по наружным и внутренним цилиндрическим поверхностям, резьбе и шлицам.

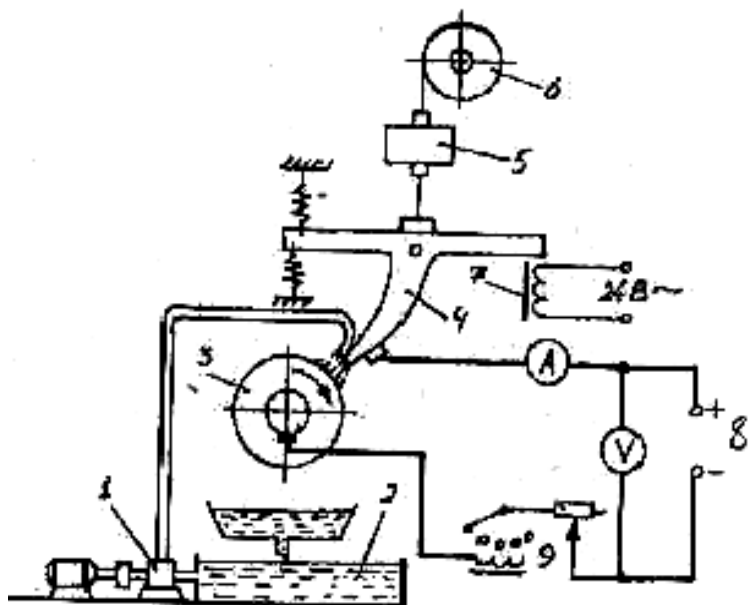


Рисунок 4.2 Схема установки для вибродуговой наплавки: 1 – насос; 2 – поддон; 3 – наплавляемая деталь; 4 – мундштук; 5 – механизм подачи электродной проволоки; 6 – кассета с электродной проволокой; 7 – электровибратор; 8 – источник тока; 9 – дроссель

4.2.2 Процесс осуществляется нестабильной дугой (дуга на стадии тлеющего разряда) в сочетании с периодически повторяющимся коротким замыканием электрической сварочной цепи. При коротком замыкании основное количество тепла практически аккумулируется в вылете электрода и небольшом микрообъеме поверхностного слоя детали. При этом температура жидкой ванны достигает 1450...1500 °С, т. е. не превышает температуры плавления металла. Это не только смягчает тепловой режим наплавки, но и предотвращает возможность выгорания и испарения химических компонентов металла.

В отличие от стабильной дуги, температура которой составляет в средней части около 6000 °С, дуга на стадии тлеющего разряда имеет температуру меньше 4000 °С, что также является фактором, смягчающим тепловой режим. Кроме того, азот при этой температуре остается химически нейтральным по отношению к железу.

В зону наплавки подают *охлаждающую жидкость* (водный раствор 2,5...6 % кальцинированной соды или водный раствор глицерина). Быстрое охлаждение малых порций поверхностного слоя металла обеспечивает возможность наплавки вибродуговым способом малогабаритных деталей цилиндрических.

дрической формы (диаметр 3...200 мм). При этом нет опасности стекания жидкого металла с поверхности детали.

Катушка самоиндукции в электрической цепи (используется дроссель сварного трансформатора РСТЭ-34) обеспечивает нужный импульс тока в момент отрыва электрода (импульс пережигает шейку расплавленного металла, тянущегося за электродной проволокой).

Наплавку производят пружинной проволокой ОВС ($C=0,8\%$) или Нп-80, а также Нп-50Г, Нп-65Г, Нп-30ХГСА, Нп-40Х13 и др. (чтобы получить закалочные структуры).

Иногда применяют малоуглеродистую проволоку Св-08, Св-18ХГСА, Св-10ХМА и др. Диаметр проволоки - 1,4...1,6...1,8 мм. Припуск на механическую обработку после наплавки - 0,45...0,60 мм.

4.2.3 Положительные стороны:

- небольшой нагрев детали, почти отсутствует коробление;
- малая зона термического влияния (примерно равна диаметру электродной проволоки);
- можно получить тонкие и износостойкие покрытия (износостойкость валов на 15 % ниже износостойкости нового вала, что вполне допустимо);
- можно наплавлять поверхности деталей небольшого диаметра (под флюсом более 40...50 мм).

Отрицательные стороны:

- структура наплавленного металла совершенно отличается от структуры основного металла и между ними есть резкая граница (ограниченные объемы сварочной ванны не обеспечивают хорошего перемешивания, основного и наплавленного металлов);
- происходит значительное снижение усталостной прочности (напряженное состояние, микротрещины). Это основной недостаток вибродуговой наплавки как процесса наращивания поверхности;
- твердость наплавленного слоя отличается пятнистостью (накладываемый последующий валик частично расплавляет предыдущий и создает зону отжига);
- процесс вибродуговой наплавки зависит от очень большого числа факторов. Снижается стабильность процесса.

4.2.4 Рекомендуемые режимы вибродуговой наплавки стальных деталей

Таблица 4.2 - Режимы вибродуговой наплавки стальных деталей

Режим наплавки	Диаметр детали, мм				
	До 20	20...40	40...60	60...80	80...100
Толщина слоя наплавленного металла, мм	0,3	0,7	1,1	1,5	2,5
Диаметр электродной проволоки, мм	1,6	1,6	2,0	2,0	2,5
Сила тока, А	120...150	120...150	150...210	150...210	150...210
Скорость подачи проволоки, м/мин	0,4	0,6	0,8	1,0	1,1
Шаг наплавки, мм/об	1,0	1,3	1,6	1,8	2...3
Расход жидкости, л/мин	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7
Амплитуда вибрации проволоки, мм	1,5	1,8	2,0	2,0	2,0

Частота вращения деталей, мин^{-1} - 4,5...10. Твердость поверхности после шлифования шипов крестовин дифференциала, кардана - HRC 45...56 (до наплавки - HRC 56...62), т.е. приближается к нижнему пределу твердости новых деталей.

Пример наплавка шеек распределителя. Режим: напряжение – 13 В., индуктивность 5 витков, частота вращения 3,5 мин^{-1} , шаг наплавки 3,0 мм/об, расход жидкости 0,5 л/мин, HRC - 45...50. Проволока: марка ОВС, диаметр 1,6 мм, скорость подачи 1,3 м/мин.

4.2.5 Наплавка деталей ОБД (обеспечивающих безопасность движения) – поворотные цапфы, рулевые тяги, рычаги поворотных цапф, рулевые валы и др.

Эти детали работают при больших знакопеременных нагрузках. Чтобы не снизить усталостную прочность, при изготовлении детали ОБД не закаливают до высокой твердости (подвергают нормализации или улучшению), HB=169...440. Учитывая это, вибродуговую наплавку этих деталей ведут в защитной среде углекислого газа.

Наплавкой в углекислом газе или в атмосфере можно восстанавливать детали малых диаметров с резьбой, используя проволоку ОВС диаметром 1,6 мм. Поврежденную резьбу предварительно срезают для обеспечения устойчивости сварочной дуги.

4.2.6 Наплавка чугуновых деталей

Удовлетворительные результаты по структуре и твердости наплавленного металла получаются при наплавке деталей из серого и ковкого чугуна малоуглеродистой проволокой (Св08 и др.) отбеливание ковкого чугуна не происходит, наплавленный металл не науглероживается и не закаливается. После такой наплавки деталь из ковкого чугуна можно обрабатывать обычным режущим инструментом.

Пример: наплавка отверстия под наружный подшипник ступицы колеса. Электродная проволока: марка Св-08, диаметр 1,6 мм, скорость подачи 1,4 м/мин. Режим: напряжение 17 В., индуктивность - 12 витков, шаг наплавки - 2,4 мм/об, частота вращения 2 мин⁻¹, расход жидкости 0,02 л/мин (значительно меньше, чем при наплавке стальных деталей).

Детали из серого чугуна рекомендуются наплавлять малоуглеродистой проволокой в два слоя. В сером чугуне много пор, в которые при эксплуатации автомобиля проникает машинное масло (при наплавке образуется много газов). Первый слой тонкий (0,8 мм), как бы изолирует чугун. При наплавке второго слоя (≈1,6 мм) он частично расплавляется и отпускается, в нем ликвидируются поры.

4.3 Сварка и наплавка деталей в среде углекислого газа

4.3.1 В инертных газах (аргон, гелий) производится сварка химически активных металлов - титана, алюминия, магния и др., а также во всех случаях, когда необходимо получать сварные швы, однородные по составу с основным и присадочным металлами (высоколегированные стали и др.). Инертные газы позволяют осуществить защиту дуги и свариваемого металла, не оказывая на него металлургического воздействия. Но инертные газы очень дорогие и дефицитные. Сварка же в углекислом газе голый сплошной проволокой относится к самым дешевым способам сварки углеродистых и низколегированных сталей. Поэтому по объему производства она сейчас занимает первое место среди механизированных способов сварки плавлением.

Широкое распространение получила полуавтоматическая дуговая сварка в среде CO₂ при ремонте кузовов, кабин, рам, т.е. при ремонте тонколистовых деталей. Углекислый газ обладает парниковым эффектом, тепловой к.п.д. дуги повышается с 0,28 (ручная сварка плавящимся электродом) до 0,70. Поэтому силу тока можно снизить до 60...100А (при ручной сварке 180...240А), что позволяет варить тонколистовую сталь кузовов. По сравнению с ацетиленокислородной сваркой у полуавтоматической сварки в среде CO₂ при ремонте кузовов, кабин есть преимущества:

- значительно меньше зона термического влияния;
- скорость сварки 30 погонных метров в час (у ацетиленовой горелки - 5...6 м/ч);
- стоимость погонного метра сварного шва почти в три раза меньше.

Механизированную наплавку, в основном, применяют для восстановления деталей диаметром 10...30 мм, а также, для наплавки глубоких отверстий, когда трудно применить другие способы. Многие детали, восстанавливаемые наплавкой под флюсом, могут, быть отремонтированы наплавкой в среде углекислого газа (резьбы, шейки под сальники, под подшипники).

4.3.2 Углекислый газ

Промышленное производство углекислого газа основано на его извлечении из газов, образующихся при взаимодействии серной кислоты и мела, при обжиге известняка (около 40 % добычи CO₂), сжигании кокса и антрацита (до 18 % CO₂); из дымовых газов котельных установок (до 12 % CO₂) и пр.

Углекислый газ при атмосферном давлении может находиться либо в газообразном состоянии, либо в твердом при температуре ниже -78,9 °С (сухой лед). Для сварки и наплавки наиболее удобна его поставка в жидком виде. В жидкое состояние углекислоту переводят при повышенном давлении (6 МПа).

Углекислый газ CO₂ поставляется в сжиженном состоянии в баллонах вместимостью 40л под давлением 5,0...5,5 МПа (заливается 25 кг жидкой углекислоты, при испарении обеспечивается отбор

20...25 дм³/мин газа для сварки). Баллоны с углекислотой окрашивают в черный цвет с желтой надписью «СО₂ сварочный». Сварочная углекислота высшего сорта имеет чистоту 99,8 % и первого – 99,5 %. После дополнительной очистки можно использовать и пищевую углекислоту. Для удаления примесей воздуха рекомендуется перед сваркой выпускать первые порции газа в атмосферу (СО₂ примерно в 1,5 раза тяжелее воздуха). А затем для снижения влажности углекислого газа устанавливают баллоны вентилем вниз. После оттаивания в течение 10...15 мин осторожно открывают вентиль и выпускают из баллона влагу. Часть влаги задерживается в углекислоте в виде водяных паров, ухудшая при сварке качество шва. При выходе из баллона от резкого расширения происходит снижение температуры углекислого газа, и влага, конденсируясь в редукторе, забивает каналы. Чтобы предотвратить замерзание влаги, между баллоном и редуктором устанавливают электрический подогреватель (36В). Окончательное удаление влаги после редуктора производится в осушителе (лучше использовать силикагель марки ШСМ – микропористый SiO₂; прокаленный при температуре 300°С в течение 2ч). редуктор РК-53 понижает давление газа до рабочего давления 0,1...0,4 Мпа. Одного баллона газа по опыту ремонтных предприятий хватает на 60...70 часов работы.

4.3.3 В процессе сварки *углекислый газ*, попавший в зону горения дуги, *диссоциирует*: $2\text{CO}_2 = 2\text{CO} + \text{O}_2$. Поэтому сварка уже происходит не в чистом углекислом газе, а в равновесной смеси газов СО₂, СО и О₂. Содержание кислорода в продуктах диссоциации углекислого газа только несколько меньше, чем в атмосфере воздуха. Следовательно, при сварке в среде СО₂ обеспечивается практически полная защита расплавленного металла, от азота воздуха, но окислительный характер газовой смеси почти такой же, как при сварке электродной проволокой в атмосфере воздуха. Таким образом, при сварке в среде СО₂ необходимо предусматривать меры по раскислению наплавленного металла. В основном в качестве раскислителей используют кремний (0,6...1,0 %) и марганец (1...2 %), включаемые в состав электродной проволоки. Раскисление окислов железа идет по реакциям:



Образующиеся в процессе раскисления окислы кремния и марганца всплывают и скапливаются на поверхности *сварочной ванны* в виде шлаков.

4.3.4 Для сварки и наплавки в среде СО₂ применяют электродные проволоки Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-10ГС, Св-18ХГС, Нп-30ХГСА, Нп-65Г, ПП-АН4, ПП-АН5, ПП-АН8, ПП-3Х2В8Т, ПП-Г13Н4-0 и др. На ремонтных предприятиях наиболее широко используется полуавтомат А-546-У, который обеспечивает качественную сварку металла толщиной 0,8...4,0 мм.

Диаметр применяемой электродной проволоки может изменяться в широких пределах от 0,6 до 1,2 мм при скорости ее подачи 140...600 м/ч. В качестве источника питания используется сварочный селеновый выпрямитель ВС-300. Сварочный аппарат А-577-У позволяет использовать проволоку диаметром 1,6...2,0 мм. Применяют, также полуавтоматы «СВАП-01», «Кемпомат-163С» и др. Наплавка проволокой Нп-30ХГСА обеспечивает твердость наплавленного слоя 32...37 HRC, а проволокой Нп-65Г - до 51 HRC.

4.3.5 *Автоматическая наплавка в среде СО₂* по сравнению с наплавкой под флюсом имеет следующие преимущества:

- меньший нагрев детали;
- возможность наплавлять детали Ø10 мм и более;
- на 30...40 % больше производительность труда по площади наплавки;
- наплавка в любом пространственном положении;
- меньшая стоимость.

Недостатки:

- необходимость применения легированной проволоки;
- необходимость защиты сварщика от излучаемой дуги.

4.4 Электроконтактная приварка металлического слоя

4.4.1 В ремонтном производстве все шире находит применение приварка мощными импульсами тока (4...30 кА, длительностью 0,02...0,16 с) к изношенной поверхности детали ленты (проволоки, порошка). Производительность процесса зависит от частоты вращения детали, продольной подачи сварочных роликов и частоты следования импульсов. Обычно на 1 см длины шва рекомендуется обеспечить 6...7 сварных точек.

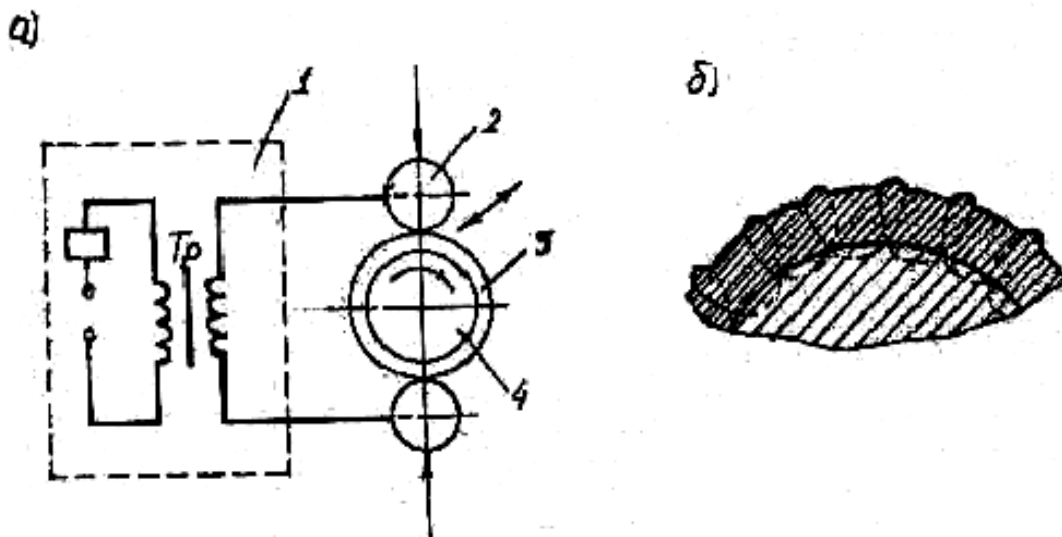


Рисунок 4.3 Схема электроконтактной приварки ленты на деталь типа вал: 1 – трансформатор; 2 – роликовые электроды; 3 – приваренная лента; 4 – восстанавливаемая деталь

При сварке ленты толщиной 0,3...0,4 мм используется импульсный ток от конденсаторных батарей емкостью 6400 мкФ. Для изготовления электродов (роликов) применяется бронза БрХ1, БрНБТ и др. или медь М1.

Зона нагрева металла основы при нагреве его до 1400°C за 0,02...0,04 с распространяется не глубже 0,3 мм, что в 6...10 раз меньше глубины нагрева при электродуговой наплавке. Для уменьшения перегрева детали в зону сварки подают охлаждающую жидкость (1,5 дм³/мин). Коробление наплавляемой детали практически отсутствует.

4.4.2 Положительные стороны (по сравнению с традиционными способами наплавки)

- отсутствие нагрева деталей;
- повышение производительности процесса в 2...3 раза;
- снижение расхода металла в 3...4 раза;
- отпадает необходимость в применении флюсов и защитных газов;
- твердость приваренного слоя зависит от материала ленты (одновременная с приваркой закалка нанесенного слоя металла): Ст20–HRC_Э- 22...27; Ст 45 - HRC_Э- 46,5...51; Ст 40Х - HRC_Э- 51...61; Ст 65Г - HRC_Э- 61...66;

отсутствует выгорание легирующих элементов в наплавленном слое;

- улучшаются санитарно-гигиенические условия труда.

Исследованиями установлено, что 70...80 % деталей автомобилей, тракторов и других машин вырабатывают ресурс при износах до 0,3 мм, а у двигателей число деталей с таким значением износа достигает 90 %. Контактная приварка позволяет проводить регулируемую по толщине приварку металлического слоя в пределах 0,1...0,5 мм, что значительно уменьшает припуски на механическую обработку.

4.4.3 Режим приварки ленты детали

Таблица. 4.3 – Режимы приварки ленты детали

Параметр	Детали	
	Корпусные	Типа вал
Сила сварочного тока, кА.	7,8...8,0	16...18
Вторичное напряжение, В.	3,5...7,0	3,5...7,0
Длительность сварочного цикла, с.	0,12...0,16	0,04...0,08
Длительность паузы, с.	0,08...0,10	0,10...0,12
Скорость сварки, м/мин.	0,5	0,7...1,2

Продолжение таблицы 4.3

Параметр	Детали	
	Корпусные	Типа вал
Подача электродов, мм/об.	Ручная	3...4
Усилия сжатия электродов, кг·с.	170...225	130...160
Ширина рабочей части электродов, мм	8	4
Диаметр электродов, мм	50	150...180
Материал ленты	Ст 20	Ст 40, 45, 50
Материал детали	Чугун	Сталь любая
Расход охлаждающей жидкости, л/мин.	0,5...1,0	1,5...2,0

4.4.4 Оборудование

В НПО «Ремдеталь» разработана серия установок для восстановления деталей приваркой ленты электроконтактным способом. Например, установка ОКС-011-1-02 - для восстановления посадочных мест под подшипники деталей типа вал; установка ОКС-011-1-06 - для восстановления внутренней поверхности гильз цилиндров; установка ОКС-011-1-11 - для восстановления опор блоков цилиндров под коренные шейки коленчатых валов и др.

Для восстановления коленчатых валов применяется установка ОКС- 01-11-10К, машинное время восстановления одной шейки коленвала составляет 3...4 мин. За одну рабочую смену полностью восстанавливают 5...6 коленчатых валов при оптимальной толщине ленты 0,5 мм. Качество ремонта повышается, если на ленты перед приваркой нанести пастообразный припой 0,1...0,15 мм (высота гребешков меньше, адгезия ленты с основным металлом выше, исключается появление мелких трещин вблизи масляных каналов). Себестоимость одного восстановленного коленвала составляет 30 % себестоимости нового вала.

Рассмотренный способ используется на ремонтных предприятиях для восстановления десятков наименований деталей, в том числе блоков цилиндров, гильз, валов коробок передач, шкивов, крестовин дифференциалов, разжимных кулаков и пр. Однако отсутствие надежного оборудования, дефицитность материала в виде лент сдерживают широкое внедрение этого прогрессивного способа восстановления на ремонтных предприятиях.

4.5 Перспективные виды сварки и наплавки деталей

4.5.1 Индукционная наплавка.

Различают следующие способы наплавки: порошкообразной шихтой, монолитным или брикетированным присадочным материалом, в огнеупорной среде, центробежным и жидким сплавом.

4.5.1.1 Рассмотрим *наплавку плавлением износостойкого порошка током высокой частоты*

на примере восстановления гильзы цилиндров.

Предварительно в гильзу цилиндра, установленную в кулачках, засыпается шихта, состоящая из порошка (например, ПГ-ХР80СР4), и флюса (например, бура - 45 %, борный ангидрид - 45 %, азотнокислый висмут - 10 %). Гильза вращается с частотой 750...950 мин⁻¹, и шихта распределяется по поверхности гильзы. Затем в гильзу цилиндров вводится индуктор, который нагревает гильзу до температуры 1040...1050 °С. (температура измеряется по наружной поверхности). Сначала плавится флюс (600...750 °С), а затем порошок (1037 °С). Порошок имеет большое сопротивление, поэтому незначительно реагирует на воздействие переменного электромагнитного поля; нагревается главным образом в результате теплопередачи от наплавляемой поверхности.

Твердость наплавленного слоя HRC 55...58. Для снижения напряжения (в 4,7 раза) производят высокотемпературный отпуск (550 °С, выдержка 4 ч., медленное охлаждение). Эксплуатационные показатели показали, что износостойкость гильз в 1,8. 2,2 раза выше серийных. Износостойкость поршневых колец возросла в 1,5. 2,2 раза.

4.5.1.2 *Наплавка монолитным или брикетированным материалом*

Данный способ впервые был использован английской фирмой «Austi Motor Co. Ltd» для восстановления и упрочнения клапанов. В качестве присадочного материала применяют литые кольца из стеллита.

В тарелке клапана протачивают канавку, в которую укладывают кольцо стеллита. Предварительно кольцо и канавку опрыскивают очищенным от серы маслом, на промасленные поверхности другим соплом наносится флюс. Кольцо прижимают к клапану защелками и производят двухступенчатый нагрев (сначала от установки 2,5 кВт и частотой 450 кГц, затем от генератора 10 кВт). В результате нагрева происходит расплавление флюса и кольца. Жидкий флюс очищает наплавляемую поверхность от окислов, а затем расплав стеллита сваривается с основным металлом.

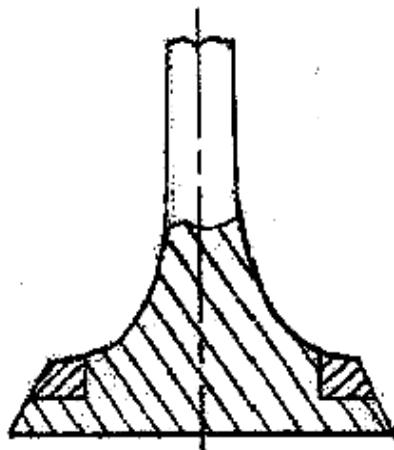


Рисунок 4.4 Схема наплавки клапанов монолитным присадочным материалом.

4.5.1.3 Центробежная индукционная наплавка используется для восстановления и упрочнения внутренних цилиндрических поверхностей. В зависимости от агрегатного состояния присадочного материала различают две разновидности центробежной наплавки. В одном случае присадочный металл подается на наплавляемую поверхность в твердом состоянии в виде кусочков, стружки, порошка и пр., а в другом - подается на предварительно нагретую поверхность в виде расплава.

В качестве примера рассмотрим процесс наплавки свинцовистой бронзы БрС-30 на втулки и вкладыши подшипников скольжения. Присадочный материал в виде стружки бронзы с флюсом (бурой) в соотношении 100:1 и подают внутрь втулки. Центробежная установка приводится во вращение со скоростью заготовки 3,33...4,16 м/с. В качестве источника питания индуктора используют машинный генератор с частотой тока 8000 Гц. Температура нагрева 1120...1150°C, продолжительность наплавки - 28...30 с при толщине слоя бронзы 3,5...4,0 мм.

Нашел применение и второй вариант центробежной наплавки с использованием предварительно расплавленного присадочного металла. Способ используется при наплавке гильз двигателей, восстановлении рабочей поверхности тормозных барабанов.

4.5.2 Лазерная сварка и наплавка

Этот вид сварки плавлением, при котором на реж материала осуществляется когерентным световым лучом, создаваемым оптическим квантовым генератором - лазером. Наиболее часто используют для наплавки порошкообразный сплав (СНГН и ПГСР), который предварительно наносят на восстанавливаемую поверхность в виде обмазки на основе клеевых составов.

ВНПО «Ремдеталь» разработало комплект оборудования для восстановления гидро- и топливной аппаратуры, включающей в себя газовый лазер ЛГП-702 с номинальной мощностью 800 Вт, установку для наплавки СКС-011-1-02 с оснасткой для лазерной обработки, приспособление для управления лучом, систему газообеспечения. Этим оборудованием можно наплавлять цилиндрические и плоские поверхности, изношенные на глубину до 1 мм, с припуском на дальнейшую обработку шлифованием. Производительность наплавки до 10 см²/мин при толщине слоя за один проход 0,5 мм. Площадь, занимаемая лазерной установкой и вспомогательным оборудованием, - около 50 м².

К основным достоинствам восстановления лазерной наплавкой следует отнести малое тепловложение в деталь и как следствие отсутствие деформации и зоны термического влияния.

Лазерная наплавка еще не нашла широкого применения, однако является весьма перспективной для авторемонтного производства.

4.5.3 Диффузионная сварка.

Используется тепловая энергия и давление для надежного соединения разнородных металлов, например, металлокерамических пластинок с державками инструмента из обычных сталей.

Рабочие параметры:

- остаточное давление воздуха в камере, Па - 0,12...0,15;
- температура - 60...80 % от абсолютной температуры;
- сжимающее усилие, МПа - 10...20;
- время выдержки, мин - 16...18.

Применяются сварочные диффузионные вакуумные установки СДВУ-12, СДВУ -15-2 и др. Положительные стороны:

- высокое качество соединения с высокой размерной точностью;
- не требуются флюсы, припои, электроды, защитные газы, последующие механическая и термическая обработка.

4.5.4 Восстановление деталей электронно-лучевой наплавкой

При электронно-лучевой сварке поток электронов, возникающий в результате термоэмиссии с раскалённого катода («электронной пушки»), разгоняется напряжением 20...200 кВ до скоростей порядка 0,05...0,7 от скорости света. Этот поток электромагнитными системами может фокусироваться, отклоняться и подаваться к свариваемому месту, где тормозится в течение $10^9...10^{11}$ с. При применении промышленно выпускаемой электронно-лучевой сварочной аппаратуры концентрация энергии в пятне нагрева довольно велика - порядка $10^4...10^5$ Вт/см², что обеспечивает высокие скорости нагрева и охлаждения обрабатываемого материала.

В зависимости от параметров процесса различают низкоэнергетическую (до 60 кэВ) и высокоэнергетическую (до 1 МэВ) обработку поверхности. Для реализации первого применяют серийно выпускаемые установки для электронно-лучевой сварки в вакууме с ускоряющим напряжением 15...60 кВ. Второй вариант осуществляется, как правило, вне вакуума при использовании промышленных ускорителей заряженных частиц.

Из анализа наплавки релятивистскими электронными пучками, сделанном в работе, можно сделать вывод, что этот метод мало применим при восстановлении малогабаритных деталей автомобилей и других машин прежде всего по экономическим причинам (чрезмерно большая энергоёмкость, высокая стоимость промышленных ускорителей, защита рабочего места) и экологическим (опасные и вредные факторы, создаваемые в воздухе при рассеивании электронов: образуются озон, окислы азота, пары окислов металлов и др.). Поэтому в дальнейшем в данном исследовании наплавка деталей электронными пучками высокой энергии с использованием промышленных ускорителей заряженных частиц не рассматривается.

Метод электронно-лучевой наплавки покрытий низкоэнергетическими электронными пучками в вакууме в силу экономических преимуществ, технической доступности и простоты имеет большую перспективу для ремонтных предприятий. Хотя прикладные исследования в этой области ведутся в стране более 30 лет, но из-за некоторой закрытости тематики («для служебного пользования»), метод электронно-лучевой наплавки только начинает применяться на автомобильном транспорте. Впервые его рекомендовал автозавод ЗИЛ для восстановления шестерен с изношенными внутренними зубьями методом замены части детали (сварка электронным лучом). В Алтайском крае наплавка деталей ЭЛУ применяется на малых предприятиях (наплавляется 15 наименований деталей порошками, в том числе и чугунные валы). Одна из деталей - крестовина (карданных валов, дифференциалов). Восстанавливать её наплавкой под флюсом нельзя из-за ограничения по диаметру шипов, (меньше 40...50 мм), в среде углекислого газа - из-за низкой твёрдости (у шипов крестовины HRC64 - самая высокая твердость деталей в автомобилях).

В 60...70 годы Барнаульский авторемзавод (БАРЗ) восстанавливал крестовины вибродуговой наплавкой, но твердость шипов не превышала HRC56. В итоге крестовины при капитальном ремонте агрегатов стали менять на новые. И только благодаря появлению в крае электронно-лучевой сварки возродилось восстановление крестовин (заказов много), так как после наплавки обеспечивается твердость HRC 62...64, т. е. как у новых деталей.

Вакуумная защита зоны обработки электронным лучом по американским данным в 85 раз дешевле, чем защита аргоном, надежна, позволяет получать металлические и композиционные покрытия высокой плотности и чистоты, чему способствует вакуумная дегазация и рафинирование. Экономические расчёты показали, что стоимость электронно-лучевой сварки (учитывая стоимость оборудования, энергии, металлов, обслуживания) в условиях серийного производства сопоставима со стоимостью сварки в среде углекислого газа. Есть информация, что затраты на приобретение электронно-лучевой

установки (ЭЛУ) почти в пять раз выше, чем плазменной. Тем не менее, в условиях специфики частного предприятия экономические показатели сравнительно хорошие (стоимость восстановления изношенных деталей не превышает 50% стоимости новых деталей).

Другое важное преимущество ЭЛУ для авторемонтных предприятий заключается в его универсальности. Существующее энергетическое оборудование, предназначенное для сварки деталей, можно также применять для закалки металлов. Принципиально возможны два разных варианта обработки: 1 - закалка в твердом состоянии; 2 - самозакалка из жидкого состояния /12/. За счёт того, что плотность мощности в пучке довольно высока ($q = 10^6$ Вт/см² в сравнении с 10^3 Вт/см² для пламени ацетилено-кислородной горелки), нагрев и охлаждение происходят чрезвычайно быстро ($10^4...10^5$ C/c).

Следует отметить, что отечественные авторемонтные предприятия после шлифовки шеек коленчатых валов под ремонтный размер не производят закалку их ТВЧ как на автозаводах, так как на этих предприятиях, как правило, нет термических участков. Другая причина - закалка шеек ТВЧ вызывает деформацию их осей, в результате требуется динамическая балансировка вала. Чтобы исключить эту сложную для ремонтных предприятий операцию, закалка шеек после их шлифования под ремонтный размер не предусматривается технологическим процессом восстановления. Западные же фирмы (в Германии, Франции и др.), применяя фирменный ремонт, производят после шлифования закалку шеек, тем самым доводят послеремонтный ресурс до 95...100% от долговечности новых двигателей. Применение ЭЛУ для закалки шеек валов при ремонте их под ремонтный размер может дать большой экономический эффект.

Низкоэнергетические электронные пучки используются также для создания в вакууме защитного покрытия, т.е. плакирования поверхности. Этот процесс отличается тем, что на защищаемую поверхность предварительно наносится слой материала требуемого состава и свойства, а затем оплавляется в вакууме быстро движущимся в различных направлениях сканирующим пучком электронов.

Среди высококонцентрированных источников нагрева (электронный пучок, плазменная струя, лазерный луч) электронный пучок обладает рядом преимуществ:

- наибольший термический КПД нагрева (75 % в сравнении с 15 % для лазерного нагрева);

- наименьшие энергозатраты среди существующих способов поверхностного термического упрочнения;

- рафинирование и дегазация металла при обработке в вакууме (количество кислорода уменьшается в 2...3 раза по сравнению с непЕРЕПЛАВЛЕННЫМ металлом, азота - в 1,5...2 раза, неметаллических включений - не менее чем в 2 раза. Причем распределение их в металле вакуумного переплава значительно равномернее, что положительно влияет на его прочностные свойства);

- отсутствие необходимости в дорогостоящих защитных или закалочных средах (аргон или гелий, масло, раствор солей);

- экологическая чистота процесса за счет отсутствия вредных производственных выбросов в атмосферу;

- возможность регулирования параметров электронно-лучевой обработки в широком интервале режимов от нагрева до активного плавления, а за счет этого - структуры, твердости, износостойкости, шероховатости;

- сравнительно с лазерной невысокая стоимость оборудования (в 2...3 раза ниже при одинаковой мощности излучения).

Контрольные вопросы:

1. Схема установки для автоматической наплавки деталей под слоем флюса?
2. Почему повышается качество шва при наплавке под слоем флюса?
3. Почему повышается производительность труда при автоматической наплавке под слоем флюса?
4. Основные отрицательные стороны автоматической наплавки деталей под слоем флюса?
5. Номенклатура ремонтируемых деталей наплавкой под флюсом?
6. Чем руководствуются при выборе проволоки и флюса для автоматической наплавки?
7. Флюсы для автоматической наплавки деталей?
8. Наплавка чугунных коленчатых валов под слоем легированного флюса по стальной оболочке?
9. Перечислите компоненты, входящие в состав ферромагнитной порошковой шихты для наплавки чугунных коленчатых валов?
10. Положительные стороны наплавки чугунных коленчатых валов с применением ферромагнитной порошковой шихты?
11. Схема установки для вибродуговой наплавки?
12. Положительные стороны вибродуговой наплавки?
13. Отрицательные стороны вибродуговой наплавки?
14. Особенности вибродуговой наплавки деталей, обеспечивающих безопасность движения?
15. Особенности вибродуговой наплавки деталей из СЧ и КЧ?
16. Для какой цели обеспечивается вибрация электрода при вибродуговой наплавке деталей?
17. Преимущества электродуговой сварки в среде защитных газов в сравнении со шлаковой защитой?
18. Основные затруднения при сварке деталей в среде углекислого газа?
19. Недостатки сварки в среде углекислого газа, как устраняются?
20. Номенклатура ремонтируемых деталей в среде углекислого газа?
21. Почему сварку в среде углекислого газа можно применять для ремонта тонколистовых деталей?

5 Восстановление деталей методами гальванизации и напыления

5.1 Восстановление деталей гальваническим и химическим наращиванием металла

5.1.1 Гальванические и химические покрытия *применяют в ремонтном производстве* для восстановления размеров изношенных поверхностей деталей, повышения их износостойкости, защиты деталей от коррозии, придания поверхностям эстетического внешнего вида, улучшения прирабатываемости трущихся поверхностей, защиты их от науглероживания при цементации.

- *Историческая справка.* В 1907 г. Зальцер (Германия) получил патент на гальваническое отложение хрома из электролита. В 1920 г. французский инженер Саргент и немецкий Либрейх открыли технологические условия для получения осадков хрома с различной механической прочностью. В промышленности хромирование деталей стало применяться с 1922 г., в ремонтной практике с 1927 по 1930 гг. (впервые этот способ применен в нашей стране при ремонте авиатехники).

5.1.1.1 *Физико-механические свойства хрома.* По сравнению с другими металлами хром обладает высокой температурой плавления – 1830 °С (сталь - 1300...1400 °С, чугун – 1200 °С), малым коэффициентом линейного расширения (в 1,37...1,46 раза меньше, чем у стали); теплопроводность хрома при 20 °С почти на 50 % выше теплопроводности стали и на 40 % выше чугуна; жаростоек: естественный цвет хромо-вых покрытий начинает изменяться только при 480...500 °С; высокая коррозионная стойкость (объясняется способностью пассивироваться, т. е. покрываться пленкой окислов в атмосферных условиях); высокая химическая стойкость (органические кислоты не действуют; растворяется в соляной и горячей серной кислоте); высокая отражательная способность. Временное сопротивление хрома разрыву уменьшается при увеличении толщины слоя покрытия ($t = 0,1$ мм; $\sigma = 500...600$ МПа; $t = 0,5$ мм; $\sigma = 160...300$ МПа). Сопротивление сосредоточенным динамическим нагрузкам в значительной степени зависит от прочности основного металла детали (на мягком основании хромо-вое покрытие продавливается вместе с металлом основы). Хромированием нельзя заменить цементацию и закалку. Прочность хромо-вых покрытий при касательных усилиях сравнительно невелика (разрушается, если поверхность хрома неровная; задиры, если между трущимися поверхностями попадают твердые частицы).

Коэффициент трения хрома по сравнению с большинством металлов отличается низкой величиной, что можно объяснить мелкозернистой структурой его осадков, высокой твердостью и особой гладкостью поверхности. Благодаря этому хромирование одной из сопряженно работающих на трение деталей способствует понижению усилий трения и уменьшению теплообразования в процессе работы.

Высокая твердость, низкий коэффициент трения и химическая стойкость электролитического хрома способствуют его высокой износостойкости. При правильно выбранных условиях нанесения и эксплуатации хромо-вого покрытия износостойкость стальных деталей возрастает в результате хромирования, примерно в три-пять раз.

Таблица 5.1 – Коэффициенты трения

Металл пары	Коэффициент трения	
	хрома	стали (закаленной)
Чугун	0,06	0,22
Бронза	0,05	0,11
Баббит	0,03	0,19

Отрицательные стороны хромирования:

- гладкий хром имеет плохую смачиваемость (повышается пористым хромированием на период приработки деталей);

- осадки хрома характеризуются высокими внутренними напряжениями. Усталостная прочность стали в результате понижается (при толщине слоя хрома 0,2 мм на 30...40 %). Хромированные детали, работающие при знакопеременных нагрузках, целесообразно подвергать термической обработке при температуре 150...200 °С. При этом из хрома удаляется до 2/3 содержащегося в нем водорода и уменьшается хрупкость покрытия. Для более полного удаления водорода температура нагрева должна быть повышена до 400...500 °С;

- низкий к.п.д. хромо-вых ванн (12...15 %);

- возможность восстановления деталей с относительно небольшим износом (менее 0,3...0,4 мм). Если деталь воспринимает ударные нагрузки, то толщина хромирования не более 0,05...0,08 мм;

- сложность подготовительных работ.

5.1.1.2 Состав электролитов и режим хромирования

Таблица 5.2 – Состав электролитов и режим хромирования

Наименование компонентов и режим работы	Тип электролита		
	низкой концентрации	средней концентрации	высокой концентрации
CrO ₃ , г/л	150	250	350...400
H ₂ SO ₄ , г/л	1,5	2,5	3,5...4,0
Dk, А/дм ²	45...100	15...60	10...30
t, °C	55...65	45...55	35...45



Хромовый ангидрид растворяют в дистиллированной воде, получается хромовая кислота. SO₄²⁻- сульфатная активная добавка (катализатор). Для получения покрытия хорошего качества необходимо, чтобы отношение концентраций CrO₃: H₂SO₄ в электролите поддерживалось постоянным на уровне 100±10.

Основными факторами, влияющими на качество хромового покрытия, являются состав электролита, его температура и катодная плотность тока.

Рабочий интервал температур, при которых возможно получение удовлетворительных осадков хрома, практически лежит в пределах 45...70 °С. Отклонения от установленной температуры в процессе электролиза не допускаются более чем на ± 1...2 °С. Применяемые при хромировании плотности тока лежат в пределах 10...100 А/дм².

Изменяя режим электролиза, можно получить так называемые молочные, блестящие и матовые (серые) осадки хрома.

Осаждение на катоде серых (*матовых*)осадков происходит при низких температурах электролита (35 °С и ниже) и любой плотности тока. Эти покрытия отличаются высокой хрупкостью и низкой износостойкостью. Применяются при наращивании поверхностей деталей под прессовые посадки.

Для декоративных покрытий важно, чтобы осадки хрома были блестящие, так как электроосажденный хром трудно поддается полированию. Блестящие осадки хрома получаются при средних температурах электролита 45...65 °С в широком диапазоне плотности тока. Осаждение блестящего хрома возможно и при высоких температурах электролита из разбавленных растворов при высоких плотностях тока. Например, при температуре 70...75 °С плотность тока может достигать 150...200 А/дм², что позволяет соответственно повысить скорость осаждения хрома и уменьшить продолжительность хромирования. Блестящий хром имеет наиболее высокую твердость НВ 750...900, хорошее сцепление с металлом детали и относительно небольшую хрупкость. Выход по току для блестящих осадков в сульфатных ваннах составляет 12...14 %.

Блестящие осадки применяют также для ремонта деталей, работающих при удельных нагрузках, не превышающих при сухом трении 25...30 кгс/см² и при смазке 40...50 кгс/см².

Осадки молочного хрома получают при высоких температурах электролита (выше 65 °С) и сравнительно невысоких плотностях тока. Покрытия молочным хромом по сравнению с другими имеют невысокую твердость (НВ 250...750), значительную пластичность; отличаются большей смачиваемостью, отсутствием сетки трещин в тонких слоях. Рекомендуются для наращивания наиболее ответственных деталей, работающих при высоких динамических нагрузках и средних удельных давлениях порядка 80...100 кгс/см².

5.1.1.3 Размещение деталей в ванне. Ванна хромирования (имеет водяную рубашку с автоматическим регулированием, электроподогрев и вентиляционный отсос) облицована листовым свинцом (винипластом, стеклом, антегмитной плиткой – графитопластом или лаком). Ванны электрообезжиривания, анодного травления, промывки и улавливания электролита облицовывают винипластом.

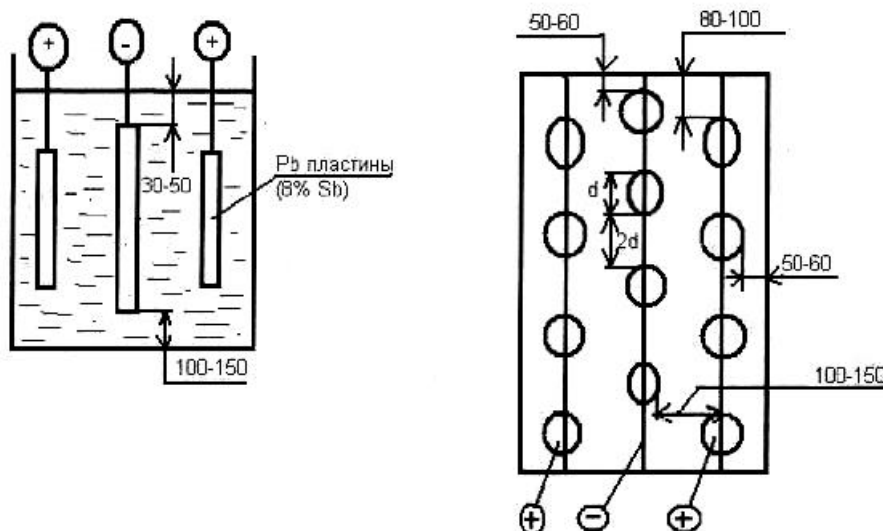


Рисунок 5.1 Размещение деталей в ванне

Минимальное погружение детали в ванне допускается 30 мм. Мелкие детали размещаются в несколько ярусов. Минимальное расстояние деталей от дна ванны - 80...100 мм. Соотношение площади катода и площади анода рекомендуется 1:2. Длина анода берется несколько меньше длины катода, что позволяет избежать интенсивного дендритообразования на краях детали.

5.1.1.4 Ремонтно-восстановительное хромирование. Размерное хромирование – процесс, в результате которого покрытие на детали получается строго необходимой толщины и не требует последующей механической обработки (шлифовки). Обычно слой хрома при размерном хромировании составляет от нескольких микрон до 0,04...0,07 мм. Допустимая толщина слоя тем больше, чем ниже требования к качеству поверхности и чем больше допуск на отклонение от требуемого размера.

Размерному хромированию подвергаются обоймы роликовых и шариковых подшипников, посадочные поверхности различных валов, золотники гидросистемы, плунжеры топливных насосов и др.

Хромирование с последующим шлифованием. В тех случаях, когда требуется наращивать толстые слои хрома - от 0,08 мм и выше, покрытия подлежат последующей шлифовке. Этот метод хромирования применяется для восстановления деталей, имевших значительный износ или глубокие коррозионные поражения. Толщина хромового слоя под шлифовку доходит до 0,3...0,4 мм. Этим методом восстанавливают различные валы, поршневые пальцы, клапаны и др.

Пористое хромирование. Плотные осадки хрома неудовлетворительно смачиваются маслами. Если детали работают при смазке, не исключаяющей возникновения кратковременного сухого трения, то применять плотное хромирование не рекомендуется. В этом случае применяют пористое хромирование (канальчатое, точечное). Сначала деталь хромируют, а затем производят дехромирование (анодное травление). Активно растворяются участки, расположенные вдоль сетки трещин, и пассивно - гладкие участки поверхности. Глубина пор 0,03...0,06 мм. Детали, работающие в тяжелых условиях и требующие быстрой приработки (например, поршневые кольца) покрывают пористым хромированием с точечной пористостью ($50^\circ \pm 1^\circ$).

Высоконагруженные детали (например, гильзы цилиндров), работающие в условиях недостаточной смазки, высоких температур и в среде, способствующей коррозии, следует восстанавливать пористым хромированием с каналообразной пористостью (60°C). Хорошая смачиваемость маслом - одно из главных преимуществ пористого хрома.

5.1.1.5 Перечень операций технологического процесса (на примере пористого хромирования цилиндров):

1. шлифование;
2. промывка керосином, протирка тканью и очистка контактирующих поверхностей на цилиндре и подвеске;
3. монтаж подвески;
4. обезжиривание и промывка водой;
5. установка анода;

6. погружение в электролит и выдержка 5...8 мин без тока;
7. анодное активирование (декапирование);
8. хромирование;
9. промывка в ванне улавливания хромового ангидрида;
10. промывка холодной водой;
11. демонтаж анода;
12. промывка в горячей воде;
13. сушка;
14. технический контроль и обмеры;
15. термическая обработка с целью обезводороживания хромового покрытия;
16. шлифование до номинального размера с припуском 0,01...0,02 мм;
17. монтаж подвески;
18. обезжиривание и промывка водой;
19. установка катода;
20. анодное травление;
21. промывка в ванне улавливания хромового ангидрида;
22. промывка холодной водой;
23. демонтаж катода;
24. промывка горячей водой;
25. демонтаж подвески;
26. сушка.

При ионном виде связи покрытия с деталью большое значение имеет чистота поверхности. Поэтому производится тщательное обезжиривание и анодное активирование. Анодная обработка производится в хромовом электролите (при небольших программах в хромовой ванне путем переключения полюсов рубильником): для стальных деталей при плотности тока 25...40 А/дм² в течение 30...90 с, для чугунных – 20...25 А/дм² в течение 5...10 с.

При этой операции хромируемая поверхность полностью очищается бурно выделяющимся кислородом от остатков органических загрязнений. Слабым протравливанием с нее удаляют тонкие окисные пленки и поверхностный слой металла с искаженной структурой, обеспечивая наилучшие условия для надежного сцепления хрома с металлом детали. Никелированные изделия перед хромированием рекомендуется активировать в 3...5%-ом растворе соляной или серной кислоты.

Перед износостойким хромированием поверхность детали обычно подвергается шлифованию для устранения следов износа; при защитно-декоративном покрытии - полированию (венской известью – смесь СаО и MgO, шкуркой и другими способами). Все недостатки полировки будут особенно заметны на блестящем хромовом покрытии, и их удаление после хромирования практически невозможно.

Участки детали, не подлежащие хромированию, а также подвески, за исключением мест контактов, должны быть *изолированы*. Для изоляции применяют лаки (цапонлак, эмалит, перхлорвиниловый и др.), липкие ленты, фольгу и другие материалы. Также при железнении применяют для изоляции расплав парафина (70 %) с канифолью (30 %). Отверстия закрывают свинцовыми пробками (и другими). Если это не сделать, вокруг отверстий появляются участки, не покрытые хромом.

5.1.1.6 Декоративное хромирование

Применяется для бамперов, декоративных решеток, штабиков (закрывают стыки панелей), молдингов (облицовка на радиаторе), дверных ручек и т. д. Блестящий хром недостаточно плотен, трещиноват. Это вынуждает коррозионно-стойкие покрытия получать с подслоями меди и никеля. Например: медь (2...3 мкм), никель (5...10 мкм); хром (1...2 мкм); представительские автомобили - никель, медь, никель, хром.

Перечень операций технологический процесс декоративного хромирования:

1. шлифование;
2. полирование;
3. обезжиривание;
4. промывка в воде;
5. декапирование;
6. промывка в воде;
7. меднение цианистое;
8. промывка в воде;
9. никелирование;

10. промывка в воде;
11. полирование;
12. глянец (натирание окисью хрома);
13. протирка венской известью;
14. промывка в воде;
15. хромирование;
16. промывка в воде;
17. глянец.

В современных автомобилях кроме блестящих хромовых покрытий в отделке начинают применяться цветные хромовые покрытия (черные, синие, фиолетовые, агатовые, зеленые, коричневые, красные, молочно-блестящие), а также хромовые пленки типа слоит, зернит, муар, мороз и другие.

Например, для покрытия черным хромом (подслой - молочный или блестящий хром) применяется электролит (г/л) и режим процесса:

- хромовый ангидрид - 300...350,
- уксуснокислый барий - 5...7,
- азотнокислый натрий - 7...10,
- борная кислота - 12-15,
- плотность тока, А/дм² - 40...80,
- температура электролита, °С - 30...40,
- выход по току, % - 2...2,3.

Фторид кальция и фторидно-кремнефторидные электролиты позволяют получить синие и голубые осадки.

Хромирование алюминиевых и титановых деталей производят в ультразвуковом поле (ультразвук разрушает окисную пленку). Схема технологического процесса хромирования силумина: обезжиривание в 10%-ной каустической соде; осветление в разбавленной смеси азотной и плавиковой кислот; меднение в кислой ванне; хромирование в проточном электролите при $D_k = A/dm^2$, $t=80^\circ C$ и потоке 10...20 см³/с.

В специальной и учебной литературе можно найти различные усовершенствования технологического процесса хромирования, направленные на повышение выхода по току, снижение напряжений в осадке, стабилизацию электролита, ведение процесса при комнатной температуре, безванное (струйное) хромирование, в проточном электролите для сложных корпусных деталей и др.

Например, холодный саморегулирующийся электролит (г/л): хромовый ангидрид - 380...420, сернокислый кобальт - 18...20, углекислый кальций - 60, температура, °С - 20...22, выход по току, % - 40, скорость осаждения хрома, мм/ч - 0,4.

Исправление брака

Производят в ванне для обезжиривания в 5...10% растворе каустической соды. Катодом служит стальная пластина.

Анодная плотность тока - 10...20 А/дм². Температура - 20°C.

Время - 15...30 мин.

Снять покрытие можно также в 5...20% растворе соляной кислоты.

Восстановление деталей с применением железнения (осталивания).

Покрытие твердым железом (НВ 300...725) впервые в ремонтной практике было применено в 1956 г. Саратовским АРЗ. На этом предприятии освоили восстановление около 60 наименований деталей:

- детали вращения - клапаны, толкатели, вал рулевой сошки, валы и оси насосов (водяного, масляного, гидроусилителя), шкворень, вал педали сцепления, вал коробки передач, ведущая коническая шестерня, распределительный вал, разжимной кулак тормозов и др.;

- детали сложной конфигурации - чашка коробки дифференциала, поворотный кулак, крестовины, коленчатые валы (в основном, гнезда подшипников шариковых и роликовых).

Для поверхностей трения с HRC более 56 рекомендуется последующее хромирование. Мягкие покрытия (НВ 120...300) применяют:

для наращивания ответственных поверхностей (например, наружной поверхности бронзовых втулок);

для покрытия пластинок из твердого сплава для облегчения припайки к инструментам; изготовления медножелезных электродов;

для ремонта ответственных поверхностей деталей с последующей химико-термической обработкой или хромированием.

Следует помнить, что оптимальная твердость поверхности детали, обеспечивающая высокую износостойкость, во многом зависит от материала сопряженной детали (определяется опытным путем).

Таблица 5.3 – Оптимальная твердость железных покрытий

Марка материала сопряженной детали	Оптимальная твердость покрытия $H_B, \text{кгс/мм}^2$	Коэффициент трения, f	Сила сжатия, Q , МПа
Силумин АК-4	400...425	0.173	11
Чугун серый СЧ-15	500...525	0.080	15
Бронза Бр. ОЦС -6-4,5	525...550	0.060	17
Баббит СОС-6-6	610...630	0.086	10

В условиях недостаточной смазки предпочтительно применять пористые железные покрытия ($D_A = 25...35 \text{ А/дм}^2$, время - 3...5 мин; температура 75...80 °С; глубина пор - 70...100 мкм).

5.1.2 Электролиты

Наиболее полно требованиям производства удовлетворяют горячие хлористые электролиты простейшего состава (без добавок). Исходными материалами для его приготовления являются хлористое (двухвалентное) железо $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и соляная кислота HCl . В промышленности электролит готовят путем травления стальных стружек в соляной кислоте.

Малоконцентрированный электролит ($\text{FeCl}_2 - 200...220 \text{ г/л}$) при температуре 60...80 °С и плотности тока 30...50 А/дм^2 обеспечивает получение плотных и гладких покрытий высокой твердости 4500...6500 МПа (450...650 кгс/мм^2), толщиной 0,8...1,5 мм. Толщина покрытий ограничивается появлением на поверхности осадков, шероховатости и дендритов, которые возникают тем быстрее, чем выше плотность тока и чем ниже температура электролита. Толщина наращиваемого металла может быть значительно увеличена повторным завешиванием деталей в ванну после предварительной механической обработки.

Среднеконцентрированный электролит (400...450 г/л) обеспечивает получение гладких плотных покрытий толщиной до 2 мм и твердостью 2500...4500 МПа. Применяют, например, для наращивания железом посадочных поверхностей под подшипники в корпусных деталях. Поскольку при постоянстве режимов электролиза электролиты с концентрациями хлористого железа, равными 700 и 100 г/л, с течением времени принимают одинаковую концентрацию 300...350 г/л (анодные и катодные выходы железа по току становятся близкими друг к другу), то именно этот электролит широко применяется на гальванических участках.

Высококонтцентрированный электролит (600...680 г/л) при высокой температуре (75...95 °С) и невысокой плотности тока обеспечивает получение мягких твердостью 1200...2000 МПа и вязких покрытий толщиной 2...3 мм и более. В этом электролите могут быть получены и твердые покрытия до 6000 МПа, но покрытия более шероховатые, чем из электролитов с меньшей концентрацией железа.

Концентрацию соляной кислоты в электролите рекомендуется применять в пределах 1,1...3,0 г/л. Используется химически чистая или техническая кислота, с ингибиторами коррозии не пригодна. Иногда в электролит вводят другие компоненты: $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ повышает твердость и коррозионную стойкость покрытия, $\text{NiCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ - коррозионную стойкость и износостойкость. При приготовлении электролита водопроводную воду кипятят или используют дистиллированную воду. Аноды делают из малоуглеродистой стали марок 08 или 10.

Особенности технологического процесса (в сравнении с хромированием)

При подготовке деталей к осаждению твердого железа основное отличие в особенностях анодного травления (электрохимической подготовке). Дело в том, что после анодного травления в процессе промывки деталей и переносе их в ванну электролиза железо успевает несколько окислиться (в течение 3 с пребывания на воздухе образуется окисный слой толщиной 14Å), что снижает прочность сцепления электролитического железа с деталью. На этот период необходимо пассивировать поверхность детали. Разработано два варианта электрохимической подготовки деталей.

Анодная обработка в растворе серной кислоты выполняется с целью: растворения тонкого дефектного слоя на поверхности деталей, подвергавшихся в процессе эксплуатации или механической обработки наклепу, окислению и другим воздействиям внешней среды; очищения поверхности от нерастворимых продуктов (анодного шлама), создания пассивной пленки, состоящей из мономолекулярного слоя кислорода. Пассивная пленка прочно адсорбируется с поверхностными атомами металла, при этом защищает их от непосредственного взаимодействия с внешней средой при выполнении последующих операций подготовки (с промывочной водой и с самим электролитом).

Анодная обработка производится после обезжиривания и промывки деталей холодной водой (18...25 °С) в электролите следующего состава: 30%-ный раствор серной кислоты (365 г/л) + 10...25 г/л сульфата железа (железного купороса) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Плотность электролита 1,23 г/см³ (кг/м³). Детали при анодной обработке являются анодами. В качестве катодов применяют пластины из свинца или нержавеющей стали. Площадь катодов должна в 3...4 раза превышать площадь анодов (обрабатываемых поверхностей деталей). В производственных условиях для обеспечения единого режима анодной обработки для деталей различных наименований задают для всех деталей $D_A = 60...70 \text{ А/дм}^2$, $\tau_a = 2...3 \text{ мин}$.

Отличительная особенность второго варианта заключается в том, что анодная обработка производится в два этапа:

- анодное травление в растворе хлористого железа (в ванне осаждения железа),
- анодное травление в растворе серной кислоты.

Это позволяет осуществить глубокое травление поверхности для деталей с небольшим износом и исключить предварительную механическую обработку и, следовательно, уменьшить требуемую толщину наращиваемого слоя.

После анодного травления детали промывают сначала холодной, а затем горячей водой (55...60 °С). При этом детали прогреваются в зависимости от массы 1...5 мин.

После анодной обработки необходима выдержка детали без тока в ванне с электролитом (для удаления пассивной пленки). Кроме того, начальная плотность тока при осаждении железа должна быть в несколько раз ниже рабочей и в течение 5...10 мин постепенно повышаться до номинального значения.

В качестве материала для изготовления деталей подвески применяют плоскую или круглую сталь. Контактные крючки подвесок изготавливают из меди или латуни. Лучший материал для подвески – титан, который практически не корродирует в 35%-ных растворах серной или соляной кислот при температурах 25...60 °С.

5.1.3 Железнение деталей на асимметричном переменном токе

5.1.3.1 Этот вид железнения нашел широкое применение. Положительные стороны: улучшается сцепление осадка железа с основным металлом, можно вести электролиз при комнатной температуре, возможно изменять в нужную сторону механические свойства электролитического железа при помощи регулирования режима электролиза, не изменяя температурный режим и концентрацию электролита (при электролизе железа постоянным током).

5.1.3.2 Схема для получения асимметричного переменного тока показана на рисунке 5.2. От вторичной обмотки однофазного трансформатора ТС-500 отбирается переменный ток. Один конец вторичной обмотки подключен непосредственно к анодным штангам гальванической ванны, а другой к двум, противоположно направленным однополупериодным выпрямителям ВК-200, подключенным параллельно друг другу. К каждому выпрямителю последовательно подключен свой реостат. Регулируя силу тока одного и другого, можно добиться любого их отношения, т.е. асимметрии.

Такое раздельное регулирование катодной и анодной составляющей тока позволило для задания режимов электролиза пользоваться двумя параметрами: плотностью тока катодного полупериода D_k , представляющего отношение силы тока в катодный полупериод и площади катода; катодно-анодным отношением:

$$\beta = \frac{i_k}{i_a}, \quad (5.2)$$

где i_k и i_a – сила тока в катодный и анодный полупериоды.

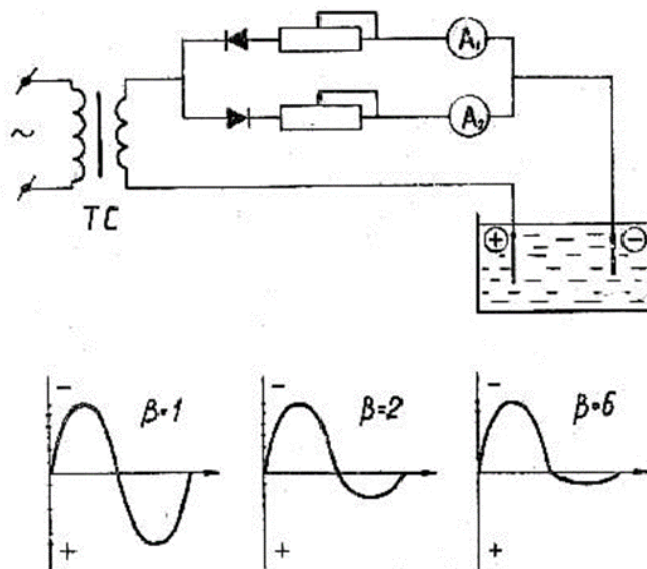


Рисунок 5.2 Железнение деталей на асимметричном переменном токе

При электролизе асимметричным переменным током величина катодно-анодного отношения оказывает решающее влияние на механические свойства осадков электролитического железа. Недостатков реостатных схем можно избежать, если вместо обычных кремниевых диодов использовать управляемые вентили-тиристоры. Красноярский технический университет предложил несколько вариантов тиристорных установок, одна из них, позволяющая экономить расход электроэнергии в два раза.

5.1.3.3 При увеличении катодно-анодного отношения уменьшается влияние анодной поляризации (скопление ионов возле катода и анода вызывает изменение магнитных силовых линий в электролите) на электрокристаллизацию. Электролиз можно вести без подогрева электролита. При электролизе постоянным током поляризацию технологи уменьшают подогревом электролита, что значительно усложняет конструкцию ванны (двойная стенка, масло, электронагреватели). Кроме того, если осаждать железо постоянным током, то на катоде будет происходить высадка железа и разряд ионов водорода, что вызывает появление гидроокиси железа, отрицательно влияющей на качество осадка. Наибольшая износостойкость достигается при $B = 8$ (по Бринеллю). Микротвердость при увеличении B изменяется в пределах по шкале HRC 22...55. Затем износостойкость снижается из-за появления в осадке гидроокиси железа.

При железнении деталей на асимметричном токе применяется хлористый электролит средней концентрации с добавлением йодистого калия (КJ) и серной кислоты. Добавки повышают электропроводность электролита и снижают шероховатость осадка.

Осадки, полученные при $B = 2$, имеют гладкую матовую поверхность, что указывает на их крупнокристаллическую структуру. При $B = 4$ осадки имеют полублестящую поверхность и, начиная с $B = 7$, поверхность осадков имеет явно выраженный блеск.

5.1.4 Восстановление деталей никелированием

5.1.4.1 В ремонтной практике применяется, в основном, как подслои при декоративном хромировании (используется серноокислый никель). На воздухе никель покрывается прозрачной пассивной пленкой, вследствие чего долго сохраняет блеск. Однако под действием влаги и газов постепенно тускнеет. Кроме того, никелевые покрытия мягкие, легко поддаются механическим воздействиям (царапины и т.п.). Поэтому для декоративных целей не применяется (только как подслои при хромировании).

Твердое никелирование можно применять для восстановления деталей, сопряженных с подшипниками (Hv 400...450). *Положительные стороны* (в сравнении с хромированием):

- более высокий электрохимический эквивалент, $s = 1,095$ г/а.ч. (0,323 - Cr);
- выход по току = 90 % (в 7 раз больше, чем при хромировании);
- расход электроэнергии меньше в 20...30 раз.

Недостатки:

- уступает хромированию в износостойкости.

5.1.4.2 Твердость никелевых осадков повышается при совместном отложении с фосфором.

Одна из ванн:

- $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ - 175 г/л

- $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - 50 г/л

- H_3PO_4 - 50 г/л

- H_3PO_3 - 1,3 г/л

Твердость осадков Ni -P составляет Нв 350. 720. Твердость можно повысить нагреванием в течение одного часа при 400 °С.

5.1.4.3 Химическое никелирование

Заключается в том, что в химический раствор подготовленные детали загружаются на определенное время, и они покрываются пленкой окисла. Получение осадка никеля основано на восстановлении ионов никеля до металла под действием гипофосфита натрия. Никель - фосфорные покрытия содержат 3. 10% фосфора и после термической обработки (стальные детали - 400°С, алюминиевые - 240°С, τ - 45...60 мин, Нв 350 ... 800) получают высокие антифрикционные свойства.

Химикаты вводят в дистиллированную воду (85 °С), детали загружают при температуре 90...93 °С. Раствор используют один раз и заменяют новым. Выход никеля - 30. 35 %, от теоретически возможного. Плотность загрузки - 1,2 дм²/л. Скорость осаждения - 15. 16 мкм/ч. Химическое никелирование возможно на любые металлы, за исключением Sn, Cd, Pb, Mn.

Один из составов:

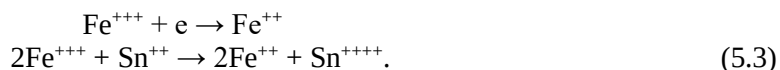
- $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ - 21. 22 г/л;

- гипофосфит натрия $\text{Na}_2\text{H}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ - 22..... 23 г/л;

- уксуснокислый натрий $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na}$ - 10 г/л. PH = 5,2 ... 5,4.

5.1.5 Сущность антикоррозионной защиты. Цинкование

5.1.5.1 При соприкосновении двух металлов в присутствии электролита (влаги с растворенными в ней солями) образуется гальваническая пара, в которой более электроотрицательный металл становится анодом и растворяется, а менее - катодом. Например, если железо ($\phi_0 = 0,440\text{В}$) покрыть цинком ($\phi_0 = 0,766\text{В}$), то при повреждении покрытия (царапина) во влажной среде, в воздухе, например корродирует цинк (анодная или электролитическая защита металлов). Если железо покрыть оловом ($\phi_0 = -0,136\text{В}$) или Ni, Cr, Cu, то при тех же условиях корродирует железо (катодная защита или механическая). Иногда покрытия делают многослойными для уменьшения отрицательного влияния пористости при хромировании, например:



Окислительно-восстановительный потенциал (электродный потенциал) измеряется по отношению к нормальному водородному электроду (платина, на которой адсорбируется водород). На практике используется каломель Hg_2Cl_2). Сам же электрод (например, Fe) помещается в раствор любой соли железа. Отрицательный потенциал принадлежит тем электродам, которые по отношению к нормальному водородному электроду заряжаются отрицательно, т. е. на этом электроде ионы металла переходят с электрода в раствор. Положительный - наоборот (Cu, Ag, Au).

5.1.5.2 Цинкованию в ремонтной практике подвергают нормали (болты, шпильки, гайки, шайбы), наконечники электропроводов. Цинкование этих деталей производят в наклоненном колоколе (катод) при частоте вращения 18...20 1/мин. Внутри колокола находится анод (Zn).

Один из составов (кислый электролит): - ZnSO_4 - 215 г/л;

- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ - 30г/л (для поддержания кислотности на определенном уровне);

- $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$ (Al квасцы) - 50 г/л;

- Na_2SO_4 - 100 г/л (повышает электропроводность и улучшает структуру);

- $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ (декстрин) - 10 г/л (улучшает структуру).

Режим: $t = 20^\circ\text{C}$; Дк - 3...5 А/дм².

Электролит этот имеет невысокую рассеивающую способность, поэтому применяется только для цинкования несложных деталей. Рассеивающей способностью электролита называется способность давать равномерные по толщине осадки. Магнитные силовые линии концентрируются на краях анодов и катодов, поэтому на краях детали более толстые слои металла.

Для цинкования сложных деталей используют цианистые и цинкатные (щелочные) электро-

литы. В ремонтном деле не применяют из-за высокой их токсичности (небольшие предприятия не могут обеспечить необходимый уровень охраны труда).

5.1.5 Меднение

5.1.5.1 Область применения:

- восстановление размеров втулок (меднение наружной поверхности, а потом обжатие);
- восстановление натяга (наружная поверхность вкладышей);
- для облегчения приработки и улучшения плавности зацепления (меднение червяков, шестерен;
- подслои при защитно-декоративных покрытиях;
- защита поверхностей деталей при цементации.

5.1.5.2 Медь хорошо смачивается маслом, хорошо сопротивляется контактному схватыванию, особенно в пассивированном состоянии. В атмосферных условиях корродирует в незначительной степени; растворяется в азотной и серной кислотах. В щелочной среде и соляной кислоте растворяется медленно.

5.1.5.3 Наиболее простой и нетребовательной с точки зрения охраны труда является сернокислая ванна (кислое меднение):

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 200...250 г/л (медный купорос);

H_2SO_4 - 50...75 г/л.

Режим: $t = 20^\circ\text{C}$;

$D_k = 1...3 \text{ А/дм}^2$;

$\tau = 1...1,5$ мин (меднение против схватывания);

$H_v = 60...80$.

Недостатки: невозможно покрывать Fe, Zn и их сплавы, так как на поверхности их при погружении в ванну контактно выделяется медь, отличающаяся плохим сцеплением и большой пористостью (предварительно покрывают детали никелем).

На больших предприятиях используют цианистые ванны (токсичные):

- Цианистая медь CuCN - 40...60 г/л;
- Цианистый натрий NaCN - 6...8 г/л;
- Углекислый натрий Na_2CO_3 - 30...60 г/л;
- Кислый фосфорно-кислый аммоний: $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ - 5 г/л, $t = 40...60^\circ\text{C}$;
- $D_k = 3...4 \text{ А/дм}^2$;
- $t_k: t_a = 10 : 1$ (реверсирование);
- $H_v = 120...150$.

5.1.6 Электронатирание

Анод (натир) изготавливается из электропроводного кислотостойкого металла, обматывается в несколько слоев хлопчатобумажной или шерстяной тканью, которая в процессе электролиза непрерывно увлажняется электролитом через краник. В этих условиях трудно выдержать необходимый тепловой режим, стабильность состава электролита, что снижает качество покрытия.

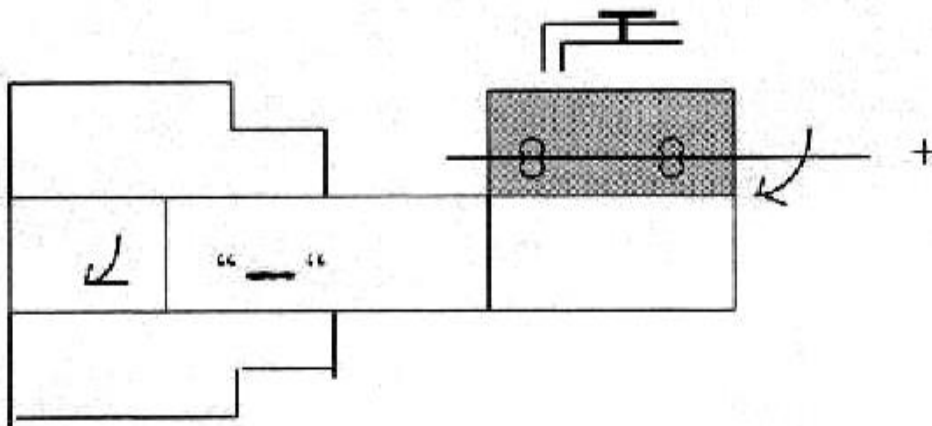


Рисунок 5.3 Схема восстановления деталей электронатиранием

Метод применяется, в основном, для восстановления посадочных гнезд под подшипники в корпусных деталях.

5.2 Восстановление деталей газотермическим напылением (металлизацией)

5.2.1 Газовое напыление изобрел австрийский инженер Шооп (начальное название - шоопирование) в 1910 году. В 1914 году он же получил патент на электродуговую металлизацию (так называлось напыление до 80-х годов). Ведущая фирма в этой области – «Кастолин Эвтектик» (Швейцария). В нашей стране в ремонтной практике впервые применил металлизацию в 1937 году Московский АРЗ-2. Отечественные электрометаллизаторы появились в 1937 году. В 40-е годы ведущим заводом по производству газовых, электрических, плазменных, детонационных металлизаторов был Барнаульский аппаратурно-механический завод, а ведущий НИИ - АНИТИМ

5.2.2 Сущность процесса (электродугового напыления)

Процесс характеризуется тем, что получение расплава осуществляется в результате тепла электрической дуги, горящей между двумя электродными проволоками, а распыление осуществляется струей сжатого воздуха.

Металл распыляется до частиц размером 10...15 мкм, толщина получаемого слоя может достигать 12 мм и выше. На структуру и свойства слоя значительное влияние оказывает скорость движения частиц, их масса и размеры, температура во время полета. Большинство этих факторов зависит от режимов электродуговой металлизации.

Высокая скорость (максимальная - 190 м/с) и малое время полета ($\leq 0,003$ с) распыленных частиц позволяет им достигать поверхности детали, будучи в пластическом состоянии. Температура части у металла по оси струи на расстоянии от сопла аппарата, равном 50 мм, составляет 1030 °С, а на удалении 200 мм – 900 °С.

Высокая конечная скорость полета пластичных частиц металла, обладающих большим запасом кинетической энергии, способствует плотному контакту частиц с микрорельефом поверхности детали и между собой. Некоторое влияние на снижение контактной прочности оказывает окисление восстанавливаемой (упрочняемой) поверхности, а также металлических частиц в процессе полета и нанесения их на деталь. Известно, что окислы являются более хрупкими чем металл, и в этой связи снижается прочность нанесенного слоя. При использовании, например, в качестве транспортирующего газа азота прочность металлизационных покрытий заметно увеличивается.

5.2.3 Техническая характеристика электродугового металлизатора КДМ-2, в который входят два электрометаллизационных аппарата ЭМ-14М, специализированный тиристорный источник питания ТИМЕЗ-500 с пультом управления и блоком кассет.

Таблица 5.4 – Техническая характеристика электродугового металлизатора КДМ-2

Параметры оборудования	КДМ - 2
Производительность при напылении металла, кг/ч:	
алюминия	12,5
цинка	32,0
стали	10,0
Диаметр распыляемой проволоки, мм	1,5...2
Скорость подачи проволоки, м/мин	2...12
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа	0,5... 0,6
Рабочий ток, А	400

Продолжение таблицы 5.4

Параметры оборудования	КДМ - 2
Напряжение, В: дуги (рабочее) рабочее питающей сети	17...44 380
Потребляемая мощность, кВт	25
Масса, кг	470

5.2.4 Газопламенное напыление

5.2.4.1 *Процесс напыления.* В качестве источника энергии используют газокислородное пламя. Для транспортирования нагретого напыляемого порошка на упрочняемую поверхность используют сжатый воздух или газокислородную струю. В качестве газа наиболее часто в ремонтном производстве применяют ацетилен или пропан-бутан. При первом способе напыления порошок из емкости, закрепленной на горелке, после открытия клапана поступает в канал горелки и захватывается потоком транспортирующего газа. При выходе из сопла горелки порошкообразный материал попадает в зону пламени, где происходит его оплавление. В дальнейшем потоком горящих газов порошок, находящийся в тестообразном состоянии, подается на восстанавливаемую поверхность. Во втором способе порошок подается из емкости непосредственно в факел пламени под действием силы тяжести.

Достоинства первой схемы газопламенного напыления заключаются в том, что транспортировка порошка к поверхности детали происходит под действием струи газа, а это уменьшает степень окисления частиц. В результате повышается качество напыленного слоя и прочность сцепления его с основным металлом. Преимущества второго способа заключаются в простоте оборудования, возможности точной регулировки мощности пламени, отпадает необходимость в транспортирующем газе.

5.2.4.2 *Подготовка детали к металлизации.* Для повышения прочности сцепления восстанавливаемой поверхности придают необходимую шероховатость различными способами:

- 1) Нарезание резьбы с последующей накаткой. Прочность сцепления - 180...250 кгс/см².
- 2) Накатка резьбы роликом на глубину 0,4...0,6 мм; угол заострения зуба - 40...60 °С.
- 3) «Рваная» резьба (вылет резца: 150...200 мм, а режущую кромку располагают ниже центра на 1,5...2,0 мм) - для незакаленных сталей.
- 4) Насечка трещины слесарным путем.
- 5) Дробеструйная обработка чугуной дробью ДЧК-01 или корундом с размером зерна 0,5...8,0 мм при давлении сжатого воздуха 0,5...0,7 МПа.

Этот вид обработки деталей получил наибольшее распространение, так как в меньшей степени снижается усталостная прочность и более технологичен, применяется в основном для обработки закаленных сталей.

Для повышения прочности сцепления покрытия с основанием применяют и другие методы:

- 1) применение для дутья инертных газов вместо воздуха;
- 2) предварительный нагрев детали перед металлизацией;
- 3) термическая обработка после металлизации (особенно оплавление газовой горелкой или ТВЧ);
- 4) применение подслоя (молибден, нержавеющая сталь, экзотермические композиции из смеси никеля и алюминия).

На прочность сцепления значительное влияние оказывает первый слой напыленных частиц, так как он наносится в наиболее неблагоприятных условиях. Это связано с резким охлаждением частиц при контакте с холодной поверхностью детали, в результате чего их пластичность снижается. По этой причине смачивание твердой поверхности происходит в неблагоприятных условиях в сравнении со смачиванием последующих слоев. Требуемые условия для возникновения молекулярных сил для большинства частиц отсутствуют из-за наличия окисной пленки на поверхности деталей и напыленных частиц. Кроме того, из-за значительной разницы температур частиц и детали в покрытии по границам частиц возникают внутренние напряжения.

Каждый последующий слой частиц имеет более высокую температуру. В связи с этим прочность сцепления частиц между собой выше прочности сцепления покрытия с восстанавливаемой поверхностью.

Наиболее широкое применение получили для подслоя порошки, которые при нагреве вступают

в экзотермическую реакцию. В результате частицы металла свариваются с материалом детали (t° более 1500 $^\circ\text{C}$). Размеры зоны сплавления незначительны и лежат в пределах 0,1 мм.

5.2.4.3 Оборудование для газопламенного напыления

1) Горелка ГН-2 предназначена для ацетилено-кислородной наплавки и напыления гранулированных самофлюсующихся и экзотермических порошков. Горелка работает по принципу инжектирования кислородной струей и горючего газа кислородно-порошковой смесью.

Основные технические характеристики:

- диапазон толщин напыляемого слоя, мм - 0,3...2;
- расход порошка при непрерывной подаче в пламя, кг/ч - 2,0;
- коэффициент использования порошка, % - 75;
- расход кислорода, л/ч - 350...600;
- расход ацетилена, л/ч - 350...600;
- давление O_2 (для мундштука № 4), не более – 0,2...0,3 МПа,
- давление C_2H_2 не менее – 0,1 МПа.

2) Газовый металлизатор МГИ-4 (МГИ-4А – для работы на смеси ацетилен-кислород; МГИ-4П – пропан-кислород).

Таблица 5.5 – Техническая характеристика МГИ-4

Параметры	МГИ-4А	МГИ-4П
Производительность при распылении цинковой проволоки диаметром 4 мм, кг/ч.	до 23	до 23
Диаметр проволоки, мм	2...4	2...4
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа.	0,4...0,5	0,4...0,5
Наибольший расход сжатого воздуха $\text{м}^3/\text{мин}$.	1	1
Наибольший расход кислорода $\text{м}^3/\text{ч}$.	2,5	2,5
Наибольший расход горючего газа $\text{м}^3/\text{ч}$: ацетилена пропана	1,3	1,1
Масса, кг	2,2	2,2

Предназначен для нанесения покрытий из Zn, Al, стали и других металлов в виде проволоки вручную и на станках.

3) Газоплазменная установка для порошкового напыления (УГПЛ). Предназначена для ручного напыления порошков цинка, термопластов и других материалов с температурой плавления не более 800 $^\circ\text{C}$ на металлические поверхности. В ремонтной практике используется для ремонта кузовов, кабин (антикоррозионная защита, исправление поверхностных дефектов).

Таблица 5.6 – Техническая характеристика УГПЛ

Полезный объем порошкового питателя, л.	10
Рабочее давление, МПа: сжатого воздуха ацетилена	0,3...0,6 0,03...0,1
Расход сжатого воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$.	25...30
Расход ацетилена, $\text{м}^3/\text{ч}$.	0,8...1,0
Производительность по напыленным порошку, кг/ч:	
цинковый	7
полимерному ПНФ-12	11
Масса, кг.	не более 16

4) Установка порошкового напыления УПН-8-68 предназначена для газопламенного напыления твердосплавных самофлюсующихся материалов с последующим оплавлением покрытия, а также таких материалов как окись алюминия, нихром и другие с температурой плавления до 2000°C. В кислородно-ацетиленовое пламя аппарата из порошкового питателя непрерывно вдувается смесь кислорода с порошком. Установка используется при проведении работ вручную и при механизированном способе напыления.

Таблица 5.7 – Техническая характеристика УПН-8-68

Полезный объем питательного бачка, л.	2
Размер частиц порошка, мкм.	0,03...0,15
Производительность установки, кг/ч: твердосплавный материал окись алюминия	до 10 до 1,5
Масса установки, кг.	1,7

5.2.5 Порошковая металлургия

В понятие входит: изготовление порошка и деталей, а также нанесение покрытий из порошка.

5.2.5.1 Производство металлического порошка и деталей из порошка из года в год в мире увеличивается, так как эта технология относится к ресурсосберегающим.

Например: шестерню массой 0,44 кг на Барнаульском заводе агрегатов изготавливали из заготовки массой 1,43 кг. Коэффициент выхода металла - 0,33. Сейчас шестерню (0,38 кг) изготавливают из порошка (расход - 0,41 кг).

В 1981 году в СССР выплавляли 170 млн. тонн стали (для сравнения - в 1941 г. - 18 млн. т.). Но металл использовался неэффективно: 28 млн. т. машиностроительные заводы превращали в стружку (при изготовлении двигателя для автомобиля «Москвич» - 42 %); 30 млн. т. - отходы ХПП (холодноштамповочного производства); 12 млн. т. «съедает» коррозия; 8 млн. т. - износ деталей.

Из этих примеров видно, что применение порошков для изготовления и восстановления деталей, для антикоррозионной защиты машин дает больший экономический эффект, а также сберегает металл на планете (в исследованной земной коре на глубину 20 км железа имеется, примерно, 1,8...2,0 %. Железо безвозвратно теряется из-за коррозии, износа деталей; при переплавке и др.). Другое направление в сохранении металла и снижении затрат на производство и ремонт деталей связано с увеличением долговечности деталей. Так, при изготовлении трактора в нашей стране расход металла на запчасти равен весу трактора. Поэтому увеличивается применение высоколегированных сталей, порошков и других износостойких материалов.

5.2.5.2 Изготовление деталей из порошка. Детали делают под прессом (8 т/см²) в вакууме или защитной атмосфере при помощи матрицы и пуансона. Сближение частиц происходит при температуре 1200...1300°C. Прочность высокая ($\sigma_b = 30...40$ кгс/мм²), потому что нет дефектов в структуре. Иногда детали подвергаются калибровке под прессом (например, шестерни). Некоторые детали пропитывают с помощью вакуумного насоса маслом или фторопластом (например, втулки стартера). Рабочие поверхности деталей подвергают также химико-термической обработке (азотированию, цементированию и др.). Детали, сделанные из порошка, легче (плотность в основном 6,3...7,2 т/м³), так как между частицами есть поры.

5.2.6 Используемые материалы в ремонтной практике

Фирма «Кастолин-Эвтектик» (Швейцария) первая разработала порошковые покрытия для ремонтных целей. Выпускаются они и в нашей стране. Например: ПГ-ХН80СР (С - 1,21 %, Si - 2,64%, Fe - 2,27 %, Cr - 14,98 %, В - 0,97 %, Ni - остальное).

Бор и кремний снижают температуру плавления до 980...1100°C, придают способность самофлюсования, повышают одновременно твердость и износостойкость. Прочность сцепления никель-хромборкремниевых сплавов при плазменном напылении - 37...44 кгс/мм².

Композиционные порошки ПТ-НА-01 и ПГ-19Н-01 представляют собой плакированные алюминием сферические частицы на основе никеля и его сплавов. Эти порошки используют для напыления

без последующего оплавления и применяют, как правило, для подслоя. Однако они могут использоваться и для основного слоя, например, для шеек коленчатых валов.

Порошкообразные материалы хранят в герметичной таре, исключающей их загрязнение и окисление. Перед применением порошки просушивают в электрошкафах при температуре 150...170°C в течение 3...4 часа при толщине засыпки 10...15 мм и периодическом перемешивании материала. Для сушки используют противни из нержавеющей стали.

5.2.7 Плазменное напыление

5.2.7.1 При плазменном напылении для расплавления и переноса порошка на поверхность детали используют тепловые и динамические свойства плазменной струи. Плазма представляет собой ионизированный поток газа при высоких температурах. Наиболее высокую температуру (15000...30000 °C) имеет аргоновая плазма (совместно с воздухом - 5000...13000 °C). При возбуждении электрической дуги газ, подведенный в зону горения дуги, ионизируется высокой температурой, повышенным давлением газа и термоэмиссией электронов с поверхности катода.

Наряду с положительными и отрицательными ионами в газе содержатся электроны и нейтральные атомы, при столкновении которых процесс ионизации активизируется. Плазма обладает высокой электрической проводимостью, поэтому напряжение в струе плазмы низкое, а сила тока большая. Высокая электропроводимость плазмы способствует образованию вокруг нее значительного магнитного поля. Магнитные силовые линии заставляют плазму сжиматься, в результате чего она вытягивается и принимает форму шнура. Скорость потока плазмы достигает на выходе из сопла 9000 м/с, а у газовой горелки - 90 м/с. Плазмообразующий газ, не содержащий кислорода, позволяет получать покрытия без окислов.

5.2.7.2 Оборудование. Рассмотрим на примере установки УМП-6

Таблица 5.8 – Техническая характеристика УМП-6

Основные показатели	УМП-6
Мощность плазмотрона, кВт	30
Плазмообразующие газы	Азот, аргон, водород
Давление газа, кПа	400...500
Стойкость электродов на номинальном режиме, ч	до 20
Масса установки, кг	265

В комплект установки входят: вращатель, защитная камера, плазмотрон, источник питания и пульт управления.

При восстановлении деталей в качестве источника тока используется генератор постоянного тока или выпрямитель ИПН - 160/600. В более мощных установках (~100 кВА) - три сварочных генератора. Дуга зажигается и поддерживается осциллятором. Включается установка при определенном давлении газа (0,6 МПа, азот) и охлаждающей воды (0,15 МПа).

В объединении «Ленавторемонт» используется плазмотрон ПНВ-23, где в качестве плазмообразующего газа используется воздух. Освоено восстановление посадочных отверстий картеров коробки передач автомобилей, поворотных цапф автомобиля, оси коромысла двигателя и других деталей.

Вместо дорогих порошков на основе никеля используют также порошки на основе железа с высоким содержанием углерода (например, ФБХ-6-2: Cr-4,0 %; C -4,2 %; В - 1,4 %; Si -2,5 %; остальное - Fe).

К недостаткам сплавов на основе железа следует отнести их более высокую температуру плавления (1250...1300 °C) и отсутствие свойств к самофлюсованию. Плазменным напылением можно наносить и неметаллические соединения (оксид алюминия, двуокись циркония, карбид вольфрама и другие).

Плазменные технологии получили широкое распространение, так как обеспечивают высокую механическую прочность сцепления покрытия с основным металлом, покрытия без окислов (если плазмообразующий газ не содержит кислорода). К недостаткам следует отнести большой шум (140...150 дБ) и излучение, поэтому требуется защита рабочего (наушники, очки, 6-ти часовой рабочий день).

5.2.8 Детонационное напыление

При данном способе напыления нагрев и транспортирование частиц порошкообразного материала на поверхность детали осуществляются в результате энергии детонации газовой смеси. Электрическая искра вызывает взрыв газовой смеси, происходит выделение теплоты и образуется ударная волна. Частицы порошка разогреваются в продуктах детонации, получают большую кинетическую энергию и направляются к открытому концу ствола (к детали).

Таблица 5.9 – Техническая характеристика установки для детонационного напыления «Катунь»

Основные показатели	Значение
1	2
Скорострельность, выстрел/с	1...100
Расход напыляемого порошка, кг/ч	
окись алюминия	1,8
твердого сплава ВК-15	7,8
Толщина покрытия за один выстрел, мкм	5...20
Площадь покрытия, образуемого за один выстрел, мм ²	400
Расход рабочих газов, м ³ /ч	
кислорода	10...12
пропана (ацетилена)	2...3,5
Потребляемая мощность, Вт	100
Уровень шума при работе, дБ	140

Скорость полета частиц на расстоянии 75 мм от среза ствола достигает 800 м/с. После каждого выстрела ствол аппарата продувается азотом для удаления продуктов сгорания. Скорострельность установки - 300...600 выстрелов в минуту. При диаметре ствола 25 мм в течение 15 с можно получить покрытие на площади 5 см² толщиной 0,3 мм. Износостойкие покрытия, полученные детонационным напылением, обладают высокой плотностью и прочностью сцепления с основным металлом. В то же время температура нагрева упрочняемой детали не превышает 200°С.

К существенным недостаткам детонационного напыления следует отнести в первую очередь высокий уровень шума (до 140 дБ), поэтому напыление производят в звукоизоляционном баке.

Контрольные вопросы:

1. Законы Фарадея для электролиза?
2. Положительные и отрицательные стороны хромирования?
3. Состав электролита и типы электролитов при хромировании деталей?
4. Размещение деталей в ванне при хромировании?
5. С помощью каких параметров технологического процесса технолог имеет возможность регулировать свойства осадка?
6. Свойства и назначение молочных осадков при хромировании деталей?
7. Свойства и назначение блестящих осадков?
8. Свойства и назначение матовых (серых) осадков?
9. Формула длительности электролиза?
10. Схема технологического процесса хромирования деталей?
11. Как исправляется брак при хромировании?
12. Декоративное хромирование?
13. Какие детали ремонтируют хромированием?
14. Пористое хромирование?
15. Электролиты для железнения деталей?
16. Область применения твердых покрытий при железнении, их свойства?
17. Область применения мягких покрытий, свойства?
18. Чем руководствуется технолог при выборе твердости покрытия (при железнении)?
19. Сравните технико-экономические показатели железнения и хромирования?
20. Чем отличаются технологические процессы хромирования и железнения?
21. Какие аноды применяются при хромировании и железнении?
22. Из каких материалов можно изготовить ванну для железнения?
23. Для какой цели подогревается электролит при железнении?
24. Начертите схему установки для получения асимметричного переменного тока при железнении?
25. Состав электролита железнения на асимметричном токе (без цифр)?
26. Цинкование деталей в ремонтной практике?
27. Никелирование. Химическое никелирование деталей?
28. Электролитическое натирание, схема и область применения?
29. Сущность процесса металлизации (схема электрической или газовой металлизации и краткое описание)?
30. Положительные свойства металлизации (напыления)?
31. Отрицательные стороны металлизации?
32. Область применения металлизации в ремонтной практике?
33. Подготовка деталей к металлизации?
34. Схема установки для плазменного напыления порошков на детали?
35. Положительные стороны плазменной металлизации?
36. Отрицательные стороны плазменной металлизации?
37. Схема технологического процесса ремонта рабочей фаски клапана плазменной металлизацией?
38. Детонационно-газовое напыление порошков на детали?
39. Преимущества порошковой металлургии?
40. Область применения деталей, изготовленных из порошка?
41. Изготовление деталей из металлических порошков?

6 Электрофизические и электрохимические методы восстановления

6.1 Электрофизические и электрохимические способы обработки металлов

6.1.1 Повышенные требования к износостойкости привели к использованию высокопрочных и труднообрабатываемых материалов. Это вызвало распространение электрофизических и электрохимических способов обработки металлов. Принципиальное отличие этих методов от обработки резанием заключается в том, что электрическая энергия вводится непосредственно в зону обработки. При определённых условиях на поверхности обрабатываемой детали электрическая энергия преобразуется в тепловую, химическую, механическую и другие виды энергии, которые вызывают съём металла, формообразование детали или структурные изменения металла. Производительность и качество обработки зависят от физико-химических свойств обрабатываемого материала (теплопроводности, температуры плавления, химического состава, валентности и т. п.) и не зависят от прочности, твёрдости, хрупкости и других механических свойств.

Преимущество электроспособов заключается в том, что детали из самых твёрдых материалов можно обрабатывать инструментом из мягких недорогих материалов (чугун, сталь, медь, графит). Возникающие при этих способах обработки усилия между инструментом и деталью меньше, чем при механической обработке, что обеспечивает повышение точности и возможность обработки тонкостенных длинномерных изделий. Путём изменения параметров электрической схемы можно легко проходить от режимов грубой черновой обработки к чистовой отделке. Наиболее эффективны способы для операций, где механическая обработка затруднена или невозможна. Например, для получения отверстий малого диаметра, отверстий с криволинейной осью или отверстий неправильной формы, обработки полостей штампов и другие.

При шлифовании деталей из чугуна, обточке заготовок из стали, шлифовании отверстий в распылителе форсунок электрофизические и электрохимические способы обработки деталей обеспечивают повышение производительности обработки по сравнению с механической в 3 раза и более. Преимущество электроалмазного шлифования - резкое снижение износа алмазного круга. Например, электроалмазным шлифованием можно обработать одним кругом 25000 резцов, а алмазным только 2500.

По технологическим особенностям процессы электрофизической и электрохимической обработки металлов условно разделяют на 4 вида: электроразрядную, электроконтактную, электромеханическую, электрохимическую обработки.

6.1.2 *Электроразрядная обработка*

При сближении электрода-инструмента и электрода детали происходит электрический разряд. Температура на поверхности электродов достигает нескольких тысяч градусов, вследствие чего материалы любой тугоплавкости плавятся или испаряются. Размер лунки, образуемой при этом на поверхности деталей, определяется энергией и длительностью разряда. При многократном прохождении импульса и подаче инструмента происходит съём металла с поверхности детали и копирование размеров и формы рабочей части инструмента. Разрушение поверхности электрода-инструмента в сотни раз меньше вследствие подбора материалов, использования специальных генераторов и особенностей технологических режимов. Детали обрабатывают в среде жидких диэлектриков, чаще всего в керосине, индустриальном или соляровом масле, которые стабилизируют разряд, охлаждают электроды и служат для удаления продуктов эрозии (станок 3Э110 для шлифования - 10...15 л/мин). Производительность обработки определяется теплофизическими свойствами обрабатываемого материала, энергией и частотой следования импульсов. После электроразрядной грубой обработки поверхность детали имеет термически изменённый слой глубиной до 0,2...0,5 мм. На отделочных режимах при малой энергии импульса термическое влияние практически отсутствует.

6.1.3 *Режимы электроэрозионного удаления сломанного инструмента и нормалей на станках*

Генераторы импульсов делят на зависимые и независимые. В зависимых генераторах напряжение, энергия и длительность импульсов зависят от межэлектродного промежутка. Здесь источник постоянного тока $U=100...250$ В. через сопротивление заряжает конденсаторы до напряжения, при котором происходит пробой межэлектродного промежутка. В результате быстрого разряда возникает короткий импульс тока, величина которого в 10...20 раз больше тока разряда.

В независимых генераторах, обладающих большей производительностью, конденсатор с помо-

щью тиратрона разряжается на первичную обмотку импульсного трансформатора. Во вторичной обмотке возникает короткий импульс большой силы напряжением 150...200 В. Схема обеспечивает высокую стабильность импульсов независимо от состояния межэлектродного зазора.

Производительность, точность, шероховатость поверхности при обработке и стойкость электродов определяется правильным выбором материала, формы и способа их изготовления. Медные и латунные электроды применяют при обработке небольших отверстий, извлечении сломанного инструмента, обработке твердого сплава и при чистовой обработке. Электроды из медновольфрамовых и медно-графитовых композиций отличаются большей стойкостью. Инструмент, изготовленный из алюминиевых сплавов, используют при обработке сложнопрофильных деталей. Дисковый вращающийся инструмент для шлифования и профилирования изготавливают из меди или серого чугуна. Для обработки изделий сложной формы методом копирования (например, шлицевых поверхностей) применяют графитированный инструмент марки ЭЭГ.

Таблица 6.1 – Режимы электроэрозионного удаления сломанного инструмента и нормалей на станках с генераторами МГИ-2 и МГИ-3

Конструкция электрода	Диаметр электрода, мм	Скорость внедрения, мм/мин	Ток (ср. значение), А
Сплошной	1,5	1	1,5
	3	1	4
	6	1,5	10
	12	1,5	20
	16	2	30
Трубчатый	4	5	15
	8	6...7	25...30
	12	6	35...40
	16	5	35...40

6.1.4 Техническая характеристика станка

Таблица 6.2 – Техническая характеристика станка 4611 для удаления остатков сломанного инструмента и нормалей

Мощность, кВт	2,0
Рабочая поверхность стола, мм	320×485
Поперечное перемещение стола, мм	400
Глубина прошивания, мм	40
Диаметр обрабатываемого отверстия	2...25
Масса станка, кг	280
Используемый генератор импульсов	RC

6.1.5 *Электроконтактная обработка* деталей ведется при $U=25...40$ В. По механизму съема металла она близка к электроэрозионной обработке. Обработку выполняют при высоких скоростях взаимного перемещения деталей и инструмента ($V=25...30$ м/с) и давлении инструмента на деталях в пределах $P=0,4...0,6$ МПа. Электроконтактная обработка эффективна для шлифования наплавленных деталей, твердых сплавов и т.д. Обработку проводят на обычных шлифовальных станках после

их модернизации. При шлифовании твердых сплавов ВК - 20 инструмент - диск из серого чугуна, рабочая жидкость - смесь масла МС-24 и веретенного масла в пропорции 4:1, расход жидкости - 2...3 л в минуту.

6.1.6 Анодно-механическая обработка

Съем металла вызывается тепловым действием электрических разрядов между инструментом и деталью и анодным растворением с механическим удалением образующихся продуктов. Анодно-механическую обработку проводят при постоянном токе (U до 30 В) в растворах электролитов (жидкое стекло, хлористый натрий, бура). Анодом всегда является деталь. При такой обработке на аноде образуется вязкая пленка, которая заполняя впадины микронеровностей, изолирует их и усиливает разрушение микровыступов, чем повышает точность обработки. Образование пленок на аноде позволяет уменьшить зазор между электродами до 0,01...0,02 мм при плотности тока до 15 А/см². Наиболее эффективна анодно-механическая обработка для разрезания и шлифования.

6.1.7 Электрохимическая обработка основана на использовании анодного растворения металлов в растворах электролитов при прохождении электрического тока. Электрод-инструмент (катод), изготавливают из мягкой стали или латуни, имеет форму и размеры, соответствующие обрабатываемой поверхности с учетом межэлектродного зазора. При этом инструмент практически неизнашивается. Режим электрохимической обработки шлицевой поверхности по схеме протягивания следующий: напряжение на электродах 12...15 В; ток 300...500 А; давление электролита на входе 1,5...2,0 МПа; скорость потока электролита 10...20 м/с; скорость подачи 100...150 мм/мин; межэлектродный зазор 0,6...0,8 мм; время обработки одного шлицевого паза 20...40 с при длине обрабатываемой части 120 мм.

Электрохимико-механическую обработку (или электроабразивное шлифование) проводят на режимах анодного растворения металла токопроводящими абразивными кругами. Преимущество электроалмазного шлифования - резкое снижение износа алмазного круга.

6.2 Восстановление деталей паянием

6.2.1 Соединение деталей пайкой, благодаря доступной и недорогой технологии, известно очень давно и по сей день широко применяется, несмотря на появление синтетических клеев и шпатлевок. Пайка - процесс соединения нагретых частей металла, остающихся в твердом состоянии, путем введения в зазор между ними расплавленного припоя. Пайка не вызывает заметных остаточных деформаций, мало влияет на структуру и механические свойства детали, позволяет соединять разнородные материалы. Важным преимуществом является разъемность паяных соединений.

Припой:

- 1) легкоплавкие (мягкие): температура плавления менее 450°C, на основе олова и свинца;
- 2) тугоплавкие (твердые): температура плавления более 450°C; медно-цинковые и латунные припои, для пайки алюминия, серебряные и жаропрочные припои.

6.2.2 Мягкие припои обладают хорошей смачиваемостью, пластичностью, усталостной прочностью, могут работать при небольших ударных и вибрационных нагрузках, но имеют низкую прочность.

6.2.2.1 Оловянисто-свинцовые припои

Таблица 6.3 – Оловянисто-свинцовые припои

Марка	Олово, %	Температура плавления, °C	Предел прочности, кгс/мм ²
ПОС 90	89...91	220	4,9
ПОС 61	60...62	190	4,3
ПОС 40	39...41	238	3,8
ПОС 30	29...31	256	3,3

Мягкие припои применяются при ремонте радиаторов, топливопроводов, карбюраторов, электрооборудования, кузовов (заделка вмятин), чугунных корпусных деталей (для устранения дефектов сварных швов) и др. Для работ, обычных при ремонте автомобиля, лучше всего подходит припой ПОС-40, он не слишком дорогой, а шов получается достаточно прочным. Иногда используют припои с добавкой сурьмы, например при ремонте радиаторов, изготовленных из латуни - ПОССу 20-05 или 30-05.

6.2.2.2 Флюсы для пайки

Требования:

- должен растворять окисные пленки и защищать от окисления металл и припой;
- улучшать смачиваемость поверхности припоем;
- сохранять свой состав и свойства при пайке;
- не вызывать коррозии;
- не выделять ядовитых газов;
- температура плавления должна быть ниже температуры плавления припоя;
- плотность меньше плотности припоя, чтобы предотвратить перемешивание.

При низкотемпературной пайке в качестве флюса могут быть использованы канифоль, гидразин, глицерин, и некоторые другие органические вещества, обладающие флюсующими свойствами. Не плохи в качестве флюса таблетки аспирина. Необходимо только учесть, что при нагреве выделяются чрезвычайно едкие пары.

Канифоль – получают из сосновой смолы, температура плавления 125 °С. Флюсующий эффект связан с содержащейся в ней абиеиновой кислотой, растворяющей некоторые окислы. При температурах 300...400 °С канифоль разлагается с выделением углерода и водорода, вследствие чего восстановление окислов идет более интенсивно. В канифоли содержится также терпентин, нейтрализующий абиеиновую кислоту, поэтому остатки флюса после пайки не вызывают коррозии соединения. Применяют в основном при ремонте электрооборудования и радио. Остатки флюса не гигроскопичны, обладают электроизоляционными свойствами; смывают спиртом или скипидаром. При перегреве канифоль теряет свои свойства, поэтому ее целесообразно наносить не на паяльник, а на место пайки после разогрева.

Таблица 6.4 – Флюсы для низкотемпературной пайки

Марка флюса	Состав	% (по массе)	Примечание
	ZnCl ₂ , HCl, Вода	20...40 0,6...0,7 остальное	Паяют углеродистые и низколегированные стали и их сплавы.
	ZnCl ₂ NH ₄ Cl (хлористый аммоний или нашатырь) Вода	48 12 40	- //-
	ZnCl ₂ Вазелин УН - 1 Дистиллированная вода	3,7 85 остальное	Паста, промывка водой
	Канифоль ZnCl ₂ Вазелин УН - 1	16 4 остальное	Паста, промывка ацетоном
Прима 2	NH ₄ Cl ZnCl ₂ HCl Вода	4 6 5 85	Паяют сплавы меди и железа

Продолжение таблицы 6.4

Марка флюса	Состав	% (по массе)	Примечание
ЛТИ	Спирт этиловый	70	Для пайки нержавеющей стали, нихрома, оцинкованной стали. Промывка спиртом.
	Канифоль	22	
	Анилин или диэтиламин		
	солянокислый	6	
	Триэтаноламин	2	
ФИМ	орфосфорная кислота (плотность 1,7) Спирт этиловый Дистиллированная вода	16 3,7 остальное	Кроме пайки стали, пригоден для меди, константана, серебра, платины. Промывка водой

В медницких цехах автотранспортных предприятий травленую соляную кислоту (называют также паяльной кислотой) готовят, добавляя пять частей HCl одну часть мелко раздробленного цинка, после реакции фильтруют. Широко применяют также нашатырь (NH₄Cl), который повышает активность флюса, хорошо растворяет жировые вещества, снижает температуру плавления.

6.2.2.3 Инструмент для нагрева. Широко применяются паяльники от радиотехнических (мало-мощных) до «молотковых» (с жалом в виде массивного медного клина). Для прогрева больших масс металла используют паяльные лампы, газовые горелки или струю воздуха от промышленного фена. Практичны газовые горелки в виде насадок на литровые баллоны с пропаном.

«Пальчиковые» горелки, работающие на бутане (газ для зажигалок) имеют наибольшую мощность. Новинка последних лет - тепловой пистолет или промышленный фен, дающий струю воздуха, нагретую до температуры 400...600°C (регулируются). Он удобен в работе, относительно пожаробезопасен, но привязан к электросети 220 V. Годится не только для пайки, но и для сварки некоторых пластмасс (ремонт бамперов), удаления старой краски, подогрева «закисших» деталей перед разборкой узла и т. д.

Следует помнить, что любые работы с переносным электроинструментом, если он не снабжен корпусом с двойной изоляцией (а паяльник не снабжен), допускаются вне помещения с изолирующим полом только при напряжении питания не более 36 V. Если это невозможно, рекомендуется соединить между собой низковольтные обмотки двух трансформаторов 220/36 V и получить на выходе снова 220 V, но уже не связанные с питающей сетью. Теперь даже при пробое обмотки паяльника на корпус он не будет иметь высокого потенциала по отношению к земле.

6.2.2.4 Схема технологического процесса восстановления деталей паянием (пример). Для заделки вмятин в облицовке кабин, кузовов, дверей, крыльев и т.д. следует:

- зачистить поврежденный участок облицовки от грязи, жиров, лакокрасочного покрытия и окисной пленки, протереть ветошью, смоченной органическим растворителем;
- расположить деталь так, чтобы паяемое место занимало горизонтальное положение (чтобы расплавленный припой не стекал вниз), положить во впадину кусок припоя ПОС-61 (наиболее низкотемпературный оловянисто-свинцовистый припой с температурой плавления 182°C; местный нагрев массивного листового материала представляет большие трудности); нанести на паяемое место флюс; на расстоянии 10...15 мм от вмятины сделать черту термочувствительным карандашом;
- нагреть паяемое место до заполнения впадин жидким припоем, добавляя последний по необходимости;
- охладить паяный участок и тщательно удалить остатки флюса;
- обработать паяное место заподлицо с поверхностью основного металла;
- восстановить лакокрасочное покрытие по общепринятой технологии.

6.2.3 Твердые припои применяются, когда необходимо иметь твердый сплав, выдерживающий высокую температуру.

6.2.3.1 Для пайки углеродистых и низколегированных сталей, чугунов, меди и медных сплавов широко применяют медно-цинковые сплавы:

1) ПМЦ-36, ПМЦ-48, ПМЦ-54 (цифра - процент меди). Температура полного расплавления соответственно 825, 865, 880°C. Чем больше меди, тем припой прочнее, но более тугоплавкий:

- ПМЦ-48 ($H_B=130$, $\sigma_B=210$ МПа),

- ПМЦ-54 ($H_B=90$, $\sigma_B=250$ МПа),

2) При наличии ударных нагрузок используют латунь Л-62, Л-68.

3) Применяется также группа медно-цинковых припоев с никелем, марганцем и оловом, например, «ломна» ($H_B=180...190$, $\sigma_B=280...340$ МПа).

4) Для пайки деталей из нержавеющей сталей, титановых сплавов, а также латуни применяют серебряные припои: ПСр25, ПСр40, ПСр85 и др. ($\sigma_B=250...350$ МПа). Чем больше серебра в припое, тем больше вязкость и прочность шва, но ниже температура плавления (ПСр12 -785°C).

5) Жаропрочные припои (на основе никеля и благородных металлов): П77 - 1200...1250°C; №22 - 1100°C; №27 - 1150°C и другие. Детали, спаянные этими припоями, могут длительно работать при температуре 800...850°C, не теряя прочности ($\sigma_B=94...217$ МПа).

6.2.3.2 Флюсы для паяния тугоплавкими припоями

При пайке углеродистых сталей в качестве флюса применяют:

1) бура ($Na_2B_4O_7$) - температура плавления 741°C;

2) марка 7 (бура 80%, борная кислота H_3BO_4 - 20%) и др.

Для изменения температуры плавления добавляют борный ангидрид B_2O_3 . Для предотвращения коррозии паяного шва должны быть удалены остатки флюсов после пайки. Для этой цели может быть использовано резкое охлаждение в воде (если конструкция не склонна к короблению, в основном металле не возникнут нежелательные структурные изменения и др.).

При пайке легированных сталей (850...1000°C) флюсы - бура, борная кислота и их смеси - непригодны, так как окислы хрома и других элементов не удаляются с помощью буры. Используют флюсы, содержащие фториды щелочных металлов (ПВ-200, ПВ-201, ПВ-209 и другие).

Трудность пайки чугуна связана прежде всего с наличием в нем графита или цементита, которые плохо взаимодействуют с большинством флюсов, применяемых при пайке. Графит выжигается окисленным пламенем после предварительной пескоструйной обработки или электрохимическим травлением в соляной ванне при температуре 450...510°C. После такой обработки применяются флюсы, основным компонентом которых является бура. Графит растворяется также фторидно-боридными флюсами ПВ-209 и ПВ-284 при нагревании до температуры 600...700°C.

6.2.3.3 Восстановление деталей, изготовленных из стали, чугуна, медных сплавов, паянием тугоплавкими припоями.

Очистку деталей от грязи, краски, окалины, жиров, ржавчины можно производить ацетилено-кислородной горелкой широким пламенем. Применяют и другие способы: удаляют наждачной бумагой, стальной щеткой, пескоструйным аппаратом, с помощью бензина и др., а также химическим травлением кислотой (стальные изделия - серной или соляной (10%), медные - 10% серной). Подготовку трещин, обломов производят также, как и при сварке.

Применение флюса при газопламенной пайке в отличие от ацетилено-кислородной сварки всегда обязательно. Флюсы целесообразно наносить до нагрева. Порошкообразный флюс сдувается газовым пламенем, поэтому применяются различные приемы нанесения флюса (разводят водой или спиртом до кашицы, пламя направляют на близлежащий участок и др.), также флюсом покрывают и прутки припоя.

Пайку с применением прутка припоя производят после разогрева шва до температуры пайки и плавления флюса. Расплавленный флюс затекает в зазоры между соединяемыми деталями и до введения припоя очищает паяемый участок от окислов. Необходимо правильно выбрать номер наконечника. Для пайки материалов с низкой теплопроводностью (например, сталей, особенно нелегированных) целесообразно применять номер наконечника такой же, как при сварке. Для материалов с высокой теплопроводностью (медных сплавов) следует применять более крупные наконечники. При пайке ацетилено-кислородной горелкой нагрев изделия нужно производить третьей зоной пламени, на расстоянии 15...20 мм от конца ядра, причем в момент введения припоя следует отвести пламя от шва на 30...40 мм, чтобы не вызвать перегрева припоя (при сварке нагрев производят второй зоной пламени, где имеется та же температура 3150°C).

Охлаждение изделия, отремонтированного пайкой, обычно производят на воздухе. При ремонте чугунных изделий целесообразно охлаждать медленно (можно зарыть деталь в горячий песок). Высокотемпературная пайка чугуна должна производиться при температуре 897...900°C, так как при

дальнейшем повышении температуры начинается отбеливание чугуна. Сразу после пайки целесообразно производить отжиг при температуре 750°C в течение 20 минут с медленным охлаждением.

При пайке легированных сталей нужно обратить особое внимание на подготовку соединяемых изделий. Паяемые поверхности должны быть хорошо зачищены, а зазоры выдержаны в рекомендуемых пределах. Пайку нужно вести быстро, без перерывов, не отрывая пламени горелки от шва. Пламя горелки должно быть нейтральным или слегка восстановительным.

При пайке малоуглеродистых сталей важным условием является поддержание пламени горелки нормальным. При избытке горючего металл шва науглероживается и становится излишне твердым, хрупким и пористым. При избытке кислорода вследствие окисления шва пайка может не произойти.

При пайке сталей с повышенным содержанием углерода наконечник рекомендуется брать на один номер ниже, чем для малоуглеродистых сталей. Чем меньше в стали углерода, тем легче ее паять. Стали, содержащие до 0,03% углерода, паяются хорошо, и свойства их от нагрева во время пайки почти не меняются. По мере увеличения содержания углерода пайка стали затрудняется. Причиной этого является прежде всего увеличивающееся выгорание углерода стали. Образующаяся окись углерода вызывает пористость наплавленного металла. При повышенном содержании углерода металл в процессе нагревания принимает структуру с более высокой твердостью и низкими пластическими свойствами; паяные соединения становятся более склонными к образованию трещин в зоне нагрева.

6.2.4 Пайка алюминиевых сплавов

Особенности, которые необходимо учитывать, те же, что и при сварке. Пайка алюминия является надежным технологическим процессом и может быть использована во многих случаях вместо сварки. Пайка обеспечивает необходимую прочность на растяжение, вибрацию. Однако паяные алюминиевые изделия не выдерживают изгибов и ударов. Таким образом, пайка и сварка алюминия дополняют друг друга.

6.2.4.1 *Припой.* Для высокотемпературной пайки применяется группа припоев на основе алюминия (например, ПЗ4А: Cu - 26 %, Si - 6 %, Al - 68 %, температура плавления - 525°C, пайки - 575°C, $\sigma_B = 180...240$ МПа), и группа припоев на основе цинка (например, П425А: Cu - 15 %, Zn - 65 %, Al - 20 %, температура плавления - 425°C, пайки - 475°C, $\sigma_B = 170...300$ МПа).

Для низкотемпературной пайки применяется группа припоев на основе олова (например, П200А: Zn - 10 %, Sn - 90 %, температура плавления - 210°C, пайки - 260°C, $\sigma_B = 40...45$ МПа).

6.2.4.2 *Флюсы* для пайки алюминия почти во всех случаях содержат фториды щелочных металлов, хлористый цинк и другие галогениды. Наиболее широко для пайки алюминия и его сплавов применяется флюс 34А (KCl- 54...56%, LiCl- 29...35 %, NaF- 9...11 %, ZnCl- 8...12 %, температурный интервал активности - 420...620°C).

6.2.4.3 *Восстановление деталей.* Процесс пайки с припоем и флюсом 34А происходит при 540...550°C. Нагрев для пайки алюминиевых сплавов производится пламенем бензиновоздушной горелки или паяльной лампой. Ацетиленокислородное пламя увеличивает опасность расплавления и пережога материала. Кроме того, ацетиленокислородное пламя интенсивно реагирует с флюсом 34А, поэтому для пайки алюминия применять его не следует. Флюс 34А при пайке алюминия наносится не преждевременно, а в процессе пайки при температуре 450°C. Это сокращает время реагирования пламени с флюсом. Для определения начала процесса у паяемого места необходимо провести черту лучиной или обратным концом спички. При температуре 450°C след спички обугливается и дает черную линию. После того как деталь нагрета достаточно, пламенем нагревают конец прутка припоя до оплавления, погружают в сухой порошкообразный флюс и переносят к месту пайки.

Вода и этиловый спирт также реагируют с флюсом, снижая его качество, поэтому изготавливать из него пасту не следует. Остатки флюса вызывают коррозию шва. Поэтому не позднее чем через час остатки флюса должны быть тщательно удалены промывкой. Одной из особенностей алюминия является высокий коэффициент его теплового расширения, вследствие чего он при пайке получает значительное коробление. Для уменьшения коробления алюминиевых изделий следует вести равномерно предварительный их нагрев. Мелкие детали обычно нагреваются газовым пламенем. При пайке крупных деталей припоем 34А целесообразно нагреть их в электрической печи до температуры 450°C, а затем приступить к пайке. Подготовку алюминиевых деталей перед пайкой ведут так же, как и перед сваркой.

6.3 Восстановление подшипников скольжения

6.3.1 *Неразъемные подшипники* выполняют в виде втулок, изготавливаемых при небольших диаметрах (<50 мм) целиком из антифрикционного материала из холоднокатаных лент: бронзовых (БрОЦС-4-4-2,5), латунных (ЛО-90-1 и ЛН-60-5) или других антифрикционных металлов, поддающихся деформации в холодном состоянии (например, втулки верхней головки шатуна; втулки под шкворни поворотных цапф и др.); при больших диаметрах - из стали с заливкой пластичным антифрикционным материалом (баббитом, свинцовистой бронзой) - например, подшипники распределителя.

При посадках с большим натягом втулки, особенно тонкостенные, садятся, причем их внутренний диаметр уменьшается. Такие втулки после запрессовки, как правило, подвергаются развертыванию (протягивают или применяют алмазное растачивание).

6.3.2 *Неметаллические подшипники.*

В качестве материалов используют пластики, древесину, резину и графит. Применяются они с валами повышенной твердости (HRC>50). При этом условия неметаллические подшипники обнаруживают высокую износостойкость.

6.3.2.1 *Пластмассовые подшипники* применяются преимущественно при полужидком трении (малые скорости вращения, колебательное движение), а также при невозможности подвести к опорам регулярную смазку. Они могут работать с разовой и периодической смазкой, а при небольших нагрузках и окружных скоростях - без смазки. Для изготовления пластмассовых подшипников чаще всего применяют фенопласты (текстолит), поликарбонаты (дифлон), полиамиды (капрон, нейлон), фторопласты (тефлон).

Текстолитовые подшипники изготавливают из многослойной шифонной ткани, пропитанной бакелитом и опрессованной под давлением 100 МПа при 150°...180°С. Максимальная удельная нагрузка при обильной масляной или водяной смазке - 10 МПа. Предельная длительная температура - 60...80°С.

Капрон и нейлон применяют преимущественно для изготовления подшипников диаметром менее 50 мм, работающих при недостаточной смазке или без смазки.

Для увеличения прочности вводят наполнители (ткань, стекловолокно, графитовое волокно). Для увеличения тепло- и износостойкости и прочности, и уменьшения водопоглощаемости капроновые подшипники подвергают термообработке (выдержка 3...4 часа в минеральном масле при 150...180°С, кипячение в течение такого же времени в воде, медленное охлаждение).

Тефлон в чистом виде малоприменим для изготовления подшипников вследствие мягкости, большой величины коэффициента нелинейного расширения, холодной ползучести и полной несмачиваемости маслом. Его применяют только в тонких слоях с обязательной присадкой свинца (до 20 % по весу). А для улучшения антифрикционных качеств в композицию вводят коллоидальный графит и дисульфид молибдена. Такие подшипники не уступают по антифрикционным качествам подшипникам с оловянно-бabbitовой заливкой, а по пределу выносливости превосходят их.

Они могут работать в интервале от - 50 до +250°С (см., например, неразборные шарниры, соединяющие рычаги подвески с поворотным кулаком. Стальной шаровой палец сферической головкой опирается на подшипник, основа которого - смола, залитая в корпус шаровой опоры, а поверхность трения - тефлоновая ткань, плотно облегающая сферическую поверхность пальца.

6.3.2.2 *Резиновые подшипники* представляют собой металлические втулки, облицованные натуральными или синтетическими каучуками (хлор- и фторкаучуки, силиконовые и полисульфидные каучуки - тиоколы). Наилучшими являются фторкаучуки. Твердость и эластичность каучуков можно менять в широких пределах изменением состава и технологии изготовления.

Они могут работать только на воде. Для удаления грязи на рабочей поверхности подшипников иногда предусматриваются сквозные канавки. Коэффициент трения стали по влажной резине - 0,05...0,1. Подшипники из твердых резин выдерживают нагрузки до $30...50 \frac{де}{дт}$ (3...5 МПа).

6.3.2.3 *Подшипники, работающие без смазки.* Для изготовления подшипников, работающих без смазки, при высоких температурах, под воздействием химически агрессивных сред применяют углеграфиты (смеси графита, угля, сажи и кокса на связке из песка и каменноугольных смол, спрессованные и подвергнутые спеканию). Углеграфиты обладают хорошими антифрикционными качествами (коэффициент сухого трения 0,05...0,08), теплостойкостью, химостойкостью, низким коэффициентом нелинейного расширения ($2...3 \cdot 10^{-6}$), хорошо обрабатываются резанием, но хрупки.

Для увеличения прочности, теплопроводности и износостойкости в углеграфиты вводят металлические порошки (Cu, Cd, баббит). Хрупкость уменьшают пропиткой фенолформальдегидами, силиконами и тефлоном (графитопласты). Наилучшими суммарными свойствами обладают антегмиты (АТМ-1, АТМ-10, АТМ-1Г). Твердость по HRC валов, работающих в углеграфитовых подшипниках, должна быть больше 50. Углеграфиты также широко применяются для уплотнения высокотемпературных узлов.

6.3.3 *Восстановление подшипников, залитых баббитом, свинцовистой бронзой* (подшипники коленвала, распредвала, компрессора)

6.3.3.1 Баббиты представляют собой белые антифрикционные сплавы на основе олова или свинца. Марки оловянистых баббитов обозначаются буквой Б и цифрой, показывающей процентное содержание олова. С увеличением содержания олова возрастает пластичность, но падает твердость баббитов. Оловянистые баббиты (Б-83, Б-87, Б-92) обладают высокими антифрикционными (коэффициент трения со смазкой 0,005...0,009, без смазки – 0,24...0,39) и литейными свойствами, не дают ликвации и хорошо прирабатываются. Однако пониженные теплостойкость и теплопроводность обуславливают их применение только в условиях малых удельных давлений (для двигателей $[p]=8...30$ МПа) при температурах не более 150°C. Состав Б-83: Cu – 5,5...6,5%, Sb – 11...12%, Sn – основа. $\sigma_B = 12$ МПа; $HV = 36$.

Свинцовистые баббиты (БН, БТ, СОС-6-6). Его состав: Sn – 5,5...6,5 %, Sb – 5,5...6,5 %, Pb – основа. БН - с присадкой Ni, Cd и As. БТ - с присадкой теллура (Te).

Свинцовистые баббиты имеют твердость $HV 11...16$ при 20°C, $HV 8$ при 100°C, $[p] = 7,5$ МПа при температуре не более 100°C. Баббит СОС-6-6 лучше прирабатывается и поглощает абразивные частицы, чем БН и БТ, но более склонен к выкрашиванию.

Свинцовистые баббиты в отечественном автомобилестроении применяют в бензиновых двигателях грузовых автомобилей. В дизельных двигателях для изготовления вкладышей коленвала применяется свинцовистая бронза: БрС-30 (Pb≈30 %, Cu≈70 %), $[p] = 20...25$ МПа при температурах до 160°C.

Вкладыши коленчатого вала многих двигателей легковых автомобилей изготавливают из сплава АСМ (Sb - 4 %, Mg - 0,5 %, Al - основа) - баббита на Al основе. Температура плавления - 800°C.

6.3.3.2 *Заливка подшипников скольжения баббитом*

Технологический процесс состоит из следующих операций:

- а) подготовка подшипника;
- б) подготовка баббита;
- в) заливка;
- г) контроль.

Очистка подшипника. При перезаливке промытый в моечном растворе и горячей воде подшипник погружают в тигель с расплавленным старым баббитом или нагревают паяльной лампой (со стороны, не залитой баббитом) до температуры 240...260°C. После этого легкими ударами подшипника о стол с него стряхивают слой старого баббита. Затем подшипник прочищают стальной щеткой, травят в 10...15 % растворе серной или соляной кислоты и промывают в горячей воде. Для обезжиривания поверхности подшипник опускают на 10...15 мин в нагретый до 80...90°C 10 %-ный раствор едкого натра или едкого калия и снова промывают в горячей воде.

Лужение подшипника. Поверхность подшипника, подлежащую облуживанию, покрывают флюсом - 30 % раствором $ZnCl_2$ (0,3 кг Zn на 1 кг HCl) с добавлением нашатыря, нагревают подшипник до температуры 260...300°C и, посыпав порошкообразную, смешанную с нашатырем полуду, растирают ее щеткой по облуживаемой поверхности. В качестве полуды используется мягкий припой ПОС-30 или ПОС-40. Облуженная поверхность должна иметь светлый, блестящий вид.

В массовом производстве подшипник для лужения погружают на 1...2 минуты в тигель с расплавленной полудой (ПОС-40 - 280°C, ПОС-30 - 330°C). Полуда должна находиться под слоем древесного угля толщиной 20...30 мм. Через 20...30 сек производят заливку.

Плавка баббита. Производится в стальных, чугунных или угольнографитовых тиглях, нагреваемых в кузнечном горне или электропечах. Для того чтобы сократить время плавления, перед загрузкой баббита тигель подогревается до температуры 400...500°C. Для хорошей жидкотекучести, температура баббита должна быть на 50...60°C выше начала затвердевания. В целях предохранения расплав-

ленного баббита от окисления его поверхность покрывают слоем хлористого цинка и сухого древесного угля.

Заливка баббита производится различными способами:

- а) ручная (по кондуктору);
- б) центробежная;
- в) под давлением.

При ручной заливке подшипник (втулку, вкладыши, нижнюю головку шатуна и др.) закрепляют в специальном приспособлении (кондукторе), в отверстие вставляют стержень диаметром несколько меньшим диаметра вала, который будет вращаться в подшипнике. Чтобы расплавленный баббит не вытекал, зазоры в приспособлении и между вкладышами замазывают глиной. Заливка баббита производится непрерывной струей во избежание появления ликвации (расслоения).

Центробежная заливка производится на специальном станке с целью уменьшить усадку баббита в условиях эксплуатации автомобиля. Подшипник на станке вращается, расплавленный баббит выливают в воронку, центробежная сила уплотняет баббит. Частота вращения подшипника ограничивается, так как может быть ликвация:

$$n = \frac{K}{\sqrt{r}} \quad (6.1)$$

где K - коэффициент: $K = 1400$ - для свинцовистой бронзы, $K = 1300$ - для оловянистого баббита;
 r - радиус отверстия, см.

Частота вращения подшипников $900 \dots 1200 \text{ мин}^{-1}$, продолжительность заливки - $40 \dots 60 \text{ с}$. Заливка под давлением в ремонтных производствах применяется редко, в основном только на автозаводах. Обеспечивает высокое качество (отсутствие усадки).

Проверка качества заливки подшипника производится ударом легкого молоточка. Ровный металлический звук свидетельствует о качественной заливке, дребезжащий - о ликвации (перезаливка).

Обработка подшипников после заливки:

- 1) масляные отверстия очищают от асбеста, а затем зенкуют;
- 2) предварительное растачивание. Припуск на чистовое растачивание - $0,25 \dots 0,40 \text{ мм}$;
- 3) чистовое растачивание (или протягивание):
 - $V = 500 \dots 600 \text{ м/мин}$;
 - $S = 0,02 \dots 0,10 \text{ мм/об}$;
 - $t = 0,05 \dots 0,2 \text{ мм}$;
 - применяют резцы с пластинкой ВК8 ($W - 92 \%$, $Co - 8 \%$, HRC 88).

Расточка подшипников (например, втулок распредвала двигателей) может быть выполнена непосредственно в блоке на горизонтально-расточном станке или специальном станке для растачивания гнезд вкладышей коренных подшипников коленчатого вала и втулок распределительного вала блока цилиндров (модель Р-135 др.).

6.3.3.3 *Восстановление подшипников, залитых свинцовистой бронзой*, представляет значительные трудности.

Порядок восстановления:

- а) растачивают вкладыши под ремонтный размер;
- б) производят меднение наружной поверхности на толщину $0,15 \dots 0,20 \text{ мм}$ и расточку по внутреннему диаметру;
- в) производят опрессовку бронзы зубчатыми секторами. Получившиеся углубления заливают баббитом;
- г) гальваническое покрытие свинцовистой бронзы.

Состав ванны:

- $ZnSO_4 - 180 \text{ г/л}$, $Fe_2(SO_4)_3 - 30 \text{ г/л}$, $Na_2SO_4 - 80 \text{ г/л}$, $Al_2(SO_4)_3 - 30 \text{ г/л}$, $H_2SO_4 - 0,05 \text{ г/л}$;

- Режим: $D = 3 \text{ А/дм}^2$, $t^\circ = 18 \dots 22^\circ\text{C}$;

- Скорость осаждения - $0,06 \dots 0,07 \text{ мм/ч}$.

6.4 Восстановление автомобильных деталей полимерными материалами

6.4.1 *Распространению пластмасс* в авторемонтном производстве способствуют низкая стоимость, простая технология, несложное оборудование и малая трудоёмкость процесса.

Область применения:

- заделка трещин и пробоин в корпусных деталях;
- восстановление изношенных деталей пар трения и неподвижных соединений типа корпус-подшипник;
- ремонт гнёзд под вкладыши коренных подшипников коленчатого вала;
- заделка вмятин и покрытие участков кузовов, подвергшихся коррозии;
- ремонт пластмассовых деталей;
- ремонт деталей в полевых условиях;
- изготовление ряда деталей и др.

6.4.2 *Полимеры и их некоторые свойства, которые нужно знать при ремонте автомобилей*

6.4.2.1 *Полимеры* - это высокомолекулярные соединения, образованные из большого числа больших молекул (мономеров). Полимеры представляют собой особый класс конструкционных материалов, отличающихся спецификой физических, механических, технологических и специальных свойств, обусловленных особенностью физического строения высокомолекулярных веществ. Различают чистые полимеры (полиэтилен, полипропилен и др.) и композиции (кроме полимера входят пластификаторы, наполнители, отвердители, красители, смазки и другие добавки). В ремонтном производстве применяют как термореактивные пластмассы (реактопласты, например, эпоксипласты, клеи и др.), так и термопласты. Специалисты химии различают их по способу сшивания молекул. В ремонтной же практике, с прикладной стороны: изделия из термопластов можно вернуть в исходное состояние (например, капрон растворяют в соляной кислоте, добавляют воду, пропускают через центрифугу и получают до 80% порошка рециклата, т.е. пластмассы вторичного происхождения). Реактопласты после затвердевания (например, клеи) в исходное состояние не возвращаются.

6.4.2.2 *Аморфные линейные полимеры* (полиметилметакрилат, полистирол и др.) в зависимости от температуры могут находиться в трёх физических состояниях: стеклообразном (колебательные движения атомов), высокоэластичном (крутильные колебания звеньев) и вязкотекучем (подвижность всей макромолекулы как целого). Высокоэластичная деформация присуща только полимерам (резины же эксплуатируются в высокоэластичном состоянии).

Кристаллические полимеры (фторопласт-4 - степень кристаллизации 50...70%; полиэтилен низкого давления-80...90%; поликапролактam - 46...60% и т.д.) принято характеризовать температурой плавления (поликапролактam - 210...218°C, фторопласт-4 - 327°C) и температурой текучести (фторопласт- 415°C, поликапролактam – 220°C). Знание температур имеет большое практическое значение для технологии переработки и для эксплуатации полимерных материалов.

6.4.2.3 *По теплофизическим свойствам* полимеры существенно отличаются от металлов и их сплавов. Так, теплопроводность большинства полимеров в 100...400 раз меньше теплопроводности стали и в 1000 раз меньше теплопроводности меди. Тепловое расширение полимеров обычно превосходит расширение покрываемых материалов, поэтому в результате охлаждения происходит значительная усадка полимера (коэффициент линейного расширения - $\alpha \times 10^4$, 1/град: полиамид П-68-1,1...1,2; полиметилметакрилат – 0,7 ... 0,9; сталь – 0,11).

В ремонтной практике для выравнивания теплофизических свойств полимеров и металлов нередко вносят в полимеры наполнители - металлические порошки. Например, при ремонте чугунных блоков цилиндров в эпоксидную пасту добавляют 60% железного порошка ПЖ-5, ПЖ-4; при ремонте блоков из алюминиевого сплава - алюминиевый порошок.

6.4.3 *Клеи, наиболее пригодные при ремонте автомобилей*

6.4.3.1 *Положительные стороны:*

- способность соединять разнородные материалы;
- не влияют на структуру соединяемых материалов;
- невысокая стоимость;
- герметичность;
- простота технологического процесса.

При выборе клея необходимо учитывать:

- материал склеиваемых деталей;

- температурные условия работы деталей;
- характер и величины нагрузок, испытываемых клеевым соединением;
- действие окружающей среды (топлива, масел, влаги и др.);
- коэффициенты линейного расширения клея и металла.

6.4.3.2 Клеи на основе фенолоформальдегидных смол

1) Клей ВС-10Т. Предназначен для склеивания металлов с неметаллическими теплоустойчивыми материалами в конструкциях, работающих до 300°C. При ремонте автомобилей склеивают тормозные колодки и накладки, диски сцепления и фрикционные кольца.

Состав:

- фенолоформальдегидная смола;
- композиция ВС-10 (смесь поливинилацетата с алкоксисиланом).

Свойства:

- температуро- и морозостойкость (-60...+300°C); стойкость к воздействию масла, бензина, воды; горюч, не токсичен;
- прочность при сдвиге-18.5 МПа (20°C), 14 МПа(150°C), 6 МПа (300°C);
- при равномерном отрыве - 60 МПа.

Процесс склеивания включает следующие операции: очистку деталей, обезжиривание, нанесение клеевого состава кистью на колодки и накладки (расход клея 200г на 1м², толщина слоя не более 0.1...0.2мм), выдержку их на воздухе в течение 30мин при температуре 20°C до полного удаления растворителя (до отлипа) или делают выдержку 6...8мин в сушильном шкафу при температуре 60...70°C; прижим склеиваемых поверхностей (удельное давление 0.1...0.2МПа), выдержку клеевого соединения при 180±5°C в течение 1 часа.

Качество и прочность клеевого соединения проверяют на 20-тонном гидравлическом прессе, имеющем манометр со шкалой 0...100кгс/см². Контроль осуществляется либо выборочный (0.3% всех деталей), либо сплошной. При этом используют приспособления, позволяющие произвести сдвиг накладки. Например, накладки задних тормозных колодок автомобиля должны выдержать напряжение сдвига 5...6МПа (50 - 60кгс/см²).

Для приклеивания фрикционных накладок применяется также клей ВС-350 (температуростойкость - 350°C).

2) Для склеивания стальных, алюминиевых, титановых сплавов применяются клеи: БФ-2, БФ-4 (состав спиртовые растворы феноло-формальдегидной смолы, модифицированной поливинилбутиралем).

В ремонтной практике эти клеи применяют для восстановления неподвижных сопряжений «вал-подшипник» и «отверстие-подшипник качения», ослабление посадки в которых произошло в результате неоднократной разборки. Наибольшая прочность клеевых соединений получается в сопряжениях с пределами от натяга 0,05 мм до зазора 0,05мм (140...160°C, 1 ч).

Для восстановления неподвижных сопряжений, в которых износ не превышает 110 мкм, успешно используется также жидкое стекло (Na₂SiO₃ -канцелярский клей).

После соединения детали 1,5...2 ч выдерживают в ванне с кипящим моторным маслом или подогревают паяльной лампой до температуры 150...180°C. Для этих же целей применяют и эпоксидные составы с добавлением 20% чугунной пыли.

6.4.3.3 Восстановление деталей эпоксидными композициями

Свойства эпоксидных смол. Эпоксидная смола - жидкость от светложелтого до коричневого цвета. Получают ее из отходов нефти при перегонке. В практике ремонта получили распространение ЭД-16, ЭД-20, ЭД-40, ДЭГ-1, ЭДП и ЭДЛ, а также модифицированные эпоксидные смолы (компаунды) К-115, К-153, К-168, К-293 и клеи на их основе. Смола (ЭД-16,20) имеет адгезию с металлами, стеклом, пластмассами, деревом, керамикой. Не имеет адгезии с резиной, полиэтиленом, полистиролом и хлорвинилом.

Температуро- и морозостойкость: -60...+120°C. Стойкость в кислотах, щелочах, растворителях, воде, грибоустойкость; отвердители токсичны. Смолы (ЭД-16,-20) горячего отверждения (отвердитель - малеиновый ангидрид,150°C) имеют несколько более высокие показатели механической прочности, чем смолы холодного отверждения (отвердитель полиэтиленполиамин, 20°C). Например, σв (сжатие), кгс/см² (ЭД- 16): 1500...1700 и 1200 соответственно.

Приготовление эпоксидных композиций. Сначала готовят смесь из эпоксидной смолы, пластификатора и наполнителей, может храниться в закупоренной посуде довольно долго, а непосредственно перед применением в эту смесь вводят отвердитель.

Эпоксидную смолу для уменьшения вязкости подогревают в термощкафу или в горячей воде

(50...60°C), затем вводят пластификатор (дибутилфталат, полиэфир №1, тиоксол НВБ-2 и др.) – 15% массы эпоксидной смолы.

Пластификатор уменьшает хрупкость и увеличивает ударную вязкость отвержденных композиций. В магазинах продают, как правило, пластифицированную смолу.

Наполнители (металлические порошки чугуна, стали, алюминия, окиси железа, двуокиси титана, а также тальк, молотая слюда, фарфоровая мука, графит, измельченный асбест, стеклоткань и стекловолокно) сближают коэффициенты линейного расширения отвержденной композиции и металла детали, увеличивают теплопроводность и термостойкость композиции или увеличивают массу. Для заделки трещин в деталях наполнитель составляет 100...120 грамм металлического порошка на каждые 100 грамм эпоксидной смолы или 50...60 грамм графита. Наполнитель перед применением должен быть просушен 2-3 часа при температуре 100...150°C. Если же наполнитель хранится в сухом теплом помещении, то его просушивать не обязательно.

Когда устраняемое повреждение на детали полностью подготовлено, в тройную эпоксидную смесь вводится отвердитель: полиэтиленполиамин (ПЭПА) 11...12 г/100 грамм смолы, АФ-2-24 ... 26 грамм. Отвердитель вводят частями, чтобы температура смеси не превышала 30...40°C. При комнатной температуре пригодность 100 грамм массы составляет: при использовании ПЭПА - 30 ... 45 мин, при использовании АФ - 2 - 10 ... 15 мин. Эпоксидная композиция отверждается при комнатной температуре: ПЭПА - 24 ... 28 часов, АФ-0-2 - 8 ... 10 часов. Процесс отверждения можно ускорить подогревом детали: 60°C - 4 ... 5 часов (ПЭПА), 80°C - 2 часа, в некоторых случаях 100°C - 1 час. Наиболее эффективным является смешанное отверждение композиции, при котором сначала деталь выдерживают при комнатной температуре в течение нескольких часов (до «схватывания» композиции), затем в камере при температуре 40...60°C. При этом процесс отверждения ускоряется в 2 раза.

Заделка трещин и пробоин. Трещины следует различать короткие (до 150 мм) и длинные (более 150 мм), а также трещины на тонколистовых деталях и толстостенных. Применяется несколько способов заделки трещин.

При заделке трещин на наружных стенках водяной рубашки блока цилиндров: определяют границы трещин и сверлят отверстия диаметром 2...3 мм, снимают фаску под углом 60° на глубину 2...3 мм, зачищают поверхность вокруг дефекта на ширину 25...30 мм и создают шероховатость (крупной абразивной шкуркой или наносят зубилом насечки); обезжиривают поверхность ацетоном или уайт-спиритом и просушивают. Композицию наносят шпателем: сначала заполняют канавку, затем образуют вокруг нее валик шириной 20...25 мм и высотой 2...3 мм. Эпоксидную композицию полезно армировать стеклотканевой тканью толщиной 0,1...0,3 мм. При заделке небольшой пробоины стеклотканевая заплатка накладывается в несколько слоев (до 4-х). Последующие слои заплатки должны перекрывать каждый предыдущий на 5...10 мм. Стеклоткань очищается кипячением и обезжиривается ацетоном. При диаметре пробоин более 25 мм рекомендуется сначала прикрепить винтами металлическую пластину толщиной 0,5...0,8 мм. Для усиления длинных трещин перед нанесением композиции их следует укрепить электросваркой (точки или полная заварка) или постановкой ввертышей.

Трещины на плоскости прилегания головки цилиндров, проходящие между гнездом клапана и цилиндром или через перемычку между цилиндрами, восстанавливают со штифтовкой трещин с последующей постановкой ремонтных гильз и клапанных гнезд на эпоксидной композиции (отверстия под резьбу М6, штифты из красной меди). Стоимость ремонта трещин на водяной рубашке с учетом стоимости пасты в 4...5 раз ниже по сравнению с ремонтом горячей сваркой. Кроме ремонта деталей (2% всей смолы) эпоксидные смолы применяют для электроизоляционной заливки (25%), антикоррозионных покрытий (15%), гидроизоляции (5%), изготовления армированных пластиков (22%) и других работ.

6.4.3.4 Восстановление деталей каменной пастой. До недавнего времени единственным способом устранения трещин в выпускных трубах двигателей была сварка (газовая с общим нагревом или электродуговая электродами на основе меди и никеля).

Существует еще один весьма простой и достаточно эффективный способ заделки трещин в этих деталях - каменной пастой. Этот материал представляет собой смесь трех компонентов: наполнителя, ускорителя и разбавителя. В качестве наполнителя рекомендуется использовать порошки горных пород вулканического происхождения: андезита, диабазы, базальта и других. На каждые 100 грамм наполнителя берут 3 грамма кремнефтористого натрия (ускорителя) и 50 грамм жидкого натриевого стекла (разбавителя). При комнатной температуре паста затвердевает в течение 20...30 часов; 90° - 4...5 часов; 50° - 8...12 часов (открытый огонь применять нельзя). Технология ремонта такая же, как и при восстановлении деталей эпоксидной композицией.

6.4.3.5 Применение анаэробных клеев в ремонтной практике. Анаэробные клеи (основой

является эфир метакриловой кислоты) остаются в исходном жидком состоянии до тех пор, пока находятся в контакте с воздухом. Когда нет доступа кислорода, начинается процесс затвердения (превращение жидкой смолы в твердый полимер через несколько часов).

Механизм действия основан на динамическом равновесии, существующем между химическими радикалами и кислородом воздуха.

В ремонтной практике анаэробные клеи, например, № 243, № 270 (фирмы «Локтайт») широко применяются для фиксации резьбовых соединений. Разобрать соединения, законтренные первым клеем, можно обычным инструментом, вторым - после нагрева до 300°C. В основе обоих клеев - сложный эфир диметилкрилата; рабочий температурный режим (-55...+150°C). Одновременно препарат герметизирует соединение и защищает его от коррозии. Аналогичные материалы (№648, №660 на основе уретана метакрилата и др.) применяются для фиксации изношенных деталей (втулок, шпонок, шлицевых соединений и др.) или при сборке (заменяют клепку и точечную сварку). Некоторые (например, мультибокс) затвердевают лишь при использовании активатора: на одну поверхность наносится клей, на другую - активатор. Разработаны анаэробные клеи и с другими «способностями»: для склеивания маслянистых (жирных) поверхностей, затвердевающие при низкой температуре, используемые как герметики для фланцев и трубопроводов (высыхающие и невысыхающие - жидкие прокладки) и др.

6.4.3.6 *Заделка неровностей в панелях кузова термoplastами ПФН-12, ТПФ-37.* Свойства ПФН-12: размер частиц 0,15 ... 0,25 мм, плотность 1,2 г/см³, максимальная температура нагрева - 160°C (200°C - ТПФ-37). Положительные стороны: высокая адгезия, технологичность процесса, достаточная прочность. Так, отвержденный ПФН-12 имеет: Q_v (сжатие) - 45 МПа, при сдвиге - 26 МПа.

Схема технологического процесса:

- тщательная очистка поверхности уайт-спиритом;
- создание шероховатости на поверхности (слесарными способами);
- газопламенное напыление порошка на поверхность кузова при помощи ацетиленовоздушной горелки аппарата УГПЛ (максимальная температура пламени - 800°C);
- напыленную поверхность укатывают гладилкой (резиновым роликом, смоченным водой) и шлифуют машинкой с гибким валом (обычно фибровым диском).

6.4.4 *Изготовление деталей из синтетических материалов*

6.4.4.1 Наиболее широко для этих целей в автотранспортных предприятиях применяются полиамиды (АК-7, капрон). Из них изготавливают 40...60 деталей: втулки рессорные, втулки шестерен заднего хода, втулки вала сошки, шестерни спидометра, краники водяные, дверные ручки, пробки радиаторов, подфарники, крыльчатки водяных насосов, верхняя и нижняя части бензонасоса и др.

6.4.4.2 *Свойства полиамидов.* Полиамидную смолу АК-7 выпускают в виде гранул светло-желтого цвета. Свойства:

- низкий коэффициент трения;
- способность работать в агрессивных средах;
- высокая твердость (НВ 15...18) по сравнению с другими синтетическими материалами;
- повышенная теплостойкость (плавится при температуре 240°C).

Капрон выпускается в виде полупрозрачных гранул. Твердость - НВ 10...12, плавится при температуре 210°C, плотность - 1,13...1,14 г/см³, усадка при литье под давлением 1,5...3%. В расплавленном состоянии сильно окисляется кислородом воздуха. Не подвергается воздействию смазочных масел, керосина. Растворяется в муравьиной кислоте, феноле и в сильных минеральных кислотах (рециклат получают с помощью соляной кислоты). Обладает высокой гигроскопичностью (свежеотлитый капрон поглощает 10...11% влаги от собственного веса). Механические свойства капрона:

- σ_B на разрыв, МПа - 50...70;
- σ_B на сжатие, МПа - 70...80;
- τ на срез, МПа - 50...60;
- Ψ удлинение, % - 150...200.
- Коэффициент трения по стали: без смазки - 0,15...0,19; со смазкой - 0,04 ... 0,08;
- Допустимая рабочая температура: со смазкой, °C - 135...140; без смазки, °C - 50...60.

6.4.4.3 *Изготовление деталей из полиамидов.* В серийном производстве широко применяется литье под давлением. В автоклав загружается сырье - 80% первичного полиамида и 20% отходов (дробят); для ответственных деталей - 100% первичного. Перед загрузкой сырье обезжиривают в кипящем 5% NaOH в течение 2 часов. Сушат - 6...8 часов при температуре 40...60°C до влажности 0,2 ... 0,3%. Давление на расплавленный полимерный материал (220 ... 260°C) осуществляют азотом из

баллона (0,6 ... 1,6 МПа). Величина давления зависит от сложности пресс-формы. Шероховатость поверхности пресс-формы (сталь, чугун) должна быть такой же, как на поверхности детали. У отлитых деталей отрезают литники и удаляют заусеницы. Для снятия внутренних напряжений детали загружают в ванну с водой и 3...4 часа их варят. Производительность автоклавов высокая - 700...900 рескорных втулок за смену. Недостатки: загружается 10...14 кг полиамида, который длительное время находится в расплавленном состоянии, происходит старение и уменьшение механических качеств.

Некоторые автопредприятия изготавливают (восстанавливают) детали *напрессовкой*. Рассмотрим технологический процесс на примере наращивания пластмассы на детали под прессом. Детали (изношенные или повышающие прочность, например, стержни дверных ручек) очищают от жира и коррозии; в некоторых случаях для лучшей сцепляемости обрабатывают на металлеспектоструйной установке. Перед сборкой пресс-формы деталь рекомендуется нагреть до 85°C, а пресс-форму до 60...65°C. В свободную полость между деталью и пресс-формой засыпают порошок полиамида или термореактивной пластмассы.

Под влиянием давления гидропресса и тепла (прессформу нагревают электроплитой или встроенными электрическими нагревателями) порошок размягчается и соединяется с поверхностью детали. Время выдержки под давлением 3 с на 1 мм покрытия. Форму медленно охлаждают. Детали из полиамида подвергают термической обработке в ванне с маслом при температуре 190°C, выдержка - 5 мин на 1 мм толщины.

Покрытие из капрона на детали наносят и *без пресса*. Приготовленный порошок (140...160 мкм, просушенный, просеянный через сито) засыпают в установку на пористую перегородку, через которую снизу продувают воздух или инертный газ со скоростью 10 м/мин. Подготовленную деталь нагревают до температуры 280...300°C и помещают во взвихренный порошок пластмассы, который оплавляется на детали. Таким образом, можно получить толщину покрытия до 1,5 мм. Наилучшее сцепление наблюдается при толщине 0,18...0,20 мм (3...5 с выдержки). Для повышения прочности сцепления в 1,5...2 раза детали иногда фосфатируют (стальные детали кипятят в 50% водном растворе суперфосфата 15...20 мин) или покрывают масляной лаковой пленкой толщиной 0,05...0,1 мм (деталь с масляным покрытием нагревают до 360...380°C, затем медленно охлаждают в печи до рабочих температур нанесения покрытия). Адгезия при этом возрастает в 5...6 раз. После нанесения покрытия детали подвергают термообработке в дизельном масле (100...120°C, 10 мин).

Некоторые машиностроительные предприятия полимерные порошки наносят на металлические детали в электрическом поле, а затем оплавливают в печи или ТВЧ.

6.4.5 Ремонтные композиционные материалы (РЕКОМЫ)

В профессиональных журналах (АП, АТ, ЗР) появились статьи (первая в АП, № 11, 1994) о рекомах, которые во многих случаях при ремонте деталей автомобилей не уступают по механическим свойствам металлам. Поставляют рекомы на отечественный рынок в основном Германия и предприятия оборонной промышленности. Сдерживает пока их широкое применение высокая стоимость.

Примеры:

- *Реком - 2.* Рекомендуются для восстановления посадочных размеров; резьбовых, шпоночных соединений, ремонта блоков цилиндров, трещин на корпусных деталях, задиров. После затвердения приобретает свойства металла, обрабатывается режущим инструментом на станках.

- *Реком - 6.* Предназначен для восстановления изношенных деталей, работающих в условиях абразивного воздействия жидких сред (насосы, клапаны и т.д.). Ресурс восстановленных деталей больше ресурсов новых. Обрабатывается только алмазным и боразоным инструментом. Поэтому стараются геометрию детали сделать в период пластичного состояния.

- *Реком - 33.* Применяется для ремонта деталей ДВС с рабочей температурой до 500°C.

- *Реком - 31.* Обладает низким коэффициентом трения. Рекомендуются для восстановления подшипников скольжения.

- *Реком - 1.* Получают антикоррозионные покрытия, противостоящие кислотам, щелочам и другим химическим средам.

- *Реком - 51.* Рекомендуются для изготовления штампов (листовая штамповка до 50 тыс. крупногабаритных деталей).

- *Реком-Б.* Разработан МАМИ

Можно наносить слой на детали до 10 мм σ_B сж- 100 МПа τ - сдвига (со сталью) - 40 МПа (у зарубежных аналогов -20 МПа). Рабочие температуры - 150°C, выдерживает охлаждение в жидком азоте. Разработаны и другие рекомы с различными специфическими свойствами (соединяются с замасленными поверхностями, в зимних условиях и др.).

Контрольные вопросы:

1. Классификация баббитов?
2. Свойства баббитов и область применения в ремонтной практике?
3. Подготовка подшипников к заливке баббитом?
4. Подготовка баббита к заливке подшипников скольжения?
5. Способы заливки подшипников скольжения баббитом?
6. Восстановление подшипников скольжения?
7. Мягкие припои и их свойства?
8. Твердые припои и их свойства?
9. Оборудование для паяния?
10. Область применения электрофизической обработки металлов в ремонтной практике?
11. Сущность процесса электрофизической обработки металлов (наращивание и разрушение)?
12. Разрушение металла электрофизической обработкой (сущность, схема одной из установок)?
13. Нарращивание металла электрофизической обработкой (сущность, схема одной из установок)?
14. Область применения пластмасс при ремонте автомобилей?
15. Область применения клеев для склеивания металлов?
16. Состав эпоксидной пасты (клея)?
17. Технологический процесс ремонта трещин на блоке цилиндров эпоксидным клеем?
18. Как ремонтируют широкие трещины эпоксидным клеем на водяной рубашке блока цилиндров?
19. Технологический процесс заделки неровностей в панелях кузова (кабины) термопластами (типа ПФН-12, ТПФ-37)?
20. Какими способами можно устранить неровности на панелях кузова?
21. Как работает газопламенная установка для нанесения пластмассы на панели кузова, кабины?
22. Какие пластмассы наиболее широко применяются в ремонтной практике для изготовления деталей?

7 Восстановление рамы и кузова автомобиля

7.1 Технология восстановления рамы автомобиля

7.1.1 Материалы, применяемые для изготовления деталей рамы

Таблица 7.1 – Материалы, применяемые для изготовления деталей рамы

Материал		
Продольные балки	Поперечины	Кронштейны
30Г	Ст 25	КЧ35
Ст 25, 12ГС	Ст 15	КЧ35
19ХГС	Ст 20кп	КЧ35

7.1.2 Дефекты деталей рамы:

- трещины;
- погнутость балок;
- ослабление заклепочных соединений;
- износ отверстий под заклепки;
- накладки, приваренные в местах повреждения.

Основная причина появления трещин - усталостное разрушение (80 % по данным НИИАТ).

Концентрация напряжений - у отверстий и заклепочных соединений. Для разрушений, появляющихся в результате статических и динамических нагрузок, характерно пластическое деформирование вблизи излома (например, разрыв отверстий под болты крепления передних буксирных крюков).

Разрушения поперечин рамы возникают от деформации кручения. По этой причине могут разрушаться и продольные балки в местах заклепочных соединений первой поперечины и поперечины буксирного крюка. Повреждения от изгибающих нагрузок: на полках продольной балки; на вертикальной стенке продольной балки.

Погнутость продольных балок определяют по кривизне верхней полки (например, для КамАЗ допустимая погнутость - 2 мм на 1000 мм или 5 мм по всей длине).

По ТУ на капитальный ремонт продольные балки выбраковывают, если есть одна трещина, захватывающая более половины сечения, или три трещины - менее половины.

7.1.3 Технологический процесс восстановления рам

Индустриальный метод предусматривает полную разборку:

- обезжиривание в горячем моющем растворе;
- полная разборка;
- дефектоскопия;
- восстановление деталей;
- сборка продольных балок с кронштейнами;
- полная сборка;
- окраска.

7.1.4 Ремонт трещин на балках

7.1.4.1 Схема технологического процесса:

- вырезают дефектный участок по шаблону (под углом 45°);
- изготавливают вставку или дополнительную ремонтную деталь (ДРД) из выбракованного лонжерона;
- зачистка кромок абразивным кругом;
- приварка вставок встык;
- зачистка сварочных швов: возвышение не более 2 мм над поверхностью балки;
- обработка наклепом зон термического влияния.

7.1.4.2 Лучшие результаты (по опыту ремзаводов) дает сварка в среде углекислого газа:

- не происходит деформация лонжеронов;

- малые размеры дуги и сварочной ванны, что дает возможность заваривать швы во всех пространственных положениях;
- высокая прочность.

Сварка производится с одной стороны без подогрева:

- ток постоянный обратной полярности;
- сила тока - 140...160 А;
- напряжение - 22...24 В;
- скорость сварки - 25...30 м/ч;
- проволока - СВ-08Г2С, диаметр - 1,2...1,4 мм

7.1.4.3 Высокую усталостную прочность обеспечивает и газокислородная сварка. Стыки должны быть плотно подогнаны, без разделки кромок. Механическая обработка после сварки не делается.

7.1.4.4 Трещины на поперечинах заваривают. Если трещины проходят через отверстия для заклепок крепления поперечин, производится вырезка поврежденной части.

7.1.4.5 Зоны термического влияния сварочных швов и места возможного возникновения трещин рекомендуется укреплять наклепом. Предел выносливости повышается до 90% от номинала (снижается после сварки на 25...40%). Используют пневмомолоток (МР-6 и др.); сфера бойка пневмомолотка - 4,5 мм. Отпечаток должен быть равным 3 мм, перекрытие отпечатков - одна треть. В крайнем случае, наклеп можно сделать вручную слесарным молотком ($R = 2...3$ мм).

Возле шва происходит концентрация напряжений, а также ухудшается структура (волоконистая структура, образующаяся при прокате, разрушается), увеличивается размер зерен. Поэтому предел выносливости сварного соединения в стыке ниже, чем у свариваемого металла.

7.1.5 При износе отверстий и при трещинах, захватывающих отверстия под кронштейны, их заваривают:

- зачищают стальной щеткой с обеих сторон на 10...15 мм от отверстия;
- подкладывают медную пластину;
- заваривают отверстие;
- сверлят отверстие по кондуктору, диаметр меньше номинального на 1 мм;
- доводят диаметр отверстия до номинального прошивкой; фаски на кромках не срезают, а делают обжимкой.

7.1.6 *Погнутые детали рамы правят в холодном состоянии (под прессом).*

7.1.7 *Сборка*

7.1.7.1 Продольная балка автомобилей, например МАЗ, КамАЗ должна соответствовать следующим требованиям:

- кривизна верхней полки не более 2 мм на длине 1000 мм или 5 мм на всей длине;
- кривизна вертикальной стенки не более 2 мм на длине 1000 мм или 10 мм на всей длине;
- разность стрел прогиба продольных балок одной рамы не более 6 мм (проверяется специальной линейкой);
- скручивание (перекос) рамы по длине не должен превышать 10 мм.

7.1.7.2 *Способы клепки. Технические требования к сборке рам.* Для клепки применяют пневмо- и гидроустановки.

Преимущества гидроклепки:

- меньше шум, лучше условия работы;
- отсутствует нагрев заклепок;
- клепку выполняет один человек (пневмо - 2 человека);
- выше качество клепки (без нагрева лучше заполняется отверстие, происходит более правильное формирование головки заклепки).

Разогретая заклепка охлаждается от соприкосновения с холодным металлом, выступающий же конец охлаждается медленнее, а поэтому деформируется легче тела заклепки. Но пневматическая клепка более приспособлена для клепки в труднодоступных местах.

Диаметр стержня заклепки: $D = (1,8...2,2) h$, где h - толщина склепанных деталей.

Диаметр головки заклепки: $D_{гол.} = (1,5...1,7)D$.

Заклепки нагревают (пневмоклепка или кузнечный способ клепки) в электропечи или электроклещами до температуры 1050...1100°C. Головки заклепок должны иметь геометрически правильную форму, без перекосов, наплывов, трещин.

Контроль качества клепки (на примере рамы КамАЗ): на расстоянии, равном двум диаметрам стержня заклепки, щуп толщиной 0,05 мм не должен проходить; на расстоянии между заклепками до 60 мм не должен проходить щуп толщиной 0,6 мм; при большем расстоянии - 1,2 мм

7.1.7.3 Оборудование. Для клепки рам применяют гидравлические установки, позволяющие обжимать заклепки без нагрева. Обжимают заклепки подвесной клепальной скобой, которую подвешивают над рабочим местом на консольной балке с пружинным уравнивающим блоком или противовесом. Все скобы с рабочим цилиндром - 50...100 кг.

Для заклепок Ø 12...13 мм требуется максимальное усилие 20...25 т. Производительность - 10...15 циклов в минуту, автоматически включается обратный ход и останов.

Для разборки заклепочных соединений применяют пневматические рубильные молотки, газовую и воздушно-дуговую резку. Срубание пневмомолотком головок заклепок сопровождается сильным шумом. Недостатком газовой резки является оплавление основного металла и изменение его структуры в зоне термического влияния. При воздушно-дуговой резке угольным электродом, выполняемой резаком, например РВД-4А-66, эти недостатки отсутствуют. В электродержателе установлена форсунка, из которой подается струя сжатого воздуха, направленная вдоль электрода. Электрическая дуга расплавляет металл головки заклепки, а сжатый воздух давлением 0,4...0,5 МПа сдувает расплавленный металл, одновременно охлаждая сопряженные детали. После среза головки заклепку выбивают из отверстия пневматическим молотком.

7.2 Технология ремонта кузовов, кабин

7.2.1 Коррозия кузовов

7.2.1.1 В мировой автомобильной практике считается, что средний срок службы легкового автомобиля составляет 12 лет, а срок службы автобуса - 10 лет. Регулярная комплексная противокоррозионная обработка позволяет продлить срок службы автомобилей. Стоимость кузова составляет 50...85 % от стоимости всего автомобиля (автобуса). Кабина и оперение грузового автомобиля стоят дороже таких агрегатов как задний мост. При капитальном ремонте только листового металла экономится по сравнению с изготовлением нового кузова, примерно 75% (в основном, Ст 08, НВ131).

7.2.1.2 Одной из наиболее трудноразрешимых проблем, возникающих при использовании несущих кузовов, является предохранение их от коррозии. Листовые конструкции, соединенные точечной сваркой, характеризуются наличием большого числа перекрытий и зазоров, защитить которые в достаточной мере от коррозии весьма трудно. Уже через 3...4 года эксплуатации на кузовах появляются коррозионные очаги, а через 5...6 лет начинается коррозионное разрушение несущих элементов конструкции кузова и, как следствие, потеря прочности кузова.

Известно, что *коррозия* – это разрушение металлов вследствие химического или электрохимического взаимодействия их с окружающей средой. Химическая коррозия металлов протекает в средах, не проводящих электрический ток (например, в сухих газах). Наиболее разрушаются от химической коррозии выпускные трубы, глушители и элементы кузова, примыкающие к ним (юбка кузова, задний бампер). Электрохимическая коррозия протекает при соприкосновении металла с электролитом, когда образуется короткозамкнутый гальванический элемент (например, при атмосферной коррозии).

Для чистой поверхности железа в условиях отсутствия загрязнений воздуха критическая влажность равна примерно 70 %. При наличии на поверхности деталей пыли и грязи она снижается до 50 %. Последнее объясняется тем, что мелкие твердые частицы служат центрами конденсации влаги, а крупные - сами адсорбируют влагу. Дальнейшее увеличение влажности воздуха, а также повышение температуры увеличивают скорость атмосферной коррозии. Применение соли при гололеде, широкое использование химических удобрений в сельском хозяйстве, загрязнение окружающей среды, другие коррозионноактивные факторы (например, образование конденсата влаги из-за перепада температур в холодное время между внутренним пространством кузова и наружными стенками) способствует усилению коррозии кузовов.

По характеру разрушения различают сплошную коррозию и местную, которая может иметь вид пятен, точек, сквозных или глубоких язв.

Наиболее опасные - местные виды коррозии. В образовавшихся точках - столбиках продукты коррозии развивают давление 20...49 МПа и разрушают металл. Сплошная коррозия может играть роль своеобразной пассивной защиты металла, то есть приостановить процесс разрушения.

Проблема защиты автомобильных кузовов от коррозии - многосторонняя. Усилия автостроителей и эксплуатационников должны быть направлены на повышение коррозионной стойкости кузовов при

его изготовлении, эксплуатации и ремонте. Предупредить развитие коррозии значительно легче и дешевле, нежели бороться с ней после образования коррозионного процесса. Два раза в год при сезонном обслуживании автомобиля следует проводить тщательный осмотр кузова, выявлять опасные участки, зачищать, покрывать антикоррозионными составами. Необходимо соблюдать режимы мойки, не применять жесткие капроновые щетки. После мойки просушивать автомобиль горячим воздухом (или в движении). Коррозия в 3...4 раза ускоряется, если мокрый кузов поставить в теплый гараж без сушки. На границе капли воды и поверхности кузова создается электрическое поле с напряжением 6...12 В. Электроны пробивают лакокрасочный слой покрытия и в местах повреждения начинают возникать очаги коррозии. Большую роль играет снятие электростатического электричества.

Особое внимание надо обратить на замкнутые элементы кузова, порожки, нижние части дверей и боковины, которые очень трудно предохранить от коррозии. В некоторых случаях делают технологические отверстия, через которые пневмораспылителем (шприц-пистолет АР-1141, Ø сопла – 7 мм, Р до 2 Мпа. Можно использовать угловые насадки для обычных краскораспылителей, рассверлив в них выходные отверстия до 7...8 мм) вводят антикоррозионное покрытие (Мовиль, Тектил и другие). Технологические отверстия закрывают резиновыми или полиэтиленовыми пробками.

Днище кузова, нижнюю поверхность крыльев, надколесных арок и другие поверхности, обращенные к дороге, покрывают битумными мастиками (БПМ-1, МСА, №580 с присадкой резинового клея – 10% и другие). Щели, зазоры, сварочные швы целесообразно заделывать мастикой Д-4А.

Хромированные детали следует ставить через пленку. Ни в коем случае нельзя ставить на кузов в процессе эксплуатационных ремонтов болты, винты. Особенно опасны самонарезающие винты без цинковых и кадмиевых покрытий.

При покраске следить за чистотой, так как попадание мельчайших твердых частиц под краску, грунт ведет к развитию нитевидной коррозии, которая распространяется в виде разветвленного дерева.

7.2.2 Приемка кузовов в ремонт

Приемку кузовов в ремонт производят только в присутствии заказчиков. При приемке обязательно осуществляют: проверку документов на автомобиль или кузов, проверку комплектности, контрольный осмотр, определение и согласование с заказчиком объема работ, ориентировочное определение стоимости и сроков выполнения работ, оформление приемочных документов.

Для выполнения кузовных и окрасочных работ могут применяться как автомобиль в целом, так и кузов в отдельности. Перед приемкой кузовов в ремонт в случае необходимости проводят их мойку, в том числе снизу, чистку внутри и сушку. Кузова с аварийными повреждениями, в том числе с поврежденными заводскими номерами, принимают в ремонт только по предъявлении заверенной печатью справки ГИБДД с регистрацией аварии или повреждений, полученных в результате стихийного бедствия (пожар и т.п.). Кузова как отдельные агрегаты принимают в ремонт только при представлении документов, подтверждающих законность их приобретения владельцами в магазинах розничной или комиссионной торговли. Приемку кузовов в ремонт осуществляют на посту, оснащенном подъемником автомобиля. При необходимости используют оборудование для контроля геометрии основания кузова.

7.2.3 Схема технологического процесса

Дефектацию кузова и разборку выполняют в два этапа: предварительный и окончательный. Основная цель предварительного контроля - выяснить целесообразность ремонта узлов, деталей, подлежащих обязательному снятию с кузова (подушки сидений, стекла и т. п.). Окончательный контроль (постукиванием и визуально) и разборку выполняют после снятия старой краски. Кроме обнаружения дефектов, определяют виды ремонта и способы устранения имеющихся повреждений. В ремонт не принимают кузова при наличии сквозной коррозии по линиям соединения несущих элементов, а также со смещением более 30 мм двух или более контрольных точек (после пожара и т. п.) в основании кузова (при условии, что пол кузова в сборе не поставляется в качестве запасной части).

После ремонта корпуса на кузов навешивают двери, оперение (все то, что подлежит окраске вместе с кузовом). Окончательную сборку выполняют после окраски кузова.

7.2.4. Виды ремонта кузовов

В зависимости от степени повреждения, деформации и коррозионного разрушения существует шесть видов ремонта кузовов:

- Ремонт №1 – выправление повреждений с площадью поверхности до 20 % в легкодоступных местах.

- Ремонт №2 – выправление повреждений со сваркой или ремонт №1 на площади поверхности, деформированной до 50 %.

- Ремонт №3 – выправление повреждений со вскрытием и сваркой, частичным восстановлением до 30 % площади поверхности. Частичное восстановление деталей производят путем устранения повреждений вытяжкой и правкой с усадкой металла, вырезкой участков, не подлежащих ремонту, изготовлением ремонтных вставок из выбракованных деталей кузова или листового металла с приданием ему формы восстанавливаемой детали.

- Ремонт №4 – устранение повреждений частичным восстановлением деталей на площади поверхности свыше 30 %.

- Ремонт №5 – замена поврежденной части детали кузова ремонтной вставкой из номенклатуры запасных частей или изготовленной по чертежам завода-изготовителя.

Ремонт №6 – крупноблочный ремонт, предусматривающий замену поврежденных частей кузова блоками деталей от выбракованных кузовов с разметкой, отрезкой, подгонкой, вытяжкой, рихтовкой, сваркой последних.

7.2.5 Разборка кузовов для ремонта

В зависимости от вида ремонта и состояния кузова разборку выполняют частично или полностью. Полную разборку производят, как правило, при значительных аварийных повреждениях кузова, требующих производства работ по правке на специальных стапелях или при замене кузова новым. Разборка кузовов несущей конструкции тесно связана с разборкой автомобиля в целом. Технологический процесс разборки кузова разрабатывают для каждого типа кузова.

В зависимости от состояния деталей и узлов, требующих ремонта, цельнометаллический сварной корпус разбирают частично. Необходимо учитывать, что при удалении некоторых узлов может произойти нарушение геометрических размеров кузова (например, при замене панелей боковины и центральных стоек и т. п.). Принимают меры для устранения нагрузки от собственной массы, в проемы устанавливают соответствующие кондукторы или специальные распорки.

При разборке кузовов трудоемкой работой является отвертывание заржавленных болтов, гаек, шурупов, разъединение панелей, сваренных точечной сваркой.

Для удаления крепежных элементов, неподдающихся отвертыванию, применяют один из следующих способов:

- смочив резьбовую часть соединения керосином (составы «Унисма», WD-40 и другие), через 5...10 мин отвертывают гайку;
- нагревают гайку (или винт, например, петель дверей) пламенем и отворачивают ее в нагретом состоянии или срезают пламенем головку болта или винта;
- откусывают болт с гайкой кусачками или отрезают ножовкой;
- отрубают гайку зубилом, для чего под одну грань гайки подставляют стальную болванку и с помощью зубила и молотка подсекают противоположную грань до резьбы болта. Надрубленная гайка легко снимается. Иногда болты малого диаметра отрубают вместе с гайкой;
- сверлят в головке болта, шурупа отверстие диаметром равным диаметру стержня, предварительно накернив головку. После сверления головка отпадает, а стержень выбивают бородком или удаляют после снятия детали.

Детали, укрепленные точечной сваркой, отрубают тонким ручным зубилом (пневматическим зубилом) или сверлят места сварки через верхний лист панели с нелицевой стороны кузова. Панели вырезают также ручными, электрическими, пневматическими пилами, ножницами или газовыми резаками. Перед выполнением работ по удалению поврежденных элементов кузова производят разметку границ удаляемого участка.

Линии разметки наносят чертилками, карандашом следующими способами:

- по отсчету от базовых точек (на пересечении характерных линий деталей);
- по шаблону (изготавливают из старых панелей или картона);
- по ремонтной детали (после удаления поврежденного участка накладывают готовую ремонтную деталь, по кромке которой наносят линию разметки).

7.2.6 Удаление лакокрасочных покрытий

7.2.6.1 Лучший способ – химический. Применяют смывки: АФТ-1, СП-7 и другие. После нанесения СП-7 покрытие из нитроэмали набухает в течение 3 мин, из синтетических эмалей – 10...20 мин. Краску снимают шпателем из цветного металла.

Состав смывки АФТ-1 (массовых частей):

- коллоксилин	-	5,0;
- парафин	-	0,5;
- ацетон	-	19,0;
- формальгликоль	-	47,5;
- толуол	-	28,0.

Можно приготовить смывку (массовых частей):

- парафин	-	10,0;
- ацетон	-	40,0;
- бензол	-	50,0.

Сначала парафин небольшими порциями на водяной бане растворяют в бензоле, затем добавляют ацетон.

7.2.6.2 На крупных ремонтных предприятиях кузов погружают на 5 мин в горячий раствор (70...80 °С) каустической соды (5...12 %). Затем нейтрализуют в 1,0...1,5 % растворе ортофосфорной кислоты и промывают в воде.

7.2.6.3 Высокое качество обеспечивает металлопескоструйная очистка. После снятия краски создается шероховатость, повышающая прочность сцепления лакокрасочного покрытия с металлом. Применяется чугунная дробь типа ДЧК, размер зерна 0,2...0,3 мм, HRC 52...62, давление воздуха 0,2...0,5 МПа.

7.2.6.4 Шлифование металлических поверхностей перед окраской. Наиболее распространен мокрый способ шлифования с использованием водостойких шлифовальных шкур на тканевой основе, зернистость 16. Шероховатость поверхности после шлифования 1,6...1,25 мкм. Используют также шлифовальный круг («Дюрикс» и другие). Механизированную обработку выполняют электрическими или пневматическими машинками.

7.2.7 Правка деформированных кузовов

7.2.7.1 Устранение деформаций кузова на стендах, а также с помощью растяжек, устранение деформации панели порогов, сварку кузовных деталей см. в специальной литературе [15, 16].

7.2.7.2 *Восстановление формы поврежденной панели.* Кузов автомобиля собирается из листовых штампованных на прессе деталей. После штамповки в листовом металле возникают напряжения растяжения или сжатия, удерживающие форму штампованной детали. В результате удара возникают новые напряжения. Если удар очень сильный, то металл вытягивается. Вокруг деформированной зоны создается граничный пояс. В этом месте металл подвергся наибольшей вытяжке. Иногда образуется резко выраженная кромка или складка, которая мешает восстановлению формы металла, так как является зоной возникновения максимальных внутренних напряжений. Во многих случаях форма панели восстанавливается после разгрузки точек утяжки кромки, ограничивающей зону деформации.

Перед выполнением работ в зоне утяжки металла шабером снимают краску и противощумную мастику, а затем начинают восстановление формы детали. Восстановление формы включает в себя две основные операции: выколотку и выравнивание (рихтовку).

Выколотка – это операция, предназначенная для придания поврежденной части формы, близкой к ее первоначальной форме. Выколотку производят либо давлением, либо молотком, начиная с более жестких деталей от граничной кромки в направлении центра вмятины. Выколотку можно начинать выдавливанием с помощью домкрата или рычага. Операцию продолжают (или с самого начала) с помощью молотка и ручной опорной наковаленки. Профиль наковаленок выбирают схожим с профилем детали перед деформацией. Применяемые ударные инструменты не должны вызывать удлинение листа. Желательно применять деревянные киянки, которые обладают значительной опорной поверхностью и не оставляют следов на обработанной поверхности металла, не вызывают удлинения. В случае ремонта съемного элемента его легче снять и выполнить работу на верстаке (двери, капоты, крылья некоторых автомобилей). Кроме киянок применяют рифленые молотки (кувалды), рабочая поверхность которых напоминает поверхность напильника. Эти кувалды в меньшей степени вытягивают металл, так как профиль рифлений создает сжатие металла.

Рихтовка является последней (отделочной) операцией обработки листовых деталей. Рихтовка заключается в устранении неровностей поверхности до такой степени, чтобы состояние ее было бы почти таким же, как после штамповки. Рихтовку осуществляют ударами молотка по листу, который опирают на наковальню. Наковальня должна обладать большой массой, чтобы поглощать удар, и иметь форму, схожую с формой рихтуемой части детали. Рабочая поверхность наковальни должна быть гладкой, чтобы не оставлять следы на поверхности листа. При рихтовке чаще всего применяются рихтовочные молотки, называемые также гладилками, и молотки-кувалды. Бойки молотков закаливают и полируют. Лучший эффект достигается в случае рихтовки легкими, частыми ударами с малой вытяжкой металла, чем при рихтовке сильными разрозненными ударами, оставляющими следы на поверхности и сильную вытяжку металла. При наличии на рихтуемой детали складки рихтовку начинают с выправления этой складки до окончательной формы, а затем рихтуют остальную часть детали.

Дефекты, возникающие при рихтовке, и их устранение. Оценка качества выполненной рихтовки осуществляется визуально или ощупыванием поверхности ладонью руки. Для контроля плоских поверхностей применяются линейки. Возможно образование двух видов дефектов поверхности после рихтовки:

- на выпуклом участке небольшой листовой панели образуется впадина, которую нельзя устранить выдавливанием;
- на обширном участке листовой панели образуется пузырь (хлопун), который попеременно перемещается то на одну, то на другую сторону листа при нажатии на его выпуклую сторону, при этом возникает характерный шум (хлопанье).

При наличии на поверхности панели *впадины* достаточно произвести рихтовку вглубь двух небольших секторов с каждой стороны листа. При этом удары наносятся, по возможности, в центр впадины, а затем перемещаются к периферии с постепенным уменьшением силы удара.

При наличии на поверхности панели *пузыря* необходимо стянуть металл путем его утолщения. Достигают этого нагреванием небольших кругов металла (максимум 12 мм) ацетиленокислородной горелкой или электродами (для мягкой стали ~ 700 °С). Как только металл нагреется докрасна, его пластичность резко возрастет. Под давлением пружинящего эффекта окружающего ненагретого докрасна металла происходит усадка расширившейся докрасна части металла. Увеличение его объема происходит за счет утолщения. При охлаждении металл, сжимаясь, поглощает небольшую часть удлинения окружающего металла.

На практике усиление осаживания металла осуществляется различными способами:

- уменьшением скорости распространения теплоты путем создания кольца вокруг нагретой части металла из мокрой ветоши (пропитанной водой губки);
- противодействием деформации путем нажатия на металл ручкой молотка или трубой вблизи нагретой точки;
- выстукиванием границ точки металла, нагретого докрасна, а затем и самой нагретой точки киянкой или рихтовочным молотком (подставляют ручную наковаленку). Этот способ имеет наибольшее применение.

Если необходимо осуществить дополнительные точечные нагревы, то следует их делать не более двух, трех между каждым охлаждением.

Рихтовка с применением точек усадки требует опыта, приобретаемого в результате постоянной практики. Гораздо легче проводить такие работы на выпуклых деталях, чем на почти плоских панелях. Трудность заключается в восстановлении точной длины металла.

7.2.8 Окраска кузовов

7.2.8.1 Технологический процесс покраски кузова на заводе

Обезжиривание металлических поверхностей от масляных пятен, следов окисной пленки и других загрязнений осуществляется уайт-спиритом вручную при помощи щеток. Затем кузов толкающим конвейером подается в агрегат подготовки поверхности, где обезжиривается моющим раствором КМ-1 при 50°...70°С, 3...4 мин., после чего кузов промывается деминерализованной водой и подается на операцию фосфатирование.

Фосфатирование осуществляется фосфатирующим раствором на основе концентрата КФ-1 и др. при температуре 50°...55°С, 3...4 мин. Затем - промывка кузова горячей водой и пассивирование хромовым ангидридом. Образуется фосфатная пленка 2 ...3 мкм, которая обеспечивает хорошую адгезию со слоем грунтовки и повышенную защитную способность против коррозии (при местном повреждении слоя коррозия не распространяется в стороны); не пропускает влагу, электрический ток.

Состав КФ-1 (% по массе):

- окись цинка	13,7;
- ортофосфорная	87;
- кислота	31,9;
- азотная (57%) кислота	14,3;
- вода	40,1.

Грунтование. Кузов конвейером подается в камеру грунтования, заполненную электрофорезным грунтом ВК40207, полностью погружается. Часть сухого остатка грунта под действием электрического напряжения осаждается как на наружные (25...35 мкм), так и на внутренние поверхности кузова (17...25 мкм). Затвердевает при 180 °С - 30 мин. Небольшие раковины, потеки и т.д. удаляют шлифованием водостойкими шкурками. Кузов промывают, продувают сжатым воздухом и тщательно протирают. Затем отправляют в камеру вторичной грунтовки. Грунтовка марки ЭП-0228 (на алкидно-меламино-формальдегидной основе с добавками эпоксидной смолы). На внутренние поверхности и в труднодоступные места наносится ручным пневмораспылением. Наружные поверхности грунтуют в электростатическом поле с помощью 18 центробежных распылителей, работающих в автоматическом режиме по специальной программе. Толщина пленки грунта 50...60 мкм. Режим сушки – 150 °С, 30 мин. Затем кузов шлифуется при обильном орошении водой (20°...25°С).

Окраска. Перед нанесением эмали протирают марлевыми салфетками, пропитанными лаком №401 с целью удаления мельчайших следов пыли и соринок. Затем кузов подают конвейером в окрасочную камеру. Внутренние поверхности красят ручным пневмораспылением, наружные - автоматическим краскораспылением. Меламиноалкидная эмаль МЛ-197 наносится в три слоя «мокрый по мокрому». Сушка при температуре 100°С - 30 мин. Толщина слоя краски 80...110 мкм.

Дополнительная антикоррозионная обработка (днище, ниши арок колес, закрытые полости, сварные швы и фланцевые соединения). Защиту днища и ниш арок производят противоржавной мастикой БПМ-1 после грунтования (на автомобилях 03, 06, 07, 08 - мастикой Д-11А). Мастики наносят безвоздушным распылением (1,0...1,5 мм), сушат одновременно с краской (100°С, 30 мин).

Сварные швы, стыки и фланцевые соединения защищают мастикой Д-4А (наносят шприцем-пистолетом: на наружные швы - по грунту ВКЧ-0207, на внутренние швы - по грунту ЭП-0228). Мастика Д-4А и наложенные на пол салона резинобитумные прокладки полимеризуются до эластичного состояния в камере при температуре 130°С, 30 мин.

Фланцевые соединения дверей, капоты, крышки багажника покрывают клеем УП-5-207. Скрытые полости сначала обрабатывают грунтом ВКЧ-0207, а затем антикоррозионным материалом НГМ-МЛ (30 мкм).

7.2.8.2 Ремонтная окраска. ТУ 37.001.1131-83 «Приемка, ремонт и выпуск из ремонта кузовов и кузовных деталей легковых автомобилей на предприятиях автотехобслуживания»:

- Устанавливают автомобиль на пост подготовки. Промывают кузов водой.

- Снимают шпателем отслоившуюся краску. Производят мокрое шлифование окрашиваемых поверхностей: в труднодоступных местах - вручную, в остальных - шлифовальной машинкой типа «фесто», ОМП-3 и др. Если на панелях кузова есть коррозия, трещины, предшествующая окраска кузова нитроэмалью - зачищают до металла; при неоднократной перекраске - до эпоксидного грунта первой окраски.

- На поверхностях замененных деталей, покрытых грунтом, следует шлифовать только дефектные участки (норма расхода шкурки - 0,1 м² на 1 м² поверхности).

- Промывают водой, обдувают сжатым воздухом, сушат в естественных условиях. Изолируют поверхности, которые не подлежат окраске (плотной бумагой, клейкой лентой и т. п.).

- Устанавливают автомобиль (кузов) в окрасочную камеру, закрывают колеса защитными кожухами. Обезжиривают окрашиваемые поверхности, применяя ветошь, уайт-спирит (норма расхода 50г/м²), перчатки, респиратор.

- Загрунтовывают участки, зачищенные до металла, грунтом ГФ-073 или ВЛ-02 (вязкость 22...24 с по вискозиметру ВЗ-4 при 20°С. Растворитель - ксилол). Используют пистолет типа КРУ-1, СО-71 или «Де Вилбисс», респиратор, комбинезон, перчатки, шлем. Выдержка -5...7 мин. Промывают пистолет растворителем 646, 647.

- Наносят один слой эпоксиэфирного грунта ЭП-0228 на все окрашиваемые поверхности (вязкость 22с). Растворитель - ксилол и бутилацетат 1: 1, катализатор МТТ-75 - 3...4 % или сиккатив НФ-1 - 6...8 % от массы грунта.

- Снимают защитные кожухи. Сушка при 90 °С - 1 ч. Для отдельных панелей можно использовать установку инфракрасного излучения типа ИФ-06. Промывают пистолет растворителем 646 или 647 (0,5 кг). Охлаждают кузов в естественных условиях. Снимают защиту с изолированных поверхностей.

- Устанавливают автомобиль на пост подготовки. Производят мокрое шлифование загрунтованной поверхности. Промывают кузов водой, обдувают сжатым воздухом, сушат при 20°С.

- Шпатлюют выявленные после грунтования дефектные участки поверхности кузова (лучше полиэфирной шпатлевкой или ЭП-00-10, МС-006, ПФ-002, НЦ-008 и другими. Нормы - 250 г/м²). Полиэфирную шпатлевку готовят непосредственно перед употреблением (то есть смешивают с отвердителем) - в таких количествах, которые можно успеть нанести шпателем на поверхность за 2...3 минуты. Через 5...10 минут шпатлевка успевает полимеризоваться настолько, что ее можно механически обрабатывать. Сначала обрабатывают крупной шкуркой до появления металлических площадок. Если остались ямы (нетронутые участки), вновь наносят шпатлевку. Последний слой обрабатывают мелкозернистой водостойкой шкуркой. Воду подают губкой или тряпкой. В ряде стран обработку ведут без воды, чтобы вода не попала в поры шпатлевки. Высокого качества шпатлевка не должна «плыть», то есть перемещаться под действием своего веса, а также должна сравнительно легко шлифоваться шкуркой. За эти качества специалисты ценят шпатлевки фирм «Садолин» (Финляндия), «Хемпропил» (Югославия), «Тинейсик» (Россия) и другие.

- На сварные швы и стыки в местах соединения замененных деталей, а также в случае отслоения старой мастики по сточным желобам крыши, моторного отсека, багажника наносят мастику типа Д-4А.

- Изолируют поверхности, не подлежащие окраске. Устанавливают автомобиль в окрасочную камеру. Закрывают колеса. Обезжиривают окрашиваемые поверхности уайт-спиритом.

- Грунтуют участки, зачищенные до металла. Выдерживают 5...7 мин. Промывают пистолет.

- Наносят два слоя эмали с промежуточной выдержкой 7...10 мин на внутренние поверхности кузова: дверные проемы, моторный отсек, внутреннюю поверхность крыши, багажника и т.д. (вязкость эмали МЛ-197 или МЛ-1195 – 20с. по ВЗ-4 при 20°С. Растворитель Р-197 или сольвент. Рекомендуется добавлять катализатор: ДГУ-70 – 10% от массы эмали и другие.)

- Наносят три слоя эмали на наружную поверхность кузова с промежуточной выдержкой 7...10 мин. Промывают пистолет. Снимают защитные кожухи с колес.

- Устанавливают автомобиль (кузов) в сушильную камеру, 90°С - 1 час. Охлаждают. Снимают изоляцию.

- Готовят смесь, состоящую из эмали НЦ-11 и грунта ГФ-089 в соотношении 40: 60. Вязкость 24...25с при 20°С. Растворитель № 647.

- Красят кистью в черный цвет: щитки и стойки радиатора, кронштейны передних сидений, лючки вентиляционных решеток и т.п... Пороги красят грунтом КЧ-0224. Сушка - 20°С.

- Предъявляют кузов ОТК.

7.2.8.3 Выбор краски для ремонта

Сравнивая технологии покраски кузова на автозаводе и в автосервисе, становится очевидным, что даже на хорошо оснащенных СТОА самые важные стадии подготовки кузова не воспроизвести, что заметно отражается на качестве. Одна только катафорезная обработка с полным погружением кузова в ванну дает очень прочный слой грунта - влага, со временем проникающая под эмаль через трещины и сколы, не может добраться до металла. Многие лакокрасочные материалы сушат при высокой температуре (100°... 180°С). На автозаводе это возможно, так как на голом кузове нет легкоплавких пластмасс и чувствительной электроники (для систем впрыска -max 80°С). Если иномарку покрасить эмалью МЛ-12 и высушить при требуемой температуре 130°С, то салон автомобиля станет скрипучим, а в системе впрыска топлива начнутся сбои. Поэтому для ремонтной окраски применяют в настоящее время, в основном двухкомпонентные эмали, лаки. Благодаря отвердителе акриловые смолы высыхают до высокой твердости при температуре от 20° до 60°С. "Голый" кузов можно красить более дешевыми однокомпонентными красками, как это делают автозаводы, в том числе зарубежные. Рассмотрим некоторые лакокрасочные материалы:

1. *Нитроэмали (НЦ-11).* Главная особенность - быстрое высыхание при 20°C, что делает ее привлекательной для ремонтных работ (слой -10...15 мин).

Недостатки:

- прочность сцепления с металлом невелика. Грунтовать обязательно;
- при напылении ложится тонким слоем. Чтобы получить толщину 0,1 мм, надо наносить 3...6 слоев, а то и больше. Тонкое покрытие быстро становится неопрятным: из-за не герметичности под ним появляются очаги коррозии;
- окрашенная поверхность получается не блестящей, полуматовой. Обязательно нужно шлифовать и полировать после суточной выдержки. Вместо полировки иногда опрыскивают растворителем №648, поверхность начинает блестеть (нужен опыт);
- механическая прочность невысока (хрупкость). Срок службы 2...3 года;
- ремонтное пятно заметно даже при полном совпадении колера (подкраску следует доводить до стыков, швов).

2. *Меламино-алкидные эмали.* Прочны, эластичны (уступают полиэфирным и полиакриловым эмалям), обладают высокой адгезией, дают отличный блеск естественным образом, без шлифовки и полировки. Но эти качества достигаются только при условии высокотемпературной сушки (МЛ-12 – 130 °С, МЛ-197 - 100°...110 °С; МЛ-15 - свыше 80 °С). Отечественный автопром применяет эмали серии МЛ более 40 лет.

3. *Акриловые эмали (патент 1958г):*

- быстро сохнут (при 20°C - через 30...40 мин, пыль не пристает, монтажная прочность - 4...5 ч; полное затверждение - в течение ночи. При температуре 60°C - 25...30 мин);
- хорошо удерживают блеск;
- стойкость к любым атмосферным воздействиям; масло и бензостойкость, благодаря чему надолго сохраняется внешний вид покрытия.

Недостатки:

- размягчение при повышении температуры;
- слабая кроющая способность;
- потребление большого количества разбавителя;
- большое количество слоев краски (4...5).

Режим окраски воздушным распылением: диаметр сопла - 1,6...1,8 мм; давление воздуха - 0,3...0,35 МПа, расстояние до поверхности - 15...20 см, слои наносят через 5...10 мин. Блеск можно улучшить полировкой.

4. *Металлизированные краски.* При ремонте используют акриловые краски. Добавляют блестки (алюминий, бронза). Al блестки: толщина - 1 мкм, диаметр - 60, 80, 100 мкм. «Металлики» первых поколений были однослойными - пленка эмали содержала Al частицы по всей толщине в 50 мкм. В последние годы «металлик» наносят в два слоя: 20 микрон основы с частицами алюминия и еще 50 - прозрачный лак. Двухслойное покрытие прочнее и долговечнее, поскольку лучше отражает ультрафиолетовые лучи, эмаль медленнее стареет. Иногда красят с подложкой (связующий слой, затем два влажных слоя) из обычной эмали, затем «металлик» и лак.

Последнее достижение - эмали с эффектом перламутра. Их главный компонент - мельчайшие прозрачные пластинки слюды. Покрывая их по специальной технологии окислами металлов, получают частицы, меняющие цвет в зависимости от угла зрения. У перламутровой эмали минимум два слоя, а иногда три: белая или цветная подложка, слюда и лак.

Для покраски автобусов применяют:

- пентафталевые эмали (ПФ-115 сушат при 70 °С), эмали серии МЛ и алкидно-акриловые (АС-182 - слой сохнет 15 мин при 20 °С).

Для платформ грузовых автомобилей:

- Алкидно-карбамидные эмали МЧ-145, др. (один слой по грунтовке, или два слоя – без грунтовок).

Полиуретановые эмали (красят грузовики, автоцистерны):

- очень высокая твердость, в том числе абразивная;
- очень высокая стойкость к воздействию растворителей (бензин, тормозная жидкость, кислоты);
- высокая кроющая способность;
- наносятся без особых затруднений и быстро высыхают;

Недостатки:

- нельзя наносить при низких температурах (ниже 20 °С) и при повышенной влажности.

7.2.8.4 Способы нанесения лакокрасочных покрытий Окраска воздушным распылением.

Различают следующие типы пневматических краскораспылителей:

- с подачей краски под давлением от прикрепленного под корпусом распылителя бачка (станка);
- с подсасыванием краски от прикрепленного под корпусом бачка (станка);
- с подачей краски самотеком (бачок 0,3...0,75 л прикреплен к верхней части корпуса);
- с подачей краски под давлением от отдельной системы (применяется для нанесения антикоррозионных, изоляционных покрытий).

Распылители с подачей красок самотеком применяются для выполнения мелких окрасочных работ (ремонт кузовов), требующих частой смены цвета краски. Внутренний диаметр сопел для краски (DeVILBISS) - 0,5 ... 4 мм. Сопла этой фирмы обозначаются буквами, например:

- FZ- Ø 1,2 мм, для окрашивания кузовов;
- FF- Ø 1,4 мм, для нанесения масляных и металлизированных эмалей и др.

Воздушное сопло обуславливает форму и вид струи краски, тщательность распыления, количество сжатого воздуха, расходуемого краскораспылителем. Самые хорошие воздушные сопла - многоструйные. Давление сжатого воздуха при подаче краски самотеком или подсасыванием - 0,2...0,4 МПа.

После окончания работы или смене краски одного цвета на другой требуется тщательная очистка краскораспылителя. Для этого: удалить краску из бачка, вымыть его, налить немного растворителя, нажать на спусковой курок до полного распыления растворителя. Ни в коем случае не следует опускать весь краскораспылитель в растворитель, так как произойдет смывание смазки, разрушение прокладок и сальников.

Недостатки: большие потери краски, пожароопасность (красочный туман), необходимо иметь камеры с мощными отсасывающими устройствами и гидрофилтрами.

Окраска при низком давлении с подогревом (50°... 72 °С). При окраске с подогревом вязкость краски дополнительно снижается в результате действия тепла; количество растворителей в нанесенном слое краски незначительно, благодаря чему покрытие обладает более высоким блеском и большей плотностью. Охлаждение струи распыленной краски происходит столь быстро, что ее температура, измеряемая вблизи окрашиваемой поверхности составляет приблизительно 22 °С, тогда как на выходе из головки распылителя она составляет ~ 70 °С (при нормальном расстоянии головки распылителя от поверхности примерно 200 мм). Давление воздуха при окраске с подогревом является очень низким, не превышает 0,15 МПа, что значительно ограничивает количество отраженного и рассеянного красочного тумана. Благодаря этому значительно улучшаются условия труда, а экономия краски достигает в среднем 25 %. Появляется возможность применения более высоковязких красок, возможность нанесения более толстых лакокрасочных покрытий без подтеков. Разогревается краска электрическими водоподогревателями.

Безвоздушная окраска.

Краска подается к краскораспылителю под очень большим давлением (15...20 МПа). В результате продавливания ее через очень маленькое отверстие сопла (Ø 0,007...0,052 мм) происходит разрыв потока краски на мельчайшие частицы.

Безвоздушное распыление характеризуется рядом преимуществ:

- позволяет применять очень высоковязкие краски без их разбавления;
- позволяет наносить в один прием покрытия большой толщины;
- почти полностью исключает образование красочного тумана (экономия лакокрасочного материала и улучшение условий труда);
- позволяет окрашивать поверхности с большими углублениями.

Недостатки:

- количество краски, выходящей из сопла, и ширину факела можно изменять только путем смены одного сопла на другое;
- из-за высокой производительности краскораспылителя окраска мелкогабаритных или же сложных по своей форме изделий очень затруднена или невозможна (образование подтеков);
- из-за очень малого диаметра отверстий сопел краска должна быть очень тщательно профильтрована;

- краскоподающие шланги должны выдерживать очень высокие давления, поэтому они довольно жестки (затрудняется манипулирование краскораспылителем).

Следует помнить, что под давлением 20 МПа краска обладает огромной пробивной способностью и ни в коем случае нельзя направлять краскораспылитель на себя или посторонних лиц.

Окраска распылением в электрическом поле сводит к минимуму потери краски и одновременно значительно повышает качество покрытий (особенно в отношении равномерности их толщины). В этом способе окраски использован известный принцип взаимного притяжения разноименно заряженных частиц. Согласно этому принципу положительно заряженные частицы краски будут стремиться к осаждению на отрицательно заряженном (заземленном) изделии. В автоматических распылителях частицы краски получают электрический заряд в результате ионизации воздуха между распылителем и изделием (125 кВ), а в ручных краска получает заряд внутри продленной передней части распылителя (фирма DeVilbiss). Для этого, вместе с воздушным шлангом в краскораспылитель вводится кабель высокого напряжения (30 кВ). Для того, чтобы электрический ток не доходил до головки распылителя, его передняя часть и игла изготовлены из токонепроводящего материала. За исключением этого электро-распылитель по своему принципу действия не отличается от обыкновенного пневматического краскораспылителя. Токопреобразователь подключается к сети 220В. Он автоматически дает ток высокого напряжения только тогда, когда включен краскораспылитель. При помощи установки для окраски в электрическом поле можно наносить почти все лакокрасочные материалы, за исключением металлизированных красок (металла более 3 %), а также водорастворимых красок, содержащих растворитель, обладающий очень большой электропроводностью (измеряется прибором).

Нанесение порошковых красок в электрическом поле. При помощи сжатого воздуха распылитель выбрасывает поток электрически заряженной порошковой краски, которая притягиваясь заземленным изделием, оседает на его поверхности (например, красят диски колес). Полученное таким образом порошкообразное покрытие отверждается путем оплавления и образует чрезвычайно плотное защитное и декоративное покрытие на поверхности изделия.

Положительные стороны:

- в ходе одной операции можно получить покрытие толщиной от 45 до 150 мкм, причем эти покрытия более стойкие к механическим повреждениям, чем покрытия, образуемые красками, содержащими растворители;
- благодаря системе рекуперации порошковых красок полностью исключены ее потери;
- позволяет получать на острых кромках покрытия толщиной почти идентичной толщине покрытий на плоскости;
- полностью исключает загрязнение окружающей среды;
- полностью исключает затраты рабочего времени на очистку окрасочных камер и лишними становятся нейтрализация и уничтожение осадков краски;
- позволяет значительно ограничить расход сжатого воздуха и исключает необходимость монтажа дорогостоящих вытяжных установок;
- позволяет значительно уменьшить расход электроэнергии и тепла;
- в связи с отсутствием легковоспламеняющихся растворителей значительно уменьшается возможность возникновения пожара.

Окраска с применением аэрозольных баллонов. Применяется при восстановлении местного лакокрасочного покрытия. В случае, когда дефектное покрытие пришлось шлифовать до основного металла кузова, необходимо перед окончательной окраской пневматическим распылением нанести слой грунтовки. Для грунтования небольших по площади, но глубоких дефектов покрытий рекомендуется использовать грунтовку УРФ-0110 в аэрозольной упаковке. Эта грунтовка высыхает при температуре 20°C за 15 мин. Кроме грунтовок, промышленностью выпускаются и лакокрасочные материалы - эмали НЦ-11, НЦ-«Ява» в аэрозольной упаковке. Лакокрасочный материал в баллоне находится под давлением, создаваемым в нем сжатым (азот, углекислый газ и другие) или сжиженным газом (смеси фторорганических углеводородов Ф-11, Ф-12, Ф-114; низкокипящие хлорированные углеводороды - метилхлорид, винилхлорид и другие). Внутрь баллона вместимостью от 150 мл до 1 л для облегчения перемешивания лакокрасочного материала перед употреблением помещают стеклянные, металлические или керамические шарики. При температуре наружного воздуха ниже 20°C (не ниже 15°C) рекомендуется перед употреблением баллон подогреть в теплой воде до 20°... 25°C и перемешать лакокрасочный материал. Нагревать баллон выше 50°C недопустимо. Одним баллоном вместимостью 0,5л можно окрасить поверхность в 2 м² при толщине слоя покрытия 12...14 мкм.

7.2.8.5 Сушка лакокрасочных покрытий

Для быстросохнущих лакокрасочных материалов - нитроцеллюлозных, нитроглифталевых, перхлорвиниловых, поливинилбутиральных и других может применяться естественная сушка продолжительностью 2...48 ч при комнатной температуре 18°... 23°C (не ниже 12°C, относительная влажность воздуха не выше 65%). Для этих красок конец удаления летучей части является концом высыхания. Наличие достаточного воздухообмена исключает запыленность и возникновение взрывоопасной концентрации паров органических растворителей. Сушку считают законченной, если при прикосновении к окрашенной поверхности в течение 5...6с на ней не остается следов.

Горячую (искусственную) сушку (60°... 175°C) применяют для ускорения процесса образования лакокрасочного покрытия, в основном для лакокрасочных материалов, у которых формирование пленки обеспечивается химическим процессом полимеризации или поликонденсации. Искусственная сушка в зависимости от способа передачи тепла бывает конвекционная и терморadiационная. Первая заключается в нагревании окрашенных поверхностей горячим воздухом или продуктами сгорания в специальных камерах. Такая сушка приводит к образованию поверхностной пленки, препятствующей высыханию нижних слоев и испарению из слоя краски растворителя. Пары испаряющегося в процессе сушки растворителя приводят к разрушению покрытия и образованию пор.

Терморadiационная сушка представляет собой сушку инфракрасными лучами, сущность которой состоит в поглощении такого излучения металлической поверхностью кузова. При этом металл нагревается вследствие перехода лучистой энергии в тепловую, возникает перепад температур между металлом и наружной поверхностью краски, где температура ниже. Разность температур по толщине покрытия способствует быстрому испарению растворителя, и процесс полимеризации в этом случае начинается с внутренних слоев покрытия. Терморadiационная сушка протекает в 1,5 ... 2 раза быстрее конвекционной. Время сушки покрытий зависит от толщины металлического листа, цвета покрытия и расстояния от источника излучения (100...400 мм). Наиболее быстро сохнут покрытия черного, коричневого, голубого и зеленого цветов, медленнее сохнут серые и бежевые. Белые покрытия при сушке инфракрасными лучами желтеют.

7.2.9 Ремонт кузовов из алюминиевых сплавов

7.2.9.1 Ряд компаний производит кузова автомобилей или некоторые их элементы (капот, двери, крышку багажного отсека и т.д.) из алюминиевых сплавов. Обычно такие сплавы применяются, когда одновременно предъявляются требования легкости и жесткости изделия.

Алюминиевые сплавы характеризуются следующим:

- удельный вес не превышает 1/3 аналогичного показателя стали;
- не подвержены коррозии, в следствие покрытия металла оксидом алюминия. Но оксидная пленка не восстанавливается, если алюминий контактирует с другим металлом и при этом возникает гальваническая пара. А также при воздействии кислот и щелочей;
- высокой тепло- и электропроводностью. Например, тепло поглощается алюминием втрое быстрее железа.

7.2.9.2 Рихтовка и поверхностная обработка

Кузов из алюминиевого сплава мягче стального. Вмятину на стальном листе выправляют, перемещаясь от ее краев к середине. Если по этой технологии править алюминиевый кузов, то результатом был бы резкий переход от краев вмятины, к ее середине. При этом внутренние напряжения и растяжения материала увеличатся, вместо того, чтобы уменьшиться.

Рихтовку вмятин на поверхности алюминиевого кузова следует начинать не с краев, а с середины. Сначала наносят легкие удары контропорой по центру вмятины, затем зоны перехода к краям вмятины. Затем снаружи рихтовочным молотком. Если контропора окажется напротив молотка, то лист станет тоньше. Для проведения следующих операций рекомендуется воспользоваться деревянной контропорой, стараясь не ударять по листу, а выдавливать его. Если необходимо выправить дефект, занимающий большую площадь, то алюминиевый лист нужно разогреть. При этом нужно помнить, что алюминий расширяется почти в 2 раза сильнее, чем сталь. Для контроля температуры металла следует пользоваться термочувствительной краской.

При рихтовочных работах следует соблюдать следующие правила:

- если после рихтовки на детали появилась трещина, то такая деталь подлежит замене;
- применяется специальный комплект инструментов, которые не используются на стальных деталях. Так как частицы стали на инструменте могут вызвать коррозию деталей. Аналогичное правило действует и на абразивные материалы;
- во избежание разогрева материала, шлифовальная машинка должна работать с невысокой скоростью.

7.2.9.3 Сварка, при восстановлении алюминиевых кузовов

Высокая теплопроводность определяет специфику сварки и правки алюминиевых кузовов. Так аппараты для контактно-точечной сварки не могут использоваться для соединения деталей, поскольку в этом случае потребуется ток в три раза большей силы. Если значительно увеличить продолжительность сварки, создать сварную точку все равно не удастся, поскольку тепло на границе контактируемых поверхностей будет слишком быстро рассеиваться в окружающую среду, а подлежащий свариванию металл не будет плавиться. Для соединения алюминиевых сплавов практическое применение находит лишь сварка в среде защитного газа (аргона). В случае правки необходимо учитывать, что температура плавления алюминиевых сплавов около 640°C, вместо 1500°C. Нагревание не сопровождается цветами побежалости. Вследствие чего следует проявлять особую осторожность при нагреве. Иначе материал расплавится без какого-либо предварительного размягчения.

Основные требования к сварочному аппарату:

- выходной ток около 200А при максимальной мощности;
- диаметр проволочного электрода 0.9-1.2 мм;
- возможные способы сварки: шовная, точечная и сварка прихватами;
- 100%-ый аргон в качестве защитного газа.

При сварке применяют проволочный электрод на основе алюминиевого сплава, с внутренней направляющей из фторопласта.

7.2.9.4 Склеивание и клепка кузовных алюминиевых деталей

Техника склеивания и клепки алюминиевых листовых материалов давно используется в самолетостроении. В промышленном производстве (концерн VAG) применяет стальные заклепки с защитным покрытием, тогда как для восстановления рекомендует применять алюминиевые заклепки.

Поврежденную деталь отсоединяют от кузова по линиям отсоединения, установленными изготовителем. Для этого применяют короткоходную пилу с алюминиевым полотном, отрезной шлифовальный круг и заклепочные клещи. Если заклепки провалились в скрытые полости кузова, то их обязательно извлекают. Так как они могут спровоцировать коррозию кузова или стать причиной шума при движении.

Вместо удаленной детали устанавливают новую. Стыкуемые кромки должны быть снабжены фасками. Чтобы в нанесенных позже слоях шпатлевки и лакового покрытия не возникали напряжения, поверх стыка укладывают полоску листового алюминия, необходимой конфигурации шириной около 50мм. Полоска должна быть соединена со старой и новой деталями кузова заклепками симметрично по отношению к стыку. Стыкуют соответствующие кромки, сверлят отверстия меньшего диаметра для заклепок и фиксируют детали трубочинами. Рассверливают отверстия под диаметр заклепок и выштамповывают гнезда под головки заклепок.

Подготовку к склеиванию производят следующим образом:

- специальным шлифовальным бруском создают требуемую шероховатость;
- удаляют абразивную пыль;
- наносят грунтовку;
- наносят двухкомпонентный клей в виде валика шириной 3мм;
- грунтуют новую алюминиевую деталь;
- далее трубочинами прикрепляют новую деталь к кузову: обеспечивают точное совпадение кромок, вставляют заклепки в заранее подготовленные отверстия;
- рихтуют полученное соединение;
- сушат клей при температуре 80°C;
- клепанное соединение покрывают двухкомпонентной шпатлевкой.

7.2.10 Автомобильные эмали на водной основе

Экологические проблемы заставили законодателей Евросоюза требовать от кузовных мастеров соблюдения новых, более жестких нормативов выбросов в атмосферу органических соединений. Этим требованиям можно соответствовать, применив водоразбавляемое базовое покрытие, а также лаки и грунты.

Практически всем производителям удалось предложить рынку новый класс базовых покрытий, главная особенность которых - полная технологическая преемственность. Она заключается в том, что новые материалы не должны кардинально ломать привычных технологий ремонта и требовать принципиально иного оборудования. То есть используются те же краскораспылители, модернизация окрасочно-сушильных камер и постов подготовки минимальная. Технологические параметры разведения, нанесения и сушки при использовании водных материалов не меняются значительно. Все это при том, что пришлось полностью изменить физико-химические основы процесса и внедрить в повсеместную

практику в качестве базового покрытия коллоидные системы вместо ранее используемых в сольвентных системах грубых дисперсий пигментов в биндере.

Вопрос морозостойкости материалов решен следующим способом. Цветовые компоненты не содержат в своем составе воды, а поэтому не боятся мороза и при оттаивании не меняют своих показателей. Расслоению после размораживания подвержены только два продукта, входящие в систему: биндер и растворитель. Эти материалы поставляются в больших канистрах, предохранить которые от холода проще, чем множество мелких баночек цветовых компонентов.

Автосервисы, применяющие новые материалы на водной основе, отмечают качество получаемого покрытия, простоту использования и хранения, отсутствие неприятного запаха, высокую скорость сушки. Даже самые сложные в использовании светлые «металлики» и «перламутры» легко наносятся без «облаков» и «яблочности».

Контрольные вопросы:

1. Основные дефекты рам?
2. Восстановление продольных балок рам?
3. Какие способы сварки можно применять при ремонте рам?
4. Сборка рамы: какое применяется оборудование?
5. Почему предпочтительнее холодный способ клепки заклепок (в сравнении с клепкой нагретых заклепок)?
6. С какими дефектами не принимают рамы в капитальный ремонт?
7. Коррозия кузовов?
8. Почему ускоряется коррозия кузовов в зимнее время?
9. Способы предупреждения коррозии кузовов в период эксплуатации?
10. Особенности технологического процесса ремонта кузовов?
11. Экономическая эффективность ремонта кузовов, кабин?
12. Разборка кузовов?
13. Способы удаления лакокрасочных покрытий?
14. Устранение неровностей в панелях кузова?
15. Какими работами сопровождается сборка кузова?
16. Как производится рихтовка панелей?
17. Окраска днища кузова?
18. Подготовка кузова к окрашиванию?
19. Грунтование кузова?
20. Шпатлевание кузова?
21. Способы нанесения лакокрасочных покрытий?
22. Схема технологического процесса окраски кузова?
23. Сушка лакокрасочных покрытий?
24. Положительные и отрицательные стороны нитрокрасок, применяемых при ремонте кузова?
25. Нанесение красок методом воздушного распыления (сущность и анализ)?
26. Покраска кузова в электростатическом поле?
27. Нанесение красок в подогретом состоянии?
28. Конвекционный способ сушки кузовов?
29. Терморadiационный способ сушки кузовов?
30. Какие лакокрасочные материалы применяют при ремонте кузовов?

8 Технология сборочных процессов, экономическая эффективность

8.1 Комплектование изделий

Комплектование - часть производственного процесса, предназначенного для обеспечения ритмичного и непрерывного выпуска изделий стабильного уровня качества.

8.1.1 Задачи комплектовки:

- 1) накопление, учет и хранение отремонтированных деталей, сборочных единиц и комплектующих изделий;
- 2) оперативная информация соответствующих служб предприятия о запасе деталей узлов и пр.;
- 3) подбор сопряженных деталей сборочного комплекта по номенклатуре, количеству и параметрам (по ремонтным размерам, размерным и весовым группам);
- 4) простейшие пригоночные работы для ряда сопряжений и узлов;
- 5) доставка сборочных комплексов к постам сборки до начала выполнения сборочных работ (по принципу «сегодня - на завтра»).

8.1.2 Вопросы организации:

- 1) в складе комплектовочного участка авторемонтного предприятия (АРП) должно быть не менее трехдневного страхового запаса деталей (обеспечивается на АРП с годовой программой более 3000 агрегатов);
- 2) комплектование узлов, агрегатов, у которых все сопряжения собираются методом *полной взаимозаменяемости* (основной вид комплектования), осуществляется подбором сборочного комплекта по номенклатуре и количеству;
- 3) при наличии сопряжений, собираемых по методу *групповой взаимозаменяемости* (селективная подборка), детали комплектуются по параметрическим размерным группам;
- 4) контроль и сортировку легко транспортабельных деталей на размерные группы целесообразно организовать в комплектовочном отделении на специализированных постах; крупногабаритных деталей и узлов - на постах контроля при их ремонте с использованием высокопроизводительных средств измерений;
- 5) подача деталей на посты сборки может осуществляться с помощью комплектовочных тележек. Нормали подают в небольших ящиках с ручками. Второй комплект тележек находится в комплектовочном отделении;
- 6) должна быть обеспечена четкость организации измерения, сортировки хранения и транспортирования деталей.

8.1.3 Селективная подборка деталей

Число размерных групп сопряжения обусловлено тем, что допуск посадки в каждой размерной группе должен быть равен допуску посадки сопряжения по чертежу. Например, без подбора деталей посадки поршня (ЗМЗ) в гильзе может изменяться от зазора 0,072 мм до натяга 0,048 мм.

Технические условия: min зазор 0,012 мм, max - 0,024 мм, то есть допуск заменяемого звена - 0,012 мм. Допуски поршня и гильзы должны быть 0,006 мм. Для выполнения технических условий необходимо сортировать детали на 10 размерных групп (60 мкм/6 мкм), из экономических соображений принято 5 групп (допуск 12 мкм).

Для сборки селективным методом (групповой взаимозаменяемости) *рекомендуются* следующие сопряжения:

- *Двигатель*: цилиндр-поршень, поршень-палец, палец-шатун, длина первой (последней) коленной шейки - упорная шайба, плунжер ТНВД.

- *Втулка* (гильза); игла распылителя форсунки - корпус распылителя, некоторые соединения насоса гидроусилителя рулевого управления; кроме того, шатуны - по весу и межосевому расстоянию.

- *Коробка передач*: отверстие ведущего вала - ролик - шейка ведомого вала; шлицевые соединения синхронизаторов и передвигных шестерен; соединения, обеспечивающие требуемый осевой зазор шестерен ведомого вала, а также блокирующих колец синхронизаторов.

- *Передняя ось*: внутренняя шейка поворотной цапфы - обойма конического роликового подшипника; зазор между торцами бобышки передней оси и поворотной цапфой.

- *Редуктор*: боковые крышки - отверстия в картере редуктора; зазор между торцом распорной

штуки и внутренним кольцом переднего подшипника ведущего вала; шип крестовины дифференциала, шестерни ведомая и ведущая конические.

- *Карданный вал*: шлицевое соединение скользящей вилки и вала; осевой зазор крестовины в сборе с подшипниками.

При организации селективной подборки деталей необходимо соблюдать условия:

1) количество подбираемых сопряжений в агрегате должно быть минимальным (меньше объем работ, меньше запас деталей);

2) минимальная величина выборки для деталей, сортируемых на размерные группы - 80...100 деталей.

8.1.4 Пригоночные работы

Проверка и подборка шестерен, зачистка заусенцев и забоин на зубьях шестерен, притирка клапанов; развертывание, протяжка или расточка втулок (полуфабрикатов), прогонка резьбы, балансировка деталей (статическая и динамическая) и др. работы.

Пригоночные работы подробно изложены в книгах по ремонту отдельных марок автомобилей и выносятся в учебном плане на самостоятельное изучение студентами (на примере одного автомобиля).

8.2 Основы технологии сборочных процессов

8.2.1 Качество сборки зависит не только от точности сборки, но и от методов организации сборочного процесса, чистоты собираемых деталей, оснащения рабочих мест, контроля в процессе сборки и испытания собранных узлов, агрегатов автомобиля.

8.2.2 Вопросы организации:

1) Последовательность сборки любого узла или агрегата при ремонте не должна отличаться от последовательности сборки при изготовлении на автозаводе (одинаковые маршрутные карты).

2) В настоящее время на авторемонтных предприятиях принят групповой метод сборки. При этом узловая сборка (подсборка) выполняется стационарно, на одном рабочем месте (примеры узловой сборки – сборка поршня с шатуном и кольцами, коленчатого вала с маховиком и сцеплением, водяного и масляного насосов и др.). Рабочие места располагаются параллельно линии общей сборки агрегата. Предприятие с мощностью 4000 приведенных капитальных ремонтов может переходить на более совершенную организацию сборки с расчленением процесса.

3) При разработке конструкций, приспособлений инструментов необходимо за основу брать технологическую оснастку завода - изготовителя.

4) Необходимо внедрять межоперационный контроль (ОТК) правильности выполнения регулировочных операций и приемку ОТК собранных агрегатов в процессе их стендовых испытаний. При этом контролеры должны пользоваться специальными контрольными приспособлениями.

5) При нормировании сборочных операций целесообразно брать за основу нормы завода - изготовителя. На долю сборочных работ приходится 18...22% общей трудоемкости капитального ремонта. Под сборочные работы занято 25...30% площадей. Разряд рабочих по сборке агрегатов на АРП должен быть не ниже, чем на заводах - изготовителях.

8.2.3 Типовые сборочные работы

8.2.3.1 *Сборка резьбовых соединений* (30...40% трудовых затрат на сборку). Технические условия:

1) допускается срыв не более двух ниток резьбы;

2) грани гаек, болтов не должны быть смяты;

3) должен быть определенный зазор между болтом и отверстием:

- у ответственных сопряжений - 0,1...0,2мм;

- у обычных - 0,5мм на каждые 10 мм диаметра;

4) не разрешается забивать болт в отверстие стальным молотком (деревянной киянкой);

5) шпильки вворачивать в резьбовые отверстия плотно, без люфта. Подгибание шпилек при надевании на них деталей не допускается;

6) ввертывать болты, шпильки в чугунные детали на глубину не менее 1,1 мм диаметра резьбы, в стальные - не менее 0,8мм диаметра. Нарезанный конец болта или шпильки должен выступать из гайки на 1...3 нитки резьбы;

7) работоспособность резьбовых соединений определяется моментом затяжки, прикладываемым к гайке или головки болта. Минимальное значение момента находят из условия плотности соединения, а максимальное - по условию прочности материала болта или шпильки. Например, для сталей 35, 45, 40Г класс прочности 6,6 - $\sigma_B = (600 \dots 800)$ МПа, для сталей 35Х, 38ХА, 45Г класс прочности 8,8 - $\sigma_B = (600 \dots 800)$ МПа;

8) Эмпирические уравнения для расчетов приводятся в учебной литературе. Нормативные значения моментов затяжки тех или иных резьбовых соединений указываются в технических условиях на сборку узла, агрегата. Контроль момента затяжки осуществляется динамометрическими ключами. Для некоторых ответственных соединений (крышек шатунов, головок цилиндров, и т.п.) применяют контроль затяжки по удлинению болта или шпильки, измеряемого индикатором или микрометром, а также по углу поворота гайки, измеряемого с помощью градуированного лимба;

9) В групповых резьбовых соединениях (головка цилиндров, маховик и др.) затяжка гаек (болтов) производится в определенной последовательности в несколько приемов - сначала неполным моментом, а затем окончательным, указанным в нормативно-технической документации. Неравномерность затяжки головки цилиндров искажает цилиндры (например, 0,08...0,10 мм двигателей ЯМЗ);

10) Замена одной стопорящей детали другой не допускается (например, шплинта контргайкой);

11) Шплинты не должны выступать из прорезей гаек. Концы шплинтов должны быть разведены и отогнуты: один - на болт, другой - на гайку;

12) Прокладки бумажные, картонные, паронитовые при ремонте должны быть заменены.

8.2.3.2 Сборка неподвижных прессовых соединений (с гарантированным натягом).

Надежность подобных соединений определяет ряд факторов - значение натяга, размеры и шероховатость сопрягаемых поверхностей, физико-механические свойства материалов, деталей и пр. Сборка этих соединений осуществляется приложением осевой силы:

$$P_{np} = f \pi d L p, \quad (8.1)$$

где f - коэффициент трения при запрессовке (для стали и чугуна $f = 0,06 \dots 0,20$);

d - номинальный диаметр соединения, мм;

L - длина соединения, мм;

p - удельные контактные давления на сопрягаемых поверхностях, МПа (справочно).

Применение смазочного материала уменьшает требуемое усилие запрессовки и предохраняет сопрягаемые поверхности от задиров.

Повышение прочности неподвижных соединений с натягом в 1,5...2,5 раза обеспечивается применением сборки с термовоздействием - нагревом и (или) охлаждением охватываемой детали. При этом образуется необходимый сборочный зазор и не требуется приложение осевой силы.

Температура нагрева (охлаждения) детали ($^{\circ}\text{C}$):

$$T = (S_{\max} 0,01 \sqrt{d} \pm T_0 \pm T_1) k d \quad (8.2)$$

где $S_{\max}$ - максимальный расчётный натяг;

d - диаметр соединения;

k - коэффициент линейного расширения металла детали;

T_0 - температура окружающей среды;

T_1 - температура, компенсирующая потери тепла при переносе и установке детали на сборочную позицию (20-40 $^{\circ}\text{C}$, при нагреве - «+», охлаждении - «-»).

Нагрев деталей осуществляется в масляных ваннах, электропечах, индукционных установках, иногда в горячей воде (поршни ДВС нагревают до 50...70 $^{\circ}\text{C}$). Для охлаждения деталей (например, сёдел и направляющих втулок клапанов) применяют сухой лёд (твёрдую углекислоту) в смеси с легко испаряющимися жидкостями (ацетон, спирт, бензин) или жидкий азот (смесь жидкого азота и кислорода).

Пример сборки сопряжения с нагревом. Так как поршневой палец двигателя вставляется в верхнюю головку шатуна с натягом, необходимо нагреть шатун для расширения его головки.

Если шатуны поместить в холодную электропечь, то её нагревают до 240 $^{\circ}\text{C}$ и шатуны сразу извлекают, а если печь разогреть до 240 $^{\circ}\text{C}$, то шатуны помещают на 15 минут.

Извлечённый из печи шатун быстро зажмите в тисках. Закреплённый заранее на валике приспособления поршневой палец протолкните в отверстие поршня и в верхнюю головку шатуна до упора

заплечика приспособления в поршень. После охлаждения шатуна смажьте палец моторным маслом через отверстия в бобышках поршня. Посадку пальца рекомендуется проверить на специальном контрольном приспособлении.

8.2.3.3 Установка подшипников. Из научной литературы известно, что интенсивный износ всех деталей коробки передач наступает с увеличением перекоса оси, ведущей вал - ведомый вал в связи с увеличением радиальных зазоров в подшипниках. Характерным признаком интенсивного износа является повышение температуры во всех узлах трения, а также масла в картере коробки передач. Учитывая большое влияние качества установки подшипников и их технического состояния на долговечность работы агрегата (узла) рассмотрим эту тему подробнее.

Основные *неисправности* подшипников: увеличение зазоров; отсутствие лёгкости и равномерности вращения; повышенные шум и температура; выбрасывание смазки и т. д.

Основные причины этих неисправностей:

- неправильная регулировка;
- отсутствие или избыток смазки в узле;
- перекосы подшипников из-за несоосности посадочных поверхностей вала и корпуса или неправильного монтажа;
- чрезмерный износ или разрушение деталей;
- трение сопряженных с подшипниками уплотнений, шайб и др.
- загрязнение подшипника во время монтажа и т. п.

Снятие подшипников качения. Используются прессы, съёмники, выколотки с наконечниками из цветных металлов. Нанесение ударов стальным молотком по деталям не допускается. Усилие прикладывается к торцу напрессованного кольца. Для облегчения снятия подшипников, установленных на валах с натягом, производится полив подшипников минеральным маслом, нагретым до 120°C. Все снятые подшипники укладываются в специальную тару. Разукрепление разъемных подшипников не допускается (связать).

Мойка подшипников. Перед мойкой подшипники должны быть рассортированы:

- 1) открытого типа;
- 2) закрытого типа с легкосъёмными защитными уплотнениями;
- 3) закрытого типа с несъёмными защитными уплотнениями;
- 4) шариковые подшипники с массивными сепараторами.

Разъёмные подшипники моют в разобранном виде, обеспечивая их комплектность. Подшипники (поз. 3, 4) перед мойкой для удаления старой смазки должны быть выдержаны 10...20 мин. в минеральном масле/индустриальном или трансформаторном нагретом до 90...100 °C. Подшипники моют в керосине, дизельном топливе или СМС, РЭС. Хранение вымытых подшипников - не более двух суток. Для длительного хранения смазать литевой смазкой ЦИАТИМ -201, обеспечивающей коррозионную защиту и жидкостное трение в узлах.

Дефектация:

1. **Внешним осмотром:** главное внимание усталостному выкрашиванию. На рабочих поверхностях подшипников не допускаются цвета побежалости, темные пятна или раковины, забоины, вмятины, глубокие риски или царапины, выкрашивание или шелушение. Повреждение рабочих поверхностей дорожек и тел качения встречается у 11 % подшипников, а поломки деталей - у 9 %.

2. **Проверка вращения** должна производиться при вертикальном положении оси подшипника и неподвижном внутреннем кольце. Дефекты: тугое вращение, заедание, повышенный шум и стук. Если после неоднократной промывки в бензине, уайт-спирте вращение подшипника осталось неудовлетворительным, он выбраковывается.

3. **Точность размеров** подшипника определяется технологическими допусками по внутреннему и наружному диаметрам, а также по ширине колец. Вследствие того, что кольца подшипников имеют малую толщину и сравнительно легко деформируются после сборки с валами и корпусами, их годность определяется средними значениями диаметров:

$$D_m = (D_{\max} + D_{\min})/2; \quad d_m = (d_{\max} + d_{\min})/2, \quad (8.3)$$

где $D_{\max}, d_{\max}$ - наибольшее значение диаметров,
 $D_{\min}, d_{\min}$ - наименьшее значение диаметров, полученное при измерении.

Предельно допустимые зазоры без ремонта принимаются из расчёта двух, трехкратного увеличения наибольшего номинального радиального или осевого зазора (подсчитывается среднеарифмети-

ческое значение трёх измерений зазора под углом 120°). Зазоры измеряются индикатором на специальном приспособлении.

Большинство подшипников (75 %) выбраковываются из-за увеличения зазоров выше предельных значений, из-за износа посадочных поверхностей -21 %.

Устранение дефектов. Кольцевые риски, задиры, наволакивание металла зачищаются наждачной бумагой, смоченной в керосине. Коррозия выводится механическим или химическим путём. Обязательна промывка в керосине или дизельном топливе.

Монтаж подшипников. Не допускается попадание в подшипник пыли и влаги. Должна быть обеспечена чистота на рабочем месте. После долгого хранения подшипники открытого типа должны быть расконсервированы (в бензине А-70 с 6...8% трансформаторного масла), смазаны (и посадочные места) маслом, применяемом для данной сборочной единицы. Подшипники закрытого типа протирают: Установка производится с помощью приспособлений, обеспечивающих посадку без нанесения ударов. Допускается, как исключение, напрессовка подшипников при помощи молотка и монтажного стакана.

При напрессовке усилие должно воспринимать напрессовываемое (запрессовываемое) кольцо. Если оба кольца монтируются с натягом, то применяются специальные оправки, исключаяющие возможность передачи усилия через тела качения и сепаратора.

При установке роликовых и игольчатых подшипников допускается применение смазки, например «Литол-24» для удержания роликов (или применяются вспомогательные втулки). Подшипники в процессе регулировки следует проворачивать для правильной самоустановки. Устанавливается подшипник клейменной стороной наружу. Нагрев подшипников в масляной ванне до 100°C при установке на вал заметно уменьшает осевое усилие для запрессовки. Целесообразен также нагрев корпусной детали.

Существует три классических варианта монтажа подшипников качения:

1. *Первый:* неподвижная ось, вращается наружная обойма.

Примером является ступица заднего колеса, опорой которой служит неподвижная труба полуоси. В этом случае наружная обойма ставится в ступицу с натягом, а внутренняя на трубу полуоси по переходной посадке (с небольшим натягом либо зазором).

2. *Второй:* вращается вал, наружная обойма подшипника неподвижна в картере (валы КП, раздаточной коробки, жидкостного насоса и др.). В этом случае посадки обойм противоположны первому варианту (на вал с натягом).

3. *Третий:* обе обоймы устанавливаются с натягом (в тяжело нагруженных узлах: ведущая коническая шестерня главной передачи, коробка дифференциала, вал рулевого колеса с червяком и др.). В этом случае в конструкции узла предусматривается регулировка.

Правильно собранные и хорошо смазанные подшипники при работе не нагреваются, создают ясный, непрерывный и равномерный шум.

8.2.3.4 *Сборка шпоночных соединений.* В автомобиле для соединения деталей применяют сегментные, призматические, клиновые шпонки. В качестве примера рассмотрим требования к соединению деталей сегментными шпонками, которые преобладают в автомобилях.

Шпонка должна быть плотно посажена в шпоночный паз при помощи молотка или оправки из цветного металла. Натяг обеспечивается боковыми поверхностями шпонки. Люфт шпонок в пазах не допускается. Над шпонкой должен быть гарантированный зазор, чтобы при напрессовке не появилась трещина в сопряженной детали.

8.2.3.5 *Сборка зубчатых передач.* Высокая чувствительность к погрешностям расположения осей, смещению вершин конусов пары зубчатых колес обуславливают повышенные требования к качеству ремонта корпусных деталей, подбору зубчатых пар и выполнению сборочных и регулировочных операций.

Сборка *цилиндрических* зубчатых передач осуществляется методом полной и неполной взаимозаменяемости. Установка зубчатых колес на шейке вала с зазором не вызывает затруднений, а с натягом требуется запрессовка, которую выполняют на прессах или специальных приспособлениях с оправками. Перед сборкой цилиндрические шестерни проверяют в зацеплении с эталонными шестернями на специальном приспособлении, при необходимости производят подбор пар (если заменена в процессе ремонта одна шестерня). Проверяется боковой зазор между зубьями для обеспечения плавности работы пары (индикатором с помощью свинцовой пластинки или, в крайнем случае, щупом - неточный метод). При подборе шестерён может производиться проверка зацепления на краску.

Сборка *конических и гипоидных* передач (на примере сборки редуктора ведущего моста).

Спаривание конических шестерён производят на специальном приспособлении. Проверяют зацепление на краску. Заодно шестерни отбраковывают. Площадь контактов зубьев указывается в технических условиях на сборку (в редукторах грузовиков - не менее $2/3$ длины зуба по начальной окружности).

Ведущий вал - шестерня сначала собирается с парой конических подшипников, устанавливаемых в картер. При этом регулируют предварительный натяг подшипников подбором обычно комплекта регулировочных прокладок требуемой толщины. Качество сборки шестерни с подшипниками контролируют по моменту прокручивания вала в подшипниках и отсутствию, осевого зазора (например, после 5-го оборота $M = 1,0 \dots 3,5 \text{ Н м}$).

После монтажа ведущей шестерни устанавливают колеса в сборе с валом (с чашкой дифференциала) и регулируют предварительный натяг пары конических подшипников ведомой шестерни (например, $M = 3 \dots 4 \text{ Н м}$, коническую шестерню на промежуточный вал напрессовывают с нагревом $120 \dots 160^\circ\text{C}$).

Заключительной операцией сборки конической пары редуктора является регулировка зацепления путем осевого перемещения ведущей шестерни (вперед - назад) и (или) ведомого колеса (вправо - влево), перекаладывая часть регулировочных прокладок с одной стороны на другую. Качество зацепления оценивается размерами, формой и положением пятна контакта на зубьях, значением бокового зазора между зубьями ($0,15 \dots 0,40 \text{ мм}$ для большинства отечественных автомобилей; в эксплуатации для двухступенчатого редуктора допускается до $0,6 \text{ мм}$ при зазоре $0,7 \text{ мм}$ «гудит» редуктор. При зазоре менее $0,15 \text{ мм}$ редуктор перегревается и могут сломаться зубья шестерен) и уровнем шума на специальных стендах, оборудованных шумоизмерительной аппаратурой.

Последующая приработка и испытание редуктора позволяют дополнительно проконтролировать качество сборочных и регулировочных работ и обеспечить его надёжную и долговечную работу в эксплуатации.

8.2.4 Приработка и испытания двигателей.

8.2.4.1 Приработка и испытание проводятся на завершающей стадии технологического процесса ремонта агрегатов и выполняются на одном стенде.

Цель:

- 1) подготовить агрегат к восприятию эксплуатационных нагрузок;
- 2) дать объективную оценку качества ремонта и сборки агрегата (можно только под нагрузкой);
- 3) проверить соответствие характеристик агрегата требованиям нормативно-технической документации.

8.2.4.2 *Необходимость приработки двигателей* на стенде вызывается главным образом тем, что в процессе механической обработки деталей невозможно получить поверхности трения, оптимально подготовленные к восприятию эксплуатационных нагрузок. К погрешностям относятся дефекты поверхностного слоя (шероховатость, дефектный слой металла) и отклонения формы и расположения поверхностей (овальность, конусообразность, отклонения от соосности и параллельности и др.). Кроме того, макрогеометрические отклонения деталей происходят также при сборке. Вследствие образования микро и макронеровностей контакт деталей происходит не по всей расчетной поверхности (увеличиваются удельные нагрузки, происходит местное увеличение давлений и температур).

Период полной приработки делится на два этапа: первый - на стенде (приработка макронеровностей), второй - в эксплуатационных условиях (приработка макрогеометрических неровностей: пробег-1500 км, нагрузка на автомобиль и скорость - не более 60% от номинальной).

8.2.4.3 *Приработка двигателей на стенде.* Установлено, что за первые 15 минут приработки двигателя на стенде износ деталей превышает в 2...5 раз износ за первые 10000 км пробега автомобиля (у двигателей после ремонта износ примерно в 2 раза больше, чем у новых двигателей на автозаводе). Происходит резкое падение потерь на трение и стабилизация температуры масла. При исходной шероховатости поверхности цилиндров $0,4 \text{ мкм}$ продолжительность приработки невелика, оптимальная шероховатость достигается через 15 минут; если $0,8 \dots 1,6 \text{ мкм}$, - более одного часа. Экономически целесообразнее улучшить качество механической обработки цилиндров, чем увеличивать продолжительность приработки. Кроме того, при грубой обработке цилиндров (расточка без хонингования) быстро изнашиваются поршневые кольца, (их рекомендуется заменить после эксплуатационного периода приработки).

8.2.4.4 *Режимы приработки и испытания двигателей.* Пока отсутствуют единые научно - обоснованные рекомендации по разработке режимов приработки различных типов двигателей. На автозаводах по этой причине разные режимы приработки (в том числе и на ремонтных предприятиях).

Одни специалисты полагают, что окончание приработки двигателя можно определить по стабилизации прорыва газов, другие - по стабилизации угара масла, третьи - по стабилизации интенсивности изнашивания (количества железа в масле), на некоторых предприятиях ориентируются на приработку сопряжения цилиндр - кольцо.

Таблица 8.1 – Пример режимов приработки двигателей

Стадии приработки	Частота вращения коленвала, мин ⁻¹	Нагрузка, л. с. (кВт)	Продолжительность, мин
1. Холодная приработка	600...700	-	15
	800...1000	-	20
2. Горячая приработка на холостом ходу	1000...1200	-	20
	1500..2000	-	15
3. Горячая приработка под нагрузкой	1600..2200	15...20 (11..14,7)	25
	2500...2000	40...60 (29,4...44,1)	25
Итого			120

Таблица 8.2 – Режимы приемо-сдаточных испытаний

Операция	Частота вращения коленвала, мин ⁻¹	Нагрузка	Продолжительность, мин
Проверка работы дизеля под нагрузкой	0,6 n _{max} ...n _{max}	0,25N _{max} ...0,55N _{max}	3...4
Тоже бензинового двигателя	0,5 n _{max} ...n _{max}	0,35N _{max} ...0,8N _{max}	5
Проверка min частоты вращения холостого хода дизеля	n _{min}	-	3
Тоже бензинового двигателя	n _{min}	-	2
Проверка max частоты вращения холостого хода дизеля	n _{max}	-	2
Тоже бензинового двигателя	n _{max}	-	2
Проверка развиваемой дизелем мощности	n _{max}	0,9N _{max} ... 0,95N _{max}	3... 12
Тоже бензинового двигателя	0,8 n _{max}	0,7N _{max}	3
Измерение расхода топлива	0,6n _{max}	0,5N _{max}	3

Приемо-сдаточные испытания проходят все отремонтированные двигатели на испытательной станции после приработки. Целью приёмно-сдаточных испытаний является оценка качества сборки, а также качества приработки сопряжений двигателя. Если в процессе приработки и испытания обнаруживают неполадки, то двигатель отправляют на устранение дефектов, а затем повторно испытывают.

На первом этапе приемо-сдаточных испытаний необходимо проверить комплектность, двигателя и затяжку всех наружных резьбовых соединений, качество окраски, правильность установки зажигания (для карбюраторных двигателей), уровень масла в картере, отсутствие течи воды и масла и провести запуск двигателя. Двигатель должен устойчиво работать на минимальных оборотах холостого хода. Отремонтированные агрегаты проходят также *контрольные* испытания (они, как правило,

совмещены с приработкой). В ходе контрольных испытаний проверяется, нет ли резких стуков и шумов, выделяющихся из общего шума работы двигателя, выбрасывания или течи масла, воды или топлива, пропуска отработавших газов в местах соединений, подсоса воздуха через прокладки впускной трубы и карбюратора. При контрольных испытаниях допускается «потение» (образование масляных пятен без падения капель) в местах сальниковых уплотнений, выделение отдельных капель воды из дренажного отверстия водяного насоса.

Наряду с проведением приёмо-сдаточных испытаний для отремонтированных двигателей предусмотрено проведение *инспекционных* испытаний, в ходе которых двигатель частично или полностью разбирают с целью оценки состояния рабочих поверхностей деталей. Контрольному осмотру подвергают те двигатели, при обкатке и испытаниях которых возникли подозрения на возможные появления дефектов, а также среди двигателей с искровым зажиганием проверяется каждый 20-й, а среди дизелей - каждый 10-й.

Приёмочные испытания проводят в случае освоения ремонта новой модели автомобиля или использования в отремонтированном двигателе деталей, восстановленных новым методом. Эти испытания проводят на опытных образцах. В ходе испытаний определяют скоростные и нагрузочные характеристики, условную мощность механических потерь и равномерность работы цилиндров двигателя, проверяют двигатели на безотказность. Испытания на безотказность предусматривают микрометраж деталей и испытания двигателей на стенде в течение определенного периода времени - от 250ч для двигателей с искровым зажиганием легковых автомобилей до 1000 ч для дизелей. Двигатель считается не прошедшим испытания на безотказность при наличии отказов, для устранения которых требуется разборка двигателя со снятием головки цилиндров или масляного картера, при появлении стуков, опасных для дальнейшей работы, снижении мощности или экономичности, повышении расхода масла в двигателе, чрезмерной дымности, токсичности отработавших газов и т.п.

8.2.4.5 *Приработка двигателей на заводе Волжском автозаводе.* 99% собранных двигателей проходят 15 - минутный цикл горячей обкатки без нагрузки с выявлением ненормальных шумов, протечек масла и охлаждающей жидкости, проводится регулировка зажигания. Только 1% двигателей проходит контрольный цикл на специализированных стендах со снятием характеристик.

Технология обкатки двигателя в автоцентрах и на СТО аналогична заводской. Обкатка ведётся на стендах, например БС-129-000. К двигателю подключают систему охлаждения, топливную систему стенда, трубу отвода отработавших газов, систему зажигания и цепи контрольных приборов. Затем прокручивают двигатель стартером при отключенном зажигании для заполнения системы смазки маслом. Двигатель запускают и с помощью стробоскопа регулируют опережение зажигания при 750...800 мин⁻¹.

Обкатка ведётся по следующему циклу: 800 мин⁻¹ - 2 мин, 1000 -3, 1500-4, 2000 - 5. После этого двигатель переводят в режим холостого хода (750...800 мин⁻¹) и регулируют карбюратор на работу в этом режиме.

В период обкатки особое внимание следует обратить на наличие посторонних стуков. Необходимо обнаружить их причину и устранить (неправильная регулировка зазоров между рычагами и кулачками распределительного вала, натяжение цепи, увеличенные зазоры в шатунно-кривошипном механизме). Далее - выявляют течи, проверяют устойчивость работы двигателя на холостом ходу (подсос воздуха).

Таблица 8.3 – Характеристики обкаточно-тормозных стендов серии КИ

Модели стендов	Мощность балансирной асинхронной электрической машины с фазным ротором, кВт	Синхронная частота вращения фазного ротора, мин ⁻¹
4893, 5542	37	1000
1363В, 2136Б, 5543	55	1500
598БП, 5541	55	750
2118АП, 5540	90	1500
5274	160	1500

Особенностью асинхронной электрической машины АБК с фазовым ротором, в обмотки которого включен жидкостный реостат, является то, что она может работать как в режиме электродвигателя (частота вращения ниже синхронной), так и в режиме генератора, т.е. тормоза (частота вращения от ДВС выше синхронной).

Эффективную мощность двигателя на стенде определяют путём измерения крутящего момента, развиваемого двигателем при определенной частоте вращения коленчатого вала. Для замера тормозного момента при приработке двигателей под нагрузкой или крутящего момента при холодной приработке используют весовой механизм.

8.2.4.6 *Мероприятия*, обеспечивающие повышение качества приработки двигателей на испытательной станции:

- 1) применение централизованного маслопитания;
- 2) применение централизованного водоснабжения;
- 3) применение природного газа в качестве топлива;
- 4) применение автоматов для поддержания нужных режимов.

8.2.4.7 *Централизованное маслопитание*. При индивидуальном маслопитании (масло залито в картер) имеется ряд существенных недостатков:

- 1) продукты износа остаются в объёме масляной системы двигателя;
 - 2) при малых частотах вращения коленчатого вала (холодная приработка) давление масла и производительность масляного насоса понижены (недостаточны);
- вязкость масла в значительной степени зависит от температуры (при температуре 60...65 °С опт).

В начальный период приработки, когда масло не разогрелось, понижена подача масла к поверхностям трения. Для устранения перечисленных недостатков применяется *централизованное маслопитание*.

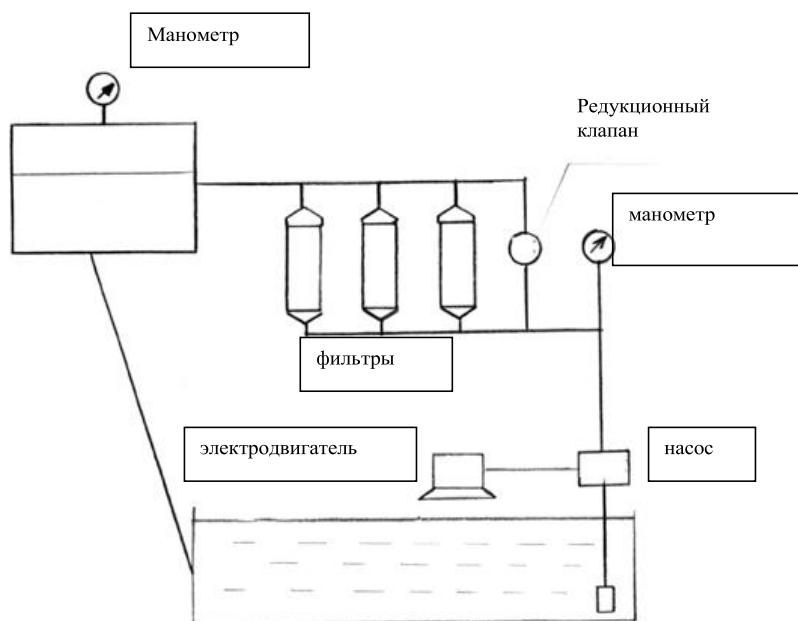


Рисунок 8.1 Схема централизованного маслопитания на испытательной станции

Автотракторные фильтры не пригодны, забиваются продуктами износа через 15 минут. Используют фильтры, применяемые в маслохранилищах или в аэродромных службах (например, танковые фильтры). Поверхность фильтра -1...2 м². При испытании дизелей применяют фильтры, не адсорбирующие присадки (центробежные и др.). Ёмкость бака - 0,6...2,0 м³. В баке устанавливают систему подогрева. Насос - стационарного типа, например РЗ-4 - производительность 3300 л/ч, РЗ-7 -5000 л/ч, РЗ-30 -18000 л/ч.

Диаметр трубопровода:

$$d = \sqrt{\frac{1280 \cdot Q}{V}}, \text{ мм}$$

где Q - количество протекаемого масла, л/ч;

V - скорость масла (для всасывающего трубопровода - 1...1,6 м/с; нагнетательного - 2...4 м/с; самотечного - 0,1 м/с, уклон - 2...3 %).

Расход масла: выгорание, отстой - 5...8% от суммы емкостей масляных систем двигателей. Смена масла в резервуаре - принудительно (150...200 двигателей). Если устанавливают центрифугу дополнительно к фильтру тонкой очистки - 250...300 двигателей.

В настоящее время отечественные и зарубежные фирмы выпускают для приработки двигателей масла со специальными присадками, уменьшающими износ деталей, повышающих ресурс двигателей и др. Присадки включают серу, хлор-фосфор-азотосодержащие вещества, молибден, жирные кислоты и др. вещества.

8.2.4.8 Централизованное водоснабжение. В системе два бака: один смесительный (вверху), от нулевой отметки 4...5 м.; второй - сливной (ниже нулевой отметки). Между ними устанавливают водяной насос. В верхнем баке монтируют систему автоматического регулирования температуры воды (электромагнитная заслонка, работающая от электроконтактного термометра. При её открытии в бак поступает холодная вода из водопровода. Избыток воды стекает в канализацию). Температура воды на входе в двигатель 60...70°C, на выходе - 85...90°C (точность поддержания температуры $\pm 3^\circ\text{C}$).

8.2.4.9 Отвод выпускных газов. На испытательных станциях устанавливают системы очистки отработавших газов, например:

1. Первая ступень - пенные фильтры типа ППП-И -15 задерживают окислы азота и сажу;
2. Вторая ступень - фильтры типа КТЦ -2-3.15 производят дальнейшее удаление сажи, а также сернистого газа и CO ;
3. Третья ступень - ионные фильтры типа ИВФ -10 удаляют сернистый ангидрид (SO_3).

8.2.5 Испытание коробок передач и ведущих мостов

Коробки передач испытывают для проверки качества восстановления отдельных деталей и в целом качества сборки. Сначала испытывают без нагрузки на всех передачах при частоте вращения первичного вала 900...1000 мин⁻¹, затем при 1400...1500 мин⁻¹.

При тех же частотах испытывают на каждой передаче по 2...3 мин под нагрузкой 100...150 Н·м на первичном валу. В ходе испытаний проверяют, нет ли подтеканий масла, самопроизвольного выключения передач, повышенного шума, нагрева, ударов, стуков. Продолжительность испытания на стенде не регламентируется и обычно составляет 20...25 мин.

Для испытания коробок передач применяют стенды различной конструкции, отличающиеся, в основном, тормозными устройствами:

- 1) электрическим тормозом (индукционный, асинхронный электродвигатель с реостатом и др.);
- 2) с гидротормозом;
- 3) с механическим тормозом (колодками);
- 4) стенды, работающие по замкнутому контуру (нагрузка закрученным торсионом).

Отремонтированные *задние мосты* испытывают без нагрузки с частотой вращения ведущей конической шестерни 900...1500 мин⁻¹ и под нагрузкой 100 кВт в течение 10...15 мин. с частотой вращения 900...1500 мин⁻¹. При испытаниях регулируют тормозные механизмы и проверяют работу главной передачи и дифференциала. При испытаниях недопускается нагрев редуктора и ступиц колёс, а также шумы высокого тона. В стендах (кроме стендов, создающих нагрузку притормаживанием колодок) тормозные устройства получают привод от блокировочного вала с муфтой, который вращается параллельно мосту и выключает дифференциал.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается особенность комплектовки деталей, поступающих на сборку?
2. Основные задачи комплектовочного участка?
3. Организация комплектовочных работ?
4. Селективная подборка деталей (метод групповой взаимозаменяемости)?
5. Статистическая балансировка деталей?
6. Динамическая балансировка деталей?
7. Назовите сопряжения деталей двигателя, подбираемые селективным методом?
8. От каких факторов зависит качество сборки?
9. Основные положения по организации сборочных работ?
10. Механизация сборочных работ?
11. Сборка резьбовых соединений?
12. Сборка узлов с гарантированным натягом?
13. Монтаж подшипников качения?
14. Сборка шпоночных соединений?
15. Сборка шлицевых соединений?
16. Сборка цилиндрических и конусных шестерен?
17. Регулировка подшипников в двухступенчатом редукторе?
18. Регулировка конических шестерен в двухступенчатом редукторе?
19. Сборка шатунно-поршневого механизма?
20. Назначение стендовой и эксплуатационной приработки двигателя?
21. Стадии стендовой приработки двигателя?
22. Централизованное маслопитание при приработке двигателя?
23. Недостатки индивидуального маслопитания (масло залито в картер) при приработке двигателя?
24. Оборудование для стендовой приработки двигателя?
25. Централизованное водоснабжение при приработке двигателя?
26. Стенды для приработки коробок передач и ведущих мостов?
27. Схема стенда для приработки коробок передач, работающего по замкнутому контуру?

ЛИТЕРАТУРА

Учебники:

1. Ремонт автомобилей : учебник для вузов / Л. В. Дехтеринский, К. Х. Акмаев, В. П. Апсин [и др.] ; под ред. Л.В. Дехтеринского. – М. : Транспорт, 1992. – 295 с.
2. Шадричев, В. А. Основы технологии автостроения и ремонт автомобилей : учебник. – Машиностроение, 1976. – 554 с.
3. Технология авторемонтного производства : учебник / под ред. К. Т. Кошкина. – М. : Транспорт, 1969.
4. Капитальный ремонт автомобилей : справочник / под ред. Р. Е. Есенберлина. – М. : Транспорт, 1989. – 335 с.
5. Дюмин, И. Е. Ремонт автомобилей : учебник. – М. : Транспорт, 1996. – 320 с.
6. Ремонт автомобилей : учебник / под ред. С. И. Румянцева. – М. : Транспорт, 1985. – 462 с.
7. Восстановление автомобильных деталей: технология и оборудование : учебник / под ред. В. Е. Канарчука. – М. : Транспорт, 1995. – 304 с.

Специальная:

8. Оборудование для ремонта автомобилей : справочник / под ред. М. М. Шахнеса. – М.: Транспорт, 1978. – 422 с.
9. Козлов, Ю. С. Очистка автомобилей при ремонте. – М.: Транспорт, 1985. – 217 с.
10. Литовченко, Н. Н. Организация контроля-сортировки деталей двигателя и коробки передач ЗИЛ-130. – М. : Транспорт, 1975. – 55 с.
11. Хрулев, А. Э. Ремонт двигателей зарубежных автомобилей. – М. : Издательство «За рулем», 1999. – 440 с.
12. Есенберлин, Р. Е. Восстановление автомобильных деталей сваркой, наплавкой и пайкой. – М.: Транспорт, 1994. – 256 с.
13. Мелков, М. П. Восстановление деталей твердым железом / М. П. Мелков, А. Н. Швецов, И. М. Мелкова. – М. : Транспорт, 1982. – 198 с.
14. Молчанов, В. Ф. Восстановление и упрочнение деталей автомобилей хромированием. – М. : Транспорт, 1981. – 176 с.
15. Синельников, А. Ф. Кузова легковых автомобилей: обслуживание и ремонт / А. Ф. Синельников, Ю. Л. Штоль, С. А. Скрипников. – М. : Транспорт, 1995. – 256 с.
16. Вильжер, И. Технология ремонта кузовов легковых автомобилей / И. Вильжер, Ж. Николя ; пер. с франц. В.Г. Полякова. – М. : Машиностроение, 1988. – 472 с.
17. Рыков, В. Н. Организация капитального ремонта машин. – М. : Машиностроение, 1988. – 110 с.
18. Масино, М. А. Организация восстановления автомобильных деталей. – М. : Транспорт, 1981. – 176 с.
19. Кузнецов, Ю. М. Охрана труда на предприятиях автомобильного транспорта : справочник. – М. : Транспорт, 1986. – 272 с.

Учебное издание

**Юрий Андреевич Шапошников,
Виталий Иванович Пантилеев**

РЕМОНТ АВТОМОБИЛЕЙ

Учебное пособие

Издано в авторской редакции

Издательство Алтайского государственного
технического университета им. И. И. Ползунова,
656038, Барнаул, пр. Ленина, 46.

[В начало](#)