

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Инженерно-технологический институт

Михальченков А.М., Тюрева А.А., Козарез И.В., Феськов С.А.

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА МАШИН

учебное пособие для практической и самостоятельной работы
для студентов очной и заочной форм обучения
по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия

Часть 1

БРЯНСК 2023

УДК 631.3 (076)

ББК 30.83

Т 38

Технология ремонта машин: учебное пособие для практической и самостоятельной работы для студентов очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия. Ч. 1 / А. М. Михальченков, А. А. Тюрева, И. В. Козарез, С. А. Феськов. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2023. – 102 с.

Учебное пособие предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия и содержит материал, необходимый для изучения дисциплины «Технология ремонта машин».

Рассмотрены методики выбора ресурсосберегающих технологий восстановления деталей с.-х. техники, оптимальных режимов нанесения покрытий и последующей механической обработки; разработки технологической документации на восстановление деталей, определения норм времени на проведение ремонтных работ.

Рецензенты: профессор кафедры ТОЖиПП, д.т.н. А.И. Купреенко
доцент кафедры ТСвАБПиДС, к.с.-х.н. Орехова Г.В.

Учебное пособие рассмотрено и рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического института, протокол №2 от 28 сентября 2023 года.

© Брянский ГАУ, 2023

© Коллектив авторов, 2023

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1 «МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕМОНТНЫХ РАЗМЕРОВ».....	6
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ»	20
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ»	46
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4 «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ».....	57
ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5 «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС РАЗБОРКИ (СБОРКИ) ОБЪЕКТА РЕМОНТА»	85

ВВЕДЕНИЕ

В процессе эксплуатации машины и оборудование агропромышленного комплекса под влиянием внешних нагрузок, внутренних технологических напряжений, коррозионного воздействия изменяется форма, геометрические размеры, механические и химические свойства поверхностных и внутренних слоев деталей. Совокупность таких изменений при достижении определенных границ может привести к возникновению повреждений и отказов, следствием которых является нарушение исправного и работоспособного состояния технического объекта.

Важным условием поддержания с.-х. техники и оборудования в работоспособном состоянии является современное и качественное проведение его ремонта. Эта проблема особенно актуальна в настоящее время, так как большинство агрегатов и машин морально и физически устарело и лишь около 15% его отвечает современному техническому уровню.

Для поддержания в работоспособности существует комплекс организационных и технических мероприятий по их обслуживанию и ремонту. Наиболее распространенным таким комплексом является система планово-предупредительного ремонта. При этом мероприятия по техническому обслуживанию и ремонту проводятся по заранее составленному плану для обеспечения безотказной работы оборудования. Благодаря развитию современных средств диагностики более современной принято считать систему ТО и ремонта по техническому состоянию.

Техническое обслуживание позволяет поддерживать оборудование в исправном и работоспособном состоянии. Ремонт включает в себя комплекс мероприятий, осуществляемых с целью восстановления работоспособности и ресурса деталей, узлов, агрегатов.

В настоящее время около 70 % себестоимости ремонта составляют затраты на приобретение запасных частей взамен изношенных. Но в тоже время износы 85 % деталей не превышают 0,3 мм, причем многие из них имеют достаточно высокие остаточные ресурсы и только порядка 10 % деталей, по-

ступающих в ремонт, подлежат окончательной выбраковке (подшипники качения, резинотехнические изделия). Поэтому одним из резервов снижения себестоимости ремонта является сокращение затрат на приобретение запасных частей, что достигается восстановлением и повторным использованием изношенных деталей, причем себестоимость восстановления составит 20...60 % от цены новой детали. Восстановление деталей – один из основных путей экономии материально–сырьевых и энергетических ресурсов, решение экологических проблем, так как затраты энергии, металлов и других материалов в 25...30 раз меньше, чем затраты при изготовлении новых деталей. В процессе восстановления можно существенно повысить качество ремонта, так как ряд технологических способов предусматривают не только возобновление геометрических параметров детали, но и придание ее рабочим поверхностям определенных свойств, например, повышающих износостойкость.

Учебная дисциплина «Технология ремонта машин» входит в обязательную часть цикла общеобразовательных дисциплин по учебному плану подготовки бакалавров по направлению 35.03.06 Агроинженерия.

Цель дисциплины – формирование у обучающихся системы компетенций, основанных на усвоении новых эффективных методов поддержания, восстановления работоспособности и ресурса сельскохозяйственной техники, машин и оборудования.

Задачи дисциплины заключаются в приобретение обучающимися современных знаний о: современных и рациональных методах восстановления и ремонта; обосновании выбора ресурсосберегающих технологий восстановления деталей с.-х. техники; оптимальных режимах нанесения покрытий и последующей механической обработки; разработке технологической документации на восстановление деталей и норм времени на проведение ремонтных работ.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

«МЕТОДИКА РАСЧЕТА РЕМОНТНЫХ РАЗМЕРОВ»

1 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Слесарно-механические способы восстановления работоспособности наиболее распространены при обработке изношенных и дефектных деталей.

По сути своей к этим видам обработки можно отнести большинство операций, направленных на восстановление деталей, имеющих дефекты и износы, устранение которых не требует сложного, точного и дорогостоящего ремонтно-технологического оборудования (износ пазов, канавок, отверстий под штифты; износ и повреждение резьбы; трещины; изломы; обрывы части детали при скручивании; прогиб, износ режущей части рабочих органов). К ним принято относить: обработку под ремонтный размер; постановку дополнительной ремонтной детали; перекомплектовку; обработку до выведения следов износа и придания правильной геометрической формы (под индивидуальный размер).

Сущность способа обработки под ремонтный размер заключается в том, что одну из сопрягаемых деталей, как правило, более дорогостоящую, механической обработкой доводят до заранее заданного ремонтного размера (шейка коленчатого вала), а другую, более простую и дешевую, заменяют новой соответствующего ремонтного размера (вкладыш). В этом случае соединению будет возвращена первоначальная посадка, но поверхности детали, образующие посадку, будут иметь размеры, отличные от первоначальных.

Следует заметить, что обработка поверхностей деталей под ремонтный размер эффективна в случае, если механическая обработка при изменении размера не приведет к ликвидации термически обработанного поверхностного слоя детали.

Ремонтные размеры и допуски на них устанавливает завод-изготовитель, и назначаются они в пределах, обеспечивающих достаточную прочность деталей. В связи с тем, что ремонтные размеры заранее известны, вторую деталь можно изготовить независимо от первой, и даже на другом предприятии.

Достоинства: простота и доступность способа; низкая трудоемкость; высокая экономическая эффективность; сохранение взаимозаменяемости деталей в пределах ремонтного размера.

Недостатки: увеличение номенклатуры запасных деталей; усложнение организации процессов хранения, комплектования и сборки; понижение ресурса соединений.

Ремонтный размер зависит от износа детали, припуска на обработку и условий, налагаемых рабочим процессом самой машины в отношении сохранения первоначального положения геометрической оси обрабатываемой детали, что обычно оговаривается требованиями завода-изготовителя.

Ремонтный интервал зависит от величины износа поверхности детали за межремонтную наработку и припуска на механическую обработку. Последний (предельный) ремонтный размер ограничен предельным допустимым размером детали, установленным техническими условиями на ремонт.

Метод ремонтных размеров основан на комплектовании соединений из деталей, отличающихся размерами соединяемых поверхностей от первоначальных, но обеспечивающих начальный зазор (натяг), равный зазору (натягу) нового соединения. Эти размеры, отличающиеся от первоначальных, называют *ремонтными*. Они могут быть свободными или стандартными.

В случае свободных размеров для достижения начального зазора или натяга в соединении поверхности более дорогой детали обычно обрабатывают до удаления искажения геометрической формы и изготавливают для комплектации соединения менее дорогую деталь под этот размер (отверстие под втулку в верхней головки шатуна). Таким образом, сборка соединений со свободными ремонтными размерами всегда связана с подгонкой «по месту» и ее применяют в случаях, когда важно максимально сохранить материал дорогостоящей детали, а изготовление заменяемой детали не связано с большими технологическими затруднениями и оказывается возможным в условиях индивидуального производства. Заменяемую деталь в этом случае можно заранее подготовить только в качестве полуфабриката.

В случае использования стандартного ремонтного размера для достижения начального зазора или натяга в соединении поверхность более дорогой детали обрабатывают не только до выведения следов износа, но и снимают еще некоторый слой материала с целью получения необходимой посадки с заранее изготовленной менее дорогой деталью, имеющей стандартный ремонтный размер (шейки коленчатого вала, внутренняя поверхность гильзы цилиндров).

Число стандартных ремонтных размеров зависит от многих факторов: износа деталей, при котором должна быть прекращена эксплуатация соединения; однородности материала детали по глубине от поверхности; точности оборудования и инструмента, применяемого при обработке детали под ремонтный размер и изготовлении заменяемых деталей; конструктивной прочности деталей; ограничений, накладываемых рабочими процессами самих машин.

Достоинства метода ремонтных размеров

- возможность организовать массовое промышленное производство заменяемых деталей;
- осуществлять ремонт машин по принципу частичной взаимозаменяемости, что существенно сокращает его продолжительность;
- ремонтные размеры валов и отверстий находятся в одном интервале размеров, поэтому допуски остаются прежними;
- требования к макрогеометрии, шероховатости, твердости и износостойкости поверхности не меняются.

К недостаткам метода ремонтных размеров относят:

- осложнения в организации ремонта, вызванные ограниченной взаимозаменяемостью;
- понижение ресурса соединений из-за возрастания удельных нагрузок;
- необходимость переналадки оборудования;
- затраты на маркировку.

Стандартные ремонтные размеры широко используют для соединений коленчатый вал – вкладыш, гильза – поршень, поршень – поршневой палец, гильза – поршневое кольцо и др.

Какую деталь надо заменить и какую восстановить, решают в основном, исходя из экономических соображений. Более дорогую деталь почти во всех случаях целесообразно оставить и обработать, а дешевую заменить. Следует заметить, что деталь с несколькими соединяемыми поверхностями может выступать в роли заменяемой или восстанавливаемой. Например, поршень по отношению к гильзе – заменяемая деталь, а по отношению к поршневым кольцам увеличенной толщины – восстанавливаемая. Канавки в поршне протачивают под кольца ремонтного размера по толщине. Отверстие в бобышках также может быть развернуто под палец большей размерной группы.

1.2 Методика расчета ремонтных размеров

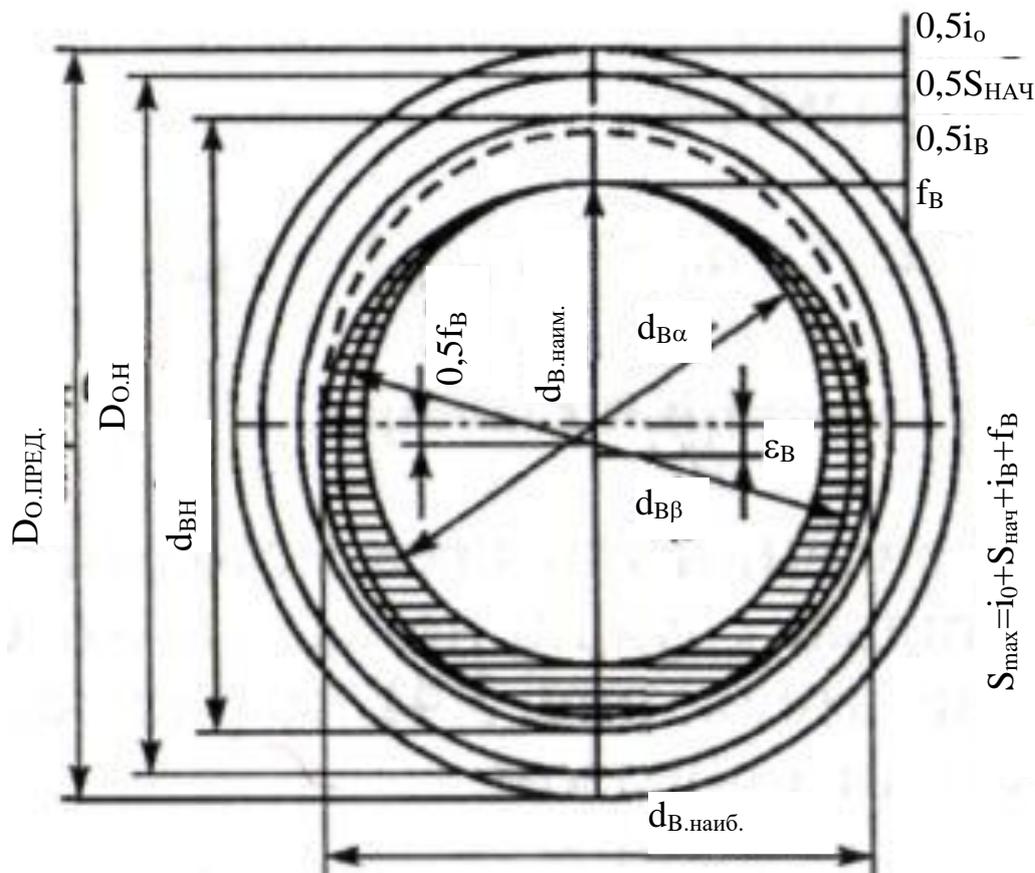
Ремонтный размер зависит от износа детали, припуска на обработку и условий, налагаемых рабочим процессом самой машины в отношении сохранения первоначального положения геометрической оси обрабатываемой детали, что обычно оговаривается требованиями завода-изготовителя.

Характерный для определенной поверхности детали износ и поле рассеивания его значений устанавливают микрометражом после разборки соединений в машинах, эксплуатировавшихся в рядовых условиях в разных агроклиматических зонах страны. Для заблаговременного решения вопроса о ремонтных размерах используют информацию по машинам-аналогам, руководствуясь принципом преемственности конструкций и повторяемости условий эксплуатации.

Припуск на обработку назначают с учетом характера обработки, типа и технологической точности оборудования, размера и материала детали.

Расчет ремонтных размеров вала. Рассмотрим соединение вал – подшипник. Восстанавливаемая деталь – вал, который изнашивается неравномерно (рисунок 1).

Пусть вал – это шейка коленчатого вала двигателя, которую при ремонте обрабатывают за счет снятия материала поверхности до ремонтного размера. Подшипник – это тонкостенный разъемный вкладыш, заменяемый при ремонте на вкладыш ремонтного размера.



i_0 – износ отверстия; $S_{нач}$ и S_{max} – начальный и максимальный зазоры в соединении; i_B и f_B – равномерный и односторонний износы вала;

$d_{в\alpha}$ и $d_{в\beta}$ – диаметры вала с сохранением и без сохранения первоначального положения геометрической оси; $d_{вн}$ и $D_{o.н}$ – чертежные диаметры вала и отверстия; $d_{в.наиб.}$ – наибольший диаметр вала, обусловленный его равномерным износом; $d_{в.наим.}$ – наименьший диаметр вала, обусловленный равномерным и односторонним износами; $D_{o.пред.}$ – предельный диаметр отверстия; ϵ – допустимое смещение первоначального положения геометрической оси вала

Рисунок 1 – Схема для расчета ремонтных размеров вала

Межремонтный интервал w определяют двумя способами, если:

А) рабочий процесс машины не допускает смещения первоначального положения геометрической оси вала:

$$w_{\alpha} = i_B + f_B + \Delta_B, \quad (1)$$

где i_B – равномерный износ вала, мм;

f_B – односторонний износ вала, мм;

Δ_B – припуск на обработку на диаметр вала, мм.

Б) рабочий процесс машины допускает (в определенном пределе ϵ_B) смещение первоначального положения геометрической оси вала:

$$w_{\beta} = i_{\beta} + \Delta_{\beta} \quad (2)$$

Если значение $(0,5f_{\beta} - \varepsilon_{\beta})$ положительно, то его добавляют при определении w_{β} (см. рисунок 1), поскольку половина одностороннего износа превышает допустимое смещение первоначального положения геометрической оси вала.

Ряд ремонтных размеров

$$d_{p1} = d_{\text{в.н.}} - w_{\alpha(\beta)}; \quad (3)$$

$$d_{p2} = d_{p1} - w_{\alpha(\beta)};$$

.....

$$d_{pn} = d_{p(n-1)} - w_{\alpha(\beta)},$$

где $d_{\text{в.н.}}$ – чертежный диаметр вала, мм.

Число ремонтных размеров

$$n_{\beta} = (d_{\text{в.н.}} - d_{\text{в.мин.}}) / w_{\alpha(\beta)}, \quad (4)$$

где $d_{\text{в.мин.}}$ – минимальный допустимый диаметр вала, мм.

Расчет ремонтных размеров отверстия. Рассмотрим соединение гильза цилиндров – поршень. То есть при восстановлении посадки оставляемой деталью служит не вал, а охватывающая деталь (гильза, рисунок 2).

Межремонтный интервал W:

А) рабочий процесс машины не допускает смещения первоначального положения геометрической оси отверстия, мм,:

$$W_{\alpha} = i_o + f_o + \Delta_o, \quad (5)$$

где i_o – равномерный износ отверстия, мм;

f_o – односторонний износ отверстия, мм;

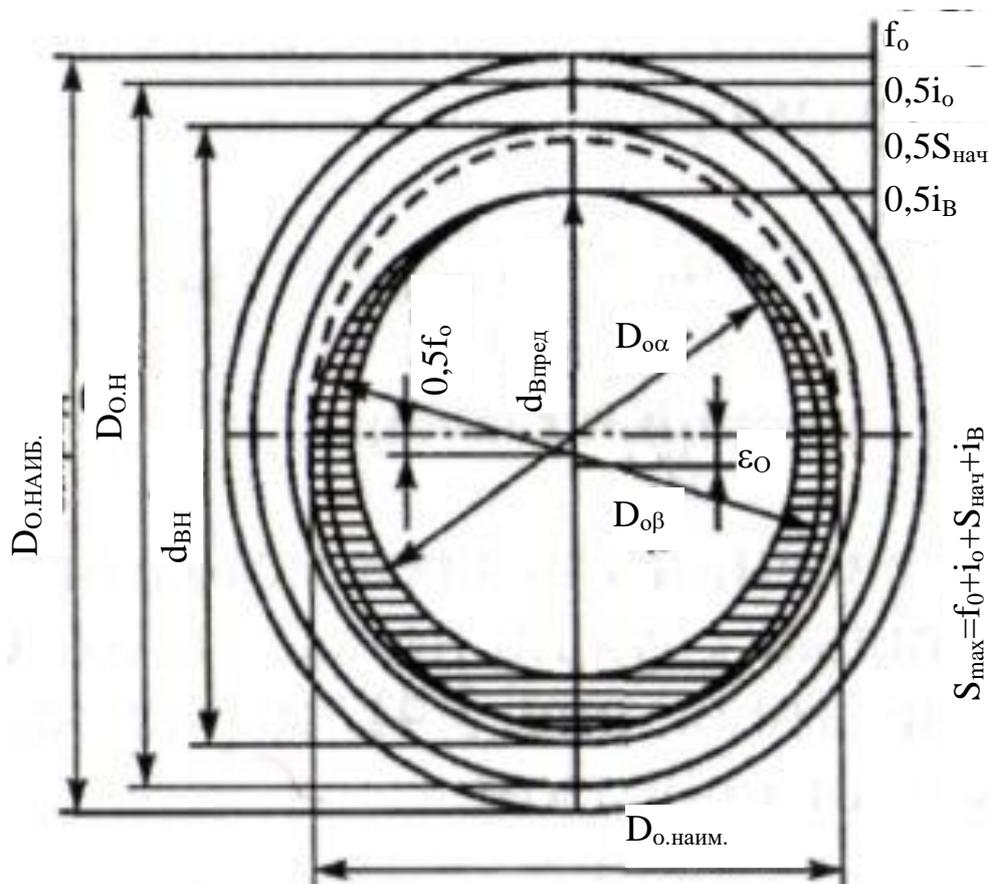
Δ_o – припуск на обработку на диаметр отверстия, мм.

Б) рабочий процесс машины допускает (в определенном пределе ε_o) смещение первоначального положения геометрической оси отверстия, мм,

$$W_{\beta} = i_o + \Delta_o. \quad (6)$$

Если разность $(0,5f_o - \varepsilon_o)$ положительно (см. рисунок 2), то его добавляют

при определении W_{β} .



f_0 – односторонний износ отверстия; i_0 – равномерный износ отверстия; i_B – равномерный износ вала; $S_{нач}$ и S_{max} – начальный и максимальный зазоры в соединении; $D_{х}$ и $D_{р}$ – диаметр отверстия с сохранением и без сохранения первоначального положения геометрической оси; $D_{O.н.}$ и $d_{вн.}$ – чертежные диаметры отверстия и вала; $D_{o.наим.}$ – наименьший диаметр отверстия, обусловленный его равномерным износом; $D_{онаиб}$ – наибольший диаметр отверстия, обусловленный равномерным и односторонним износами; $d_{вперед}$ – предельный диаметр вала; ϵ_0 – допустимое смещение первоначального положения геометрической оси вала

Рисунок 2 – Схема для расчета ремонтных размеров отверстия

Ряд ремонтных размеров

$$\begin{aligned}
 D_{p1} &= D_{O.н.} - W_{\alpha(\beta)}; \\
 D_{p2} &= D_{p1} - W_{\alpha(\beta)}; \\
 &\dots\dots\dots \\
 D_{pn} &= D_{p(n-1)} - W_{\alpha(\beta)},
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

где $D_{O.н.}$ – чертежный диаметр отверстия, мм;

Число ремонтных размеров

$$n_0 = (D_{O \max} - D_{O.H.}) / W_{\alpha(\beta)}, \quad (6)$$

где $D_{O \max}$ – максимальный допустимый диаметр отверстия (охватывающей детали), мм.

2 ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ОБРАБОТКОЙ ПОД РЕМОНТНЫЙ РАЗМЕР

2.1 Коленчатые валы автотракторных двигателей

Износ коренных и шатунных шеек — основной дефект коленчатых валов. Коренные и шатунные шейки коленчатого вала изнашиваются неравномерно и неодинаково. Шатунные шейки по длине изнашиваются на конус, а по диаметру на овал, т.е. приобретают эллипсность, причем наибольший износ по диаметру наблюдается в плоскости кривошипа по поверхности, обращенной к оси коренных подшипников. Коренные шейки, как правило, по длине изнашиваются равномерно, а по диаметру — на эллипс. Больше изнашиваются поверхности, обращенные к оси шатунных шеек в плоскости кривошипа. Параллельно с естественным довольно часто распространен аварийный износ шеек из-за задиров и заклиниваний валов в шатунных и коренных шейках.

Износ шеек устраняют шлифованием их под ремонтный размер. Все одноименные шейки (коренные и шатунные) шлифуют под один размер. Шлифуют шейки после устранения других дефектов коленчатого вала. Для шлифования служат станки 3А423 или 3В423. Если на предприятии один станок, то сначала шлифуют коренные шейки и другие поверхности, находящиеся на одной с ними оси, а затем — шатунные шейки.

При шлифовании коренных шеек базовыми поверхностями служат центровые отверстия. При шлифовании шатунных шеек вал закрепляют обработанными крайними коренными шейками в патронах центросмесителей станка, предварительно устанавливаемых с помощью штангенреймуса на нужный радиус кривошипа. Вал выставляют в горизонтальной плоскости с помощью специального приспособления. конструкция некоторых центросмесителей преду-

смачивает крепление валов за поверхность фланца под маховик и за шейку вала под шкив или шестерню.

При наличии двух шлифовальных станков лучше сначала шлифовать шатунные шейки на одном предварительно выставленном на радиус кривошипа станке, а затем на другом — коренные шейки. В данном случае возникающий при шлифовании шатунных шеек некоторый изгиб вала устраняется при шлифовании коренных шеек.

В процессе шлифования необходимо строго выдерживать заданный радиус галтелей. Для этого кромки шлифовального круга закругляют алмазным карандашом, закрепленным в специальном приспособлении. Галтели при изготовлении коленчатых валов не закаливают, а упрочняют холодной пластической деформацией. Глубина упрочненной зоны невелика, и при шлифовании этот слой срезается, что приводит к снижению прочности отремонтированных валов. Поэтому при ремонте валов целесообразно введение операций по упрочнению галтелей.

Шейки валов шлифуют электрокорундовыми кругами на керамической связке зернистостью 16—60 мкм, твердостью СМ2, С1, С2, СТ1 и СТ2. Шлифовальные круги рекомендуется править после шлифования одного—двух коленчатых валов. Шлифование целесообразно выполнять методом врезания, что увеличивает производительность и точность обработки. В этом случае в конце шлифования прекращают поперечную подачу круга и обрабатывают шейки и галтели в течение 10...20 с, что обеспечивает требуемую шероховатость поверхности. При шлифовании врезанием ширина круга должна соответствовать длине шлифуемой шейки.

Для предотвращения появления микротрещин и прижогов при шлифовании применяют обильное охлаждение эмульсией (10 г эмульсионного масла на 10 л воды) или 3...4%-м раствором кальцинированной соды. Овальность и конусность перешлифованных шеек не должны быть выше 0,015 мм.

При шлифовании оставляют припуск до 0,005 мм на последующее полирование. Перед полированием шеек раззенковывают и полируют острые края

масляных каналов. Полируют на специальных стендах абразивными или алмазными бесконечными лентами. При большой программе восстановления вместо полирования применяют суперфиниширование на специальных полуавтоматах, в результате чего значительно повышается износостойкость.

При восстановлении коленчатых валов перешлифовкой под ремонтный размер шеек практически невозможно обеспечить их 100%-й ресурс, и он уменьшается тем больше, чем больше номер ремонтного размера.

Это объясняется тем, что твердость закаленных ТВЧ шеек уменьшается от поверхности по сечению вала и при шлифовании удаляется наиболее твердый слой. Некоторые ремонтные предприятия для обеспечения высокой износостойкости и ресурса валов после перешлифовки шеек выполняют их закалку ТВЧ, лазерное упрочнение и т.д.

После восстановления коленчатые валы подвергают балансировке на машине БМ-У4. Технология и последовательность балансировки зависят от типа двигателя и конкретной конструкции коленчатого вала и шатунов.

2.2 Гильзы цилиндров

Износ внутренней рабочей поверхности устраняют обработкой под ремонтный размер (метод ремонтных размеров), который заключается в растачивании с последующим трехкратным хонингованием.

При расточке под ремонтный размер на вертикально-расточных станках моделей 278 и 279 Н, вертикальных алмазно-расточных станках моделей 278, 278Н, 2А78Н и многошпиндельных полуавтоматах восстанавливают геометрическую форму и чистоту поверхности. Овальность и конусность детали после растачивания составляют не более 0,04...0,05 мм, шероховатость поверхности $R_a = 2,5 \dots 1,25$ мкм. После растачивания оставляют припуск на хонингование.

Хонингование проводят в три этапа: черновое, чистовое и окончательное. При черновом хонинговании снимают припуск и исправляют погрешности геометрической формы отверстия на растачивание. Припуск на эту операцию берут 0,06...0,1 мм на диаметр. При чистовом хонинговании снижают шерохова-

тость поверхности и вновь исправляют геометрическую форму отверстия. Припуск на обработку оставляют 0,03...0,04 мм на диаметр. Овальность и конусность отверстия после чистового хонингования должны быть не более 0,03 мм, шероховатость поверхности соответствовать $R_a = 0,4$ мкм. При окончательном хонинговании снимают припуск 0,005...0,01 мкм, чем снижают шероховатость до $R_a = 0,2...0,16$ мкм. Все цилиндры (гильзы) должны быть обработаны под один размер в пределах установленного допуска нового цилиндра.

Чтобы получить качественную поверхность цилиндра, необходимо сделать ее как можно более гладкой и, в то же время, для заполнения впадин возможно большим количеством масла — максимально шероховатой. Этого достигают с помощью плосковершинного хонингования. Его проводят в два этапа. Вначале с помощью достаточно крупнозернистых брусков (100...120 мкм) создают основную шероховатость поверхности, при которой глубина впадин достигает 20...30 мкм. Затем мелкозернистыми брусками (16...40 мкм) заглаживают выступы, вследствие чего образуются опорные поверхности. Съем металла на финишной операции составляет 3—5 мкм, а профиль поверхности получает вид, близкий к профилю уже работавшей поверхности.

Впадины основной шероховатости должны иметь не только глубину, но определенные углы раскрытия. Угол впадины важен для маслоудержания, причем далеко не всегда более широкие впадины с большим объемом удерживают большее количество масла. При большом раскрытии угла масло «проваливается» во впадину, а при малом угле, за счет сил поверхностного натяжения, оно выступает над поверхностью цилиндра, обеспечивая смазку деталей.

Очень важный параметр поверхности цилиндра — угол хонингования, т.е. угол между рисками, образованными при движении головки вверх и вниз. При малом угле добиться необходимого профиля поверхности не удастся, что ведет к «сухому» трению и задиру колец и цилиндров. Большой угол обычно требует большего расхода масла. Оптимальный угол хонингования обычно составляет 60...75 °.

3 ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА И ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

Установить ремонтные размеры для шатунных шеек коленчатого вала двигателя.

Исходные данные:

- чертежный диаметр шейки $d_{в.н} = 60^{0,013}$ мм;
- минимальный допустимый диаметр шейки $d_{в.мин} = 59$ мм;
- припуск на обработку на диаметр $\Delta_B = 0,2$ мм;
- наибольшие значения диаметров шеек ($d_{в.наиб}$), полученные при их микрометрировании при достижении предельного зазора в соединении ($S_{max} = 0,15$ мм) с доверительной вероятностью 0,95, оказались не меньше 59,56 мм;
- наименьшие значения диаметров шеек ($d_{в.наим}$), полученные по тем же шейкам с той же вероятностью, оказались не меньше 59,90 мм;
- завод-изготовитель не допускает при ремонте изменения радиуса кривошипа ($\epsilon_B = 0$).

Равномерный износ шейки вала

$$i_B = d_{в.н} - d_{в.наиб} = 60 - 59,96 = 0,04 \text{ мм.}$$

Односторонний износ шейки вала

$$f_B = d_{в.наиб} - d_{в.наим} = 59,96 - 59,90 = 0,06 \text{ мм.}$$

Межремонтный интервал

$$w_\alpha = i_B + f_B + \Delta_B = 0,04 + 0,06 + 0,2 = 0,3 \text{ мм.}$$

Число ремонтных размеров

$$n_B = \frac{d_{в.н} - d_{в.мин}}{w_\alpha} = \frac{60 - 59}{0,3} = 3,33.$$

Ряд ремонтных размеров шатунной шейки:

$$d_{p1} = d_{в.н.} - w_\alpha = 60,0 - 0,3 = 59,7 \text{ мм;}$$

$$d_{p2} = d_{p1} - w_\alpha = 59,7 - 0,3 = 59,4 \text{ мм;}$$

$$d_{p3} = d_{p2} - w_\alpha = 59,4 - 0,3 = 59,1 \text{ мм;}$$

Установить ремонтные размеры для цилиндров двигателя

Исходные данные:

- чертежный диаметр цилиндра $D_{OH} = 100$ мм;
- максимальный допустимый диаметр цилиндра $D_{Omax} = 102$ мм;
- припуск на обработку цилиндра (на диаметр) $\Delta_0 = 0,3$ мм;
- наименьшие значения диаметров цилиндров $D_{онаим}$, полученные при их микрометрировании при достижении предельного зазора в соединении ($S_{max} = 0,2$ мм) с доверительной вероятностью 0,95, оказались не более 100,1 мм;
- наибольшие значения диаметров цилиндров $D_{онаиб}$, полученные по тем же цилиндрам с той же вероятностью, оказались не более 100,17 мм;
- завод-изготовитель допускает смещение первоначального положения геометрической оси цилиндра не более 0,2 мм ($\varepsilon_0 < 0,2$ мм).

Равномерный износ зеркала цилиндра

$$i_0 = D_{O_{наим}} - D_{OH} = 100,10 - 100,00 = 0,10 \text{ мм.}$$

Односторонний износ зеркала цилиндра

$$f_0 = D_{O_{наиб}} - D_{O_{наим}} = 100,17 - 100,10 = 0,07 \text{ мм.}$$

Проверим условие $(0,5 f_0 - \varepsilon_0) < 0$. Таким образом,

$$0,5 \cdot 0,07 - 0,2 = -0,165 < 0 \text{ мм.}$$

Межремонтный интервал

$$W_\beta = i_0 + \Delta_0 = 0,10 + 0,30 = 0,40 \text{ мм}$$

Число ремонтных размеров

$$n_o = \frac{D_{Omax} - D_{OH}}{w_\beta} = \frac{102 - 100}{0,40} = 5.$$

Ряд ремонтных размеров цилиндров двигателя:

$$D_{p1} = D_{O.H.} - W_\beta = 100,0 + 0,4 = 100,4 \text{ мм;}$$

$$D_{p2} = D_{p1} - W_\beta = 100,4 + 0,4 = 100,8 \text{ мм;}$$

$$D_{p3} = D_{p1} - W_\beta = 100,8 + 0,4 = 101,2 \text{ мм;}$$

$$D_{p3} = D_{p1} - W_\beta = 101,2 + 0,4 = 101,6 \text{ мм;}$$

Пятый ремонтный размер не назначают, поскольку он совпал с максимальным допустимым диаметром цилиндра $D_{Omax} = 102$ мм.

ВАРИАНТЫ

Установить ремонтные размеры для цилиндров двигателя

№ варианта	Марка двигателя	Чертежный диаметр цилиндра $D_{он}$, мм	Максимальный допустимый диаметр цилиндра $D_{омах}$	Припуск на обработку цилиндра	$D_{онаим}$	$D_{онаиб}$
1	ЯМЗ-240БМ; ЯМЗ-240Б; ЯМЗ-238НБ; ЯМЗ-238	$130^{+0,02}$	130,6	0,2...0,5	130,1	130,3
2	СМД-60; СМД-62, 64, 66 72	$130^{+0,04}_{+0,02}$	130,1		130,05	130,09
3	Д-108; Д-160	$145^{+0,08}_{+0,06}$	145,2		145,05	145,1
4	СМД-14Г; СМД-14АН; СМД-15Н; СМД-14БН; СМД-15БН	$120^{+0,06}_{+0,04}$	120,3		120,01	120,2
5	СМД-17Н; СМД-18Н	$120^{+0,06}_{+0,04}$	121		120,02	120,18
6	Д-144; Д-37; Д-21А1	$105^{+0,06}_{+0,04}$	107		110,3	110,45
7	Д-240; Д-50; Д-240Л, 241, 242, 242Л	$110^{+0,06}_{+0,04}$	110,4		110,04	110,08
8	Д-65М; Д-65Н	$110^{+0,06}_{+0,04}$	110,8		110,01	110,17

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1 В чем заключается сущность метода восстановления под индивидуальный и ремонтный размер?

2 Назовите слесарно-механические способы восстановления, применяемые при ремонте деталей с.-х. техники.

3 Укажите на сколько размерных групп следует разбить поршни и цилиндры двигателя ЗИЛ-130 при сборке, чтобы обеспечить зазоры в соединении

в пределах $s_{\max} = 0,06$ мм; $s_{\min} = 0,02$ мм; диаметр поршня $d = 100^{+0,02}_{-0,04}$; диаметр цилиндра $d = 100^{+0,06}$

4 Для деталей типа «вал» очередной ремонтный размер определяется из выражения

$$1) d_{pi} = d_n + 2 \cdot i \cdot (s_{\max} + x)$$

$$2) d_{pi} = dd_n - 2 \cdot i \cdot (s_{\max} + x)$$

$$3) n_p = (d_n - d_{pn})/\alpha$$

5 Способ восстановления, при котором одну деталь механически обрабатывают под заранее установленный размер, отличающийся от нормального, а сопрягаемую изготавливают под этот же размер с сохранением допуска новой детали называют _____

6 Какой способ ремонта сопряжений «шейка коленчатого вала-вкладыш» наиболее рационален для использования на ремонтных предприятиях:

1) перешлифование шеек коленчатого вала под ремонтный размер и постановка вкладышей ремонтного размера;

2) наплавка шеек коленчатого вала с последующей механической обработкой и постановкой вкладышей нормального размера;

3) наплавка шеек коленчатого вала с последующей механической обработкой и постановкой вкладышей ремонтного размера

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ»

1 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Восстановление детали – технологический процесс возобновления исправного состояния и ресурса детали путем возвращения утраченной из-за изнашивания части материала и (или) доведения до нормативных значений свойств, изменившихся в процессе эксплуатации.

Для компенсации износа и возобновления геометрических параметров детали проводят наращивание поверхностных слоев материала взамен изношенных. Для достижения этой целью в ремонтном производстве применяют способы механизированной дуговой наплавки. Наплавка предусматривает нанесение расплавленного металла на оплавленную металлическую поверхность с последующей его кристаллизацией для создания слоя с заданными

свойствами и параметрами. Наплавку применяют для восстановления изношенных деталей, причем не только для компенсации утраченных геометрических размеров, но и с целью получения поверхностных слоев, обладающих повышенными твердостью, износостойкостью, жаропрочностью, кислотостойкостью или другими свойствами, что позволяет значительно увеличить послеремонтный ресурс деталей.

При наплавке поверхностных слоев с заданными свойствами, как правило, химический состав наплавленного металла существенно отличается от химического состава основного металла. При наплавке должны выполняться ряд технологических требований: минимальное разбавление наплавленного слоя основным металлом, расплавляемым при наложении валиков; обеспечение минимальной зоны термического влияния и минимальных напряжений и деформации.

Дуговая наплавка под слоем флюса. Наплавка под слоем флюсом – одна из основных видов механизированной наплавки. Этот вид наплавки, по сути, является развитием ручной наплавки электродами с толстыми качественными покрытиями. Наплавка под слоем флюса разработана коллективом под руководством акад. Е.О. Патона в 1938–39 г.г.

Процесс наплавки под флюсом заключается в следующем. Электрическая дуга горит под слоем толщиной 10...40 мм сухого гранулированного порошка с размерами зерен 0,5...3,5 мм, называемым сварочным флюсом. В зону наплавки подают электродную сплошную или порошковую проволоку (ленту) и флюс. Флюс в зону наплавки поступает из бункера. Открытием шибера регулируется расход флюса и толщина его слоя на поверхности детали. Для предотвращения ссыпания флюса с поверхности детали применяют флюсоудерживающие устройства – конические наконечники, регулируемые по высоте. К детали и электроду подают электрический ток. При наплавке под слоем флюса чаще всего используют обратную полярность: через медный мундштук плюс от источника тока подводится к проволоке, а минус – через станину и токосъемник – к детали. Под действием тепла дуги расплавляются электродная проволока и основной металл, а также часть флюса. В зоне наплавки образуется газовая по-

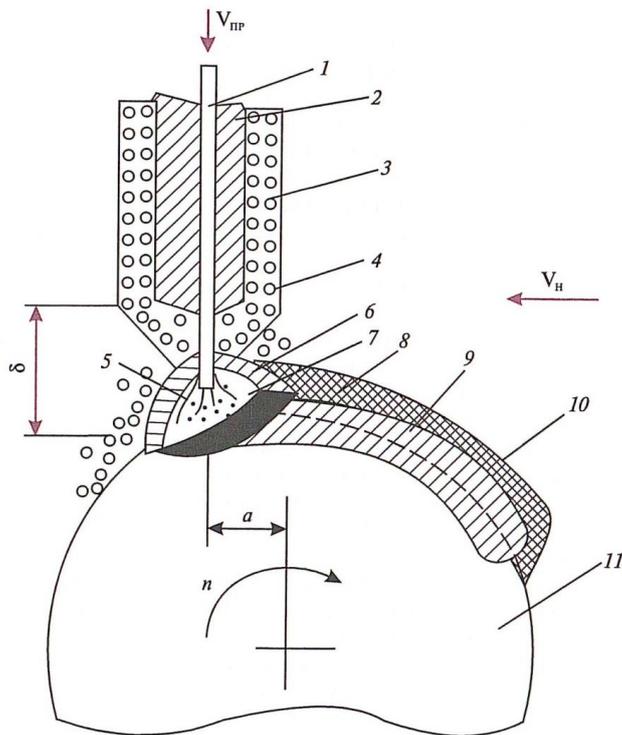
лость, заполненная парами металла, флюса и газами (давление в ней несколько выше атмосферного, за счет этого образуется свод из расплавленного флюса и воздух не попадает к сварочной ванне), ограниченная в верхней части оболочкой расплавленного флюса. Расплавленный флюс, окружая газовую полость, защищает дугу и расплавленный металл в зоне сварки от вредного воздействия окружающей среды, осуществляет металлургическую обработку металла в сварочной ванне. По мере удаления сварочной дуги расплавленный флюс, прореагировавший с расплавленным металлом, затвердевает, образуя на шве шлаковую корку. После прекращения процесса наплавки и охлаждения металла шлаковая корка легко отделяется от металла шва. Не израсходованная часть флюса специальным пневматическим устройством собирается во флюсоаппарат и может быть использована в дальнейшем.

Жидкий металл в сварочной ванне постоянно движется и перемешивается. Металл сварочного шва, полученного под флюсом состоит из расплавленного присадочного ($1/3$) и переплавленного основного металла ($2/3$).

При наплавке цилиндрических поверхностей электрод смещают с зенита сторону, противоположную вращению. Величина смещения электрода с зенита (a) навстречу вращению подбирается практически в процессе наплавки так, чтобы не происходило ссыпания флюса, вытекания шлака вперед и стекания назад, обычно она составляет порядка 10 % от диаметра наплавляемой детали (рисунок 1). Электрод должен составлять угол с нормалью к поверхности $6...8^\circ$. Вылет электрода (δ) колеблется в пределах 25...40 мм. Чрезмерно большой вылет приводит к образованию извилистых валиков.

Флюс при наплавке покрытий осуществляет следующие функции: обеспечивает устойчивое горение дуги; защиту расплавленного металла от воздействия кислорода и азота воздуха; очистку расплавленного металла от включений и его раскисление; легирование необходимыми элементами материала покрытия; образование в дальнейшем теплоизоляционного слоя из флюса и его корки, что замедляет процесс затвердевания металла. Элементы флюса выполняют свои функции после расплавления, сгорания или разложения. Для выпол-

нения этих функций в состав флюса вводят добавки: стабилизирующие процесс горения дуги; газообразующие; для создания среды, защищающей расплавленный металл от вредного влияния атмосферы; шлакообразующие и раскисляющие; легирующие и связующие добавки.



1 – электрод; 2 – мундштук; 3 – флюс; 4 – флюсопровод; 5 – электрическая дуга; 6 – расплавленный флюс; 7 – газовая оболочка; 8 – расплавленный металл; 9 – наплавленный металл; 10 – шлаковая корка; 11 – деталь; δ – вылет электрода; a – смещение электрода от зенита; n – частота вращения детали

Рисунок 1 - Схема наплавки под слоем флюса цилиндрических деталей

В результате использования при наплавке флюса создаются благоприятные условия для выхода газов из шва; более полного протекания диффузионных процессов; формирования равновесных структур и достижения высокого термического КПД наплавки; получения однородного наплавленного металла с гладкой поверхностью и плавным переходом от валика к валику; применения токов большей плотности, чем при ручной наплавке покрытыми электродами; исключения разбрызгивания и уменьшения угара металла; снижения потерь тепла сварочной дуги на излучение и нагрев потоков окружающего воздуха; улучшения условий труда.

Наплавка в среде углекислого газа. При сварке и наплавке плавящимся электродом в среде защитного газа в зону горения дуги под небольшим давлением подается газ, который вытесняет воздух из этой зоны и защищает сварочную ванну от кислорода и азота воздуха. В зависимости от применяемого газа сварка разделяется на сварку в активных (CO_2 , H_2 , O_2) и инертных газах.

Наибольшее распространение при восстановлении деталей с.-х. техники получили наплавка в среде углекислого газа (CO_2). Такой способ является самым дешевым при сварке углеродистых и низколегированных сталей и находит применение для сварки тонколистовых сталей при ремонте деталей облицовки, оперения тракторов, автомобилей и другой техники и для наплавки изношенных деталей (дефекты резьбы, осей, зубьев, пальцев, шеек валов).

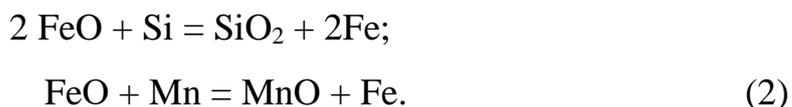
При наплавке в среде углекислого газа (рисунок 2) из сопла горелки 2, охватывающей поступающую в зону горения дуги электродную проволоку 4, вытекает струя защитного газа 6, оттесняет воздух из сварочной ванны.

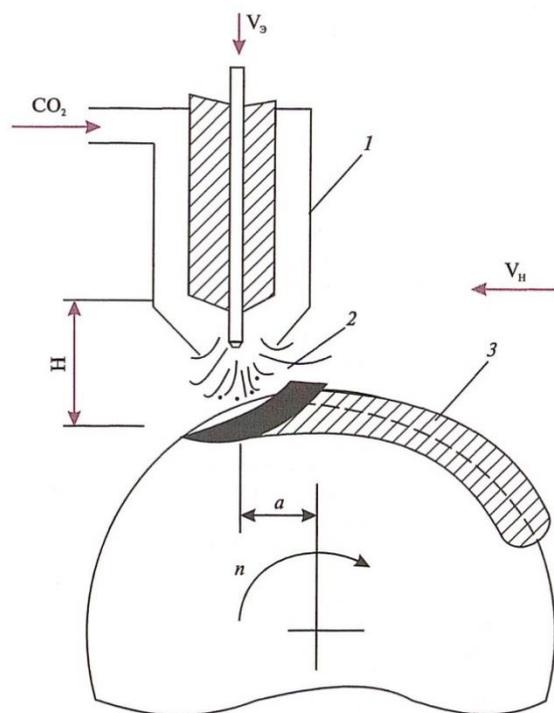
Однако в процессе наплавки углекислый газ под действием высоких температур диссоциирует:



Поэтому наплавка идет не в чистом углекислом газе, а в смеси газов CO_2 , CO и O_2 . В этом случае обеспечивается практически полная защита расплавленного металла от азота воздуха, но сохраняется почти такой же окислительный характер газовой смеси, каким он был бы при сварке голой проволокой без защиты от атмосферы воздуха. Следовательно, при наплавке в среде CO_2 необходимо предусматривать меры по раскислению наплавляемого металла. Эта задача решается использованием сварочных проволок диаметром 0,8...2 мм, в состав которых входят элементы – раскислители. Чаще всего это кремний (0,6...1,0%) и марганец (1...2%).

При наличии таких компонентов раскисление окислов железа происходит по реакциям





1 – наплавочная головка; 2 – зона подачи CO_2 ; 3 – наплавленный металл; 4 – деталь; H – вылет электрода; a – смещение электрода с зенита; V_H – скорость наплавки; $V_{\text{э}}$ – скорость подачи электрода; n – частота вращения детали

Рисунок 2 - Схема наплавки в среде углекислого газа

Образующиеся в процессе раскисления окислы кремния и марганца всплывают на поверхность сварочной ванны и после кристаллизации металла удаляются. Если в сварочной проволоке нет достаточного количества раскислителей, то сварка сопровождается большим разбрызгиванием металла, наличием в нем пор после кристаллизации, большой вероятностью образования трещин в наплавленном слое.

Наибольшее распространение при наплавке в среде CO_2 нашли электродные проволоки Св–08ГС, Св–10ГС, Св–08Г2С, Св–18ХГС и др. Кроме проволок сплошного сечения, часто используются порошковые проволоки типа ПП–АН4, ПП–АН5, ПП–АН8, ПП–3Х2В8Т.

Наплавка в среде CO_2 имеет целый ряд преимуществ: минимальную зону структурных изменений металла при высокой степени концентрации дуги и плотности тока; большую степень защиты сварочной ванны от воздействия

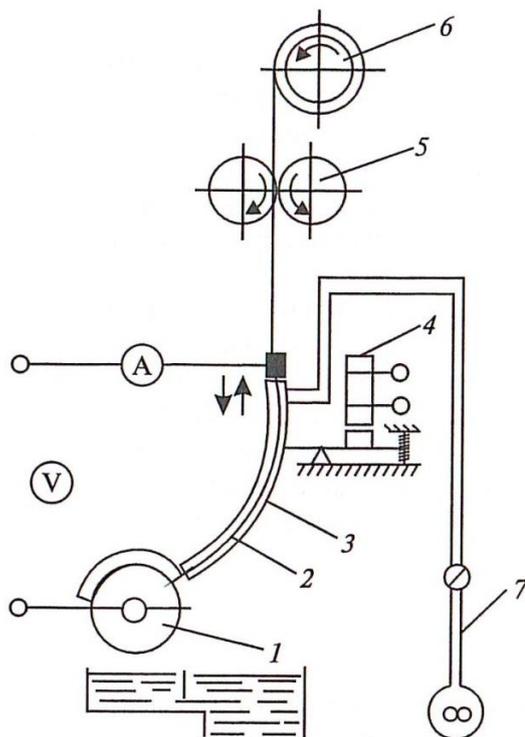
внешней среды; существенную производительность; возможность наблюдения за формированием шва; возможность сваривать металл различной толщины (от десятых долей до десятков миллиметров), производить сварку в различных пространственных положениях, механизировать, автоматизировать технологический процесс; незначительную чувствительность к ржавчине и другим загрязнителям основного металла.

Однако при выборе данного способа сварки и наплавки необходимо иметь в виду и его недостатки: сильное разбрызгивание металла при токе больше 500 А, что требует постоянной защиты и очистки сопла горелки; интенсивное излучение открытой мощной дуги, требующее защиты сварщика; необходимость охлаждения горелки при значительных токах; осуществление сварки практически только на постоянном токе; наличие специальной проволоки; невозможность работы на открытом воздухе из-за влияния ветра на процесс наплавки.

Вибродуговая наплавка. Вибродуговая наплавка осуществляется плавящимся электродом, который совершает колебания, вследствие чего дуговые разряды чередуются с короткими замыканиями. Способ позволяет наплавлять на детали диаметром от 10 мм слой металла толщиной 0,5...3,5 мм. При этом деталь не деформируется, а твердость слоя может быть доведена до 50...58HRC без последующей термической обработки. Вибродуговая наплавка может проводиться в жидкой среде, среде защитных газов (аргон, углекислый газ) и под флюсом. Наибольшее распространение получила наплавка в жидкой среде. Соприкасаясь с поверхностью детали, проволока оплавляется под действием импульсных электрических разрядов, и расплавленный металл электрода приваривается к поверхности. Для охлаждения и закалки наплавленного слоя к нему через специальный канал в мундштуке насосом из системы охлаждения подается жидкость. Вибрация мундштука осуществляется при помощи электромагнитного вибратора (рисунок 3).

Отличительные особенности: в цепь нагрузки источника питания включена индуктивность; низкое напряжение источника питания недостаточное для

поддержания непрерывного дугового разряда; электродная проволока совершает колебания относительно детали с частотой 50...100 Гц и амплитудой 1...3 мм с периодическим касанием наплавляемой поверхности, за счет чего и осуществляется перенос металла.



1 – наплавляемая деталь; 2 – электродная проволока; 3 – мундштук; 4 – вибратор; 5, 6 – механизм подачи электродной проволоки; 7 – насос для подачи охлаждающей жидкости

Рисунок 3 - Схема установки для вибродуговой наплавки

Введение индуктивности в цепь дуги обеспечивает накопление электрической энергии в индуктивности во время разомкнутого состояния цепи, сдвиг фаз тока и напряжения, поэтому переход тока через нуль происходит при наличии напряжения источника питания и возникновении электродвижущей силы самоиндукции, которая совпадает по направлению с напряжением источника питания. Это обеспечивает повторное возникновение дугового разряда после разрыва сварочной цепи и устойчивое горение дуги. Электрод и деталь оплавляются во время дугового разряда, при этом на конце электрода образуется капля металла. Мелкокапельный перенос металла на деталь происходит пре-

имущественно во время короткого замыкания. Так как длительность существования дуги составляет – 20% времени цикла, то провар основного металла неглубокий, с небольшой зоной термического влияния.

Поверхность, подлежащая наплавке, должна быть зачищена до металлического блеска. Процесс осуществляют на постоянном токе обратной полярности. Оптимальное напряжение при наплавке 17...20 В. Сила тока определяется диаметром электродной проволоки и скоростью ее подачи при наплавке. Наплавку ведут постоянным током при обратной полярности.

Для восстановления деталей вибродуговой наплавкой применяют следующие марки проволоки: Св–08А, Св–18ХГСА, Св–15; Нп–50, Нп–65Г, Нп–30ХГСА; пружинную проволоку 2–го класса. Марка проволоки выбирается в зависимости от требуемых свойств наплавленного металла (в основном твердости).

Диаметр электродной проволоки выбирают в зависимости от толщины наплаваемого слоя и силы тока. Чем толще наплаваемый слой, тем берут больший диаметр проволоки. Например, для наплавки слоя толщиной до 1 мм применяют проволоку диаметром 1...1,6 мм, для слоя 2 мм – диаметром до 2,5 мм и для слоя толщиной больше 2 мм – диаметром 2...3 мм.

Для охлаждения детали применяют 3...4%–ный раствор кальцинированной соды или 10...20%–ный раствор технического глицерина. Количество жидкости, подаваемой в зону наплавки, регулируют краном, установленным на наплавочной головке. Струя жидкости не должна попадать в столб дуги, так как от этого нарушается процесс наплавки.

Большая пористость наплавленного металла указывает на загрязненность охлаждающей жидкости либо недостаточно хорошую очистку поверхностей основного металла и проволоки. При слишком большой окружной скорости детали в наплавленном металле образуется большое количество раковин.

После, наплавки поверхность обрабатывают шлифованием, первоначально грубым (обдирочным), а затем чистовым под требуемый размер. При наплавке проволокой Св–08 поверхность легко обрабатывается резцами.

При разработке технологических процессов вибродуговой наплавки учи-

тывают ряд особенностей.

1) Первый и последний валики наплавляют на цилиндрические поверхности при отключенной подаче.

2) При консольном закреплении детали наплавку ведут от свободного конца к патрону.

3) Галтели детали наплавляют в последнюю очередь.

4) Резьбовые поверхности наплавляют без подачи охлаждающей жидкости. При шаге резьбы $> 1,5$ мм шаг наплавки устанавливается равным шагу резьбы.

5) Для наплавки эксцентриков используют копирные устройства, а вылет электродов назначают на $2...3$ мм больше величины эксцентриситета.

6) Шлицы глубиной $< 1,5...2,0$ мм наплавляют при вращении детали, а более крупные шлицы – с подачей головки вдоль оси детали. В последнем случае после наплавки каждого валика деталь поворачивают примерно на 180° относительно ее оси и наплавляют паз на противоположной стороне детали. Прием исключает деформации детали.

Вибродуговая наплавка применяется при восстановлении стальных и чугуновых деталей, работающих в различных условиях при невысоких требованиях к сопротивлению усталости и позволяет получать покрытия высокой твердости и износостойкости без последующей термообработки путем применения электродной проволоки нужного состава. Наиболее часто способ используют при восстановлении деталей типа «вал» диаметром более 20 мм и отверстий диаметром более 40 мм и глубиной до 100 мм.

Преимущества: деталь нагревается до температуры менее 100°C и не деформируется; наплавленный металл имеет равномерную толщину и сравнительно ровную и гладкую поверхность; производительность процесса в $4...5$ раз выше, чем при ручной дуговой наплавке; низкое напряжение процесса обеспечивает безопасность работ.

Недостатки процесса следующие: снижение усталостной прочности до 60% из-за образования закалочных структур в материале, вызывающих растя-

гивающие напряжения и неоднородность твердости (в местах перекрытия точек сварки в результате отпуска твердость снижается); наличие пор в покрытии по причине быстрого перехода металла из жидкого состояния в твердое.

Наплавка порошковой проволокой (лентой). Наплавка порошковой проволокой (лентой) отличается высокой производительностью, по сравнению с рассмотренными выше видами наплавки, и позволяет существенно повысить качества наплавляемого металла, свойства которого напрямую зависят от состава применяемого электродного материала.

В ремонтном производстве находит применение автоматическая дуговая наплавка изношенных деталей порошковой проволокой марок ПП–АН–124, ПП–АН–105, ПП–АН–170 и порошковыми лентами марок ПЛ–У40Х38ГЗТЮ, ПЛ–628, ПЛ–634.

Порошковая проволока представляет собой металлическую оболочку, свернутую из малоуглеродистой стальной ленты толщиной 0,68...0,80 мм и плотно наполненную порошкообразными легирующими элементами – шихтой, содержащей газообразующие, шлакообразующие, легирующие, раскисляющие, ионизирующие и другие компоненты. Состав шихты определяет свойства и назначение электродного материала. Простейшей и наиболее дешевой является мелкая чугунная стружка с добавлением до 20% доменного ферромарганца. Наплавленный слой обладает хорошей износостойкостью и имеет твердость НРС 40...60 в зависимости от примененной шихты.

По назначению проволоки предназначаются для сварки углеродистых и низколегированных сталей; легированных и высоколегированных сталей; чугуна; цветных металлов и сплавов; наплавки поверхности с особыми свойствами. По составу шихты проволоки бывают с внешней защитой и самозащитные. При наплавке наиболее часто используют проволоки диаметром 2,0...3,2 мм, в качестве дополнительной защиты могут служить углекислый газ или флюсы АН–8, АН–20.

Проволоку наплавляют с помощью автоматов и шланговых полуавтоматов, применяемых для наплавки под слоем флюса и CO_2 . В качестве источников

питания используют сварочные преобразователи и выпрямители с жесткой внешней характеристикой.

В качестве наплавочных лент применяют обычно ленты холоднокатаные толщиной 0,4...10 мм и шириной 20...100 мм, а также ленты, получаемые прокаткой залитого в охлаждаемые валки жидкого металла (например, чугуна) и спрессованные холодной прокаткой из порошков и дополнительно спеченные – металлокерамические.

Физико–механические свойства наплавленного металла определяются составом легирующих смесей и режимами наплавки. Наплавленный слой обладает хорошей износостойкостью и имеет твердость 52...57 HRC.

Применение в качестве плавящегося электрода ленты весьма целесообразно. При этом уменьшается доля основного металла в наплавленном (меньшее число слоев позволяет получить желаемый состав), ослабляется влияние режима на относительную массу переплавляемого шлака, достигается более ровная наплавленная поверхность.

Плазменная наплавка. Сущность плазменно-дуговой наплавки состоит в нанесении покрытия из расплавленного присадочного порошкового или проволоочного материала на металлическую поверхность с использованием в качестве источника нагрева плазменной дуги. При плазменной наплавке обеспечивается высокое качество наплавленного металла, малая глубина противления основного металла при высокой прочности сцепления, возможность наплавки тонких слоев. Плазменная наплавка является наиболее прогрессивным способом восстановления изношенных деталей машин и нанесения износостойких покрытий (сплавов, порошков, полимеров) на рабочую поверхность. Применяется для восстановления деталей диаметром от 12...15 мм за счет нанесения покрытий толщиной 0,2...6,5 мм и шириной 1,2...45 мм, обладающих высокой плотностью и прочностью сцепления с изделием, работающих в условиях высоких динамических, знакопеременных нагрузок или подверженных абразивному изнашиванию (коленчатые, кулачковые и распределительные валы; валы турбокомпрессоров; оси; крестовины карданных шарниров).

Плазмой называют высокотемпературный сильно ионизированный газ. Плазма создается пропусканием плазмообразующего газа (аргон, гелий, азот, водород) под давлением 2,3 МПа через дуговой разряд силой 400...500 А и напряжением 120...160 В. Проходя через столб дугового разряда, тепловое влияние которого ионизирует газ, а электрическое поле создает направленную плазменную струю, газ образует плазменную струю с высокой концентрацией энергии. Мощность определяется длиной столба и объемом плазменной струи. Можно реализовать мощности свыше 1000 кВт. Температура плазменной струи достигает – 15000...18000°С и выше, а скорость потока – до 15000 м/сек. Плазменную струю получают в устройстве, которое называют плазмотроном.

В зависимости от схемы подключения анода различают (рисунок 4):

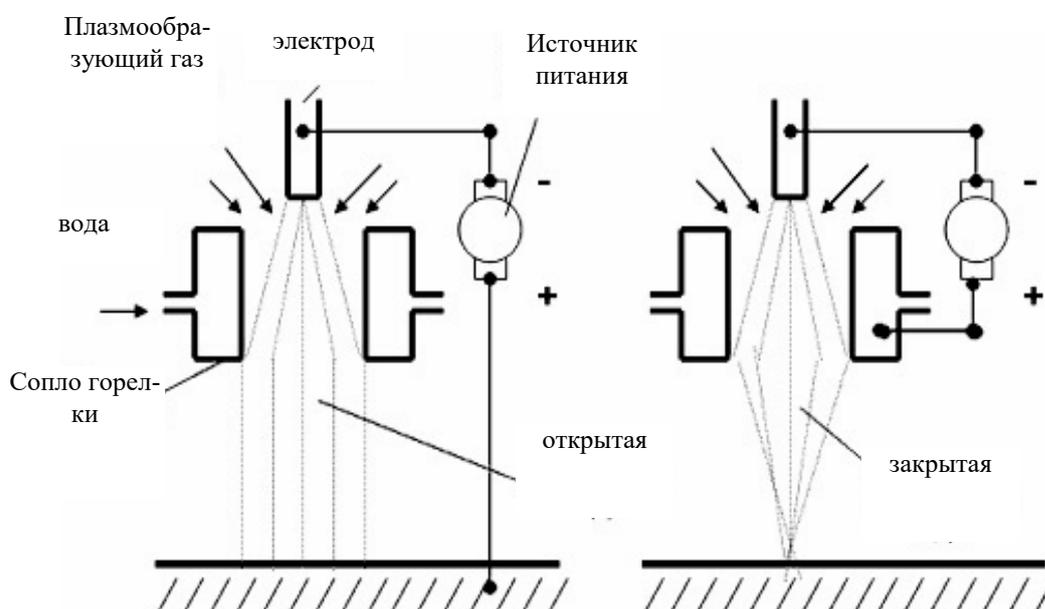


Рисунок 4 - Открытая и закрытая плазменная дуга

– Открытую плазменную дугу (анодом является деталь или пруток). В этом случае происходит повышенный нагрев детали. Используется эта схема при резке металла и для нанесения покрытий.

– Закрытую плазменную дугу (анодом является сопло или канал горелки). Хотя температура сжатой дуги на 20...30% в этом случае выше, но интенсивность потока ниже, т.к. увеличивается теплоотдача в окружающую среду. Схема используется для закалки, металлизации и напыления порошков.

– Комбинированная дуга (анод подключается к детали и к соплу горелки). В этом случае горят две дуги (открытая и закрытая). Используется при наплавке порошком.

Наплавку металла можно реализовать двумя способами:

- 1) струя газа захватывает и подает порошок на поверхность детали;
- 2) присадочный материал в виде проволоки, прутка, ленты вводится в плазменную струю.

Очень эффективно использовать плазменную струю для резки металла, т.к. газ из-за высокой скорости очень хорошо удаляет расплавленный металл, а из-за большой температуры он плавится очень быстро.

Производительность плазменно-дуговой наплавки порошковыми материалами составляет до 10 кг/час, проволочными – до 18 кг/час, минимальная толщина наплавленного слоя – 0,5 мм, ширина наплавляемого валика (без поперечных колебаний плазмотрона) – до 10 мм, скорость наплавки до 300 мм/мин, расстояние между плазмотроном и изделием 5...15 мм.

Недостатком следует считать высокую стоимость плазмообразующего газа (аргона) и порошковых сплавов.

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМОВ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

2.1 Автоматическая наплавка под слоем флюса

Режимы наплавки характеризуются силой тока, напряжением, скоростью наплавки, скоростью подачи проволоки, шагом наплавки, вылетом и смещением электрода. Силу сварочного тока, А определяют из следующего выражения или по таблице 1.

$$I_{\text{св}} = 40\sqrt[3]{D}, \text{ А} \quad (3)$$

где D – диаметр детали, мм.

Напряжение источника питания, В

$$U = 21 + 0,04 \cdot I, \text{ В} \quad (4)$$

Таблица 1 – Зависимость силы тока от диаметра детали

Диаметр детали, мм	Сила тока I, А при диаметре электродной проволоки d _{ПР} , мм	
	1,2...1,6	2...2,5
50...60	120...140	140...160
65...75	150...170	180...220
80...100	180...200	230...280
150...200	230...250	300...350
250...300	270...300	350...380

Скорость наплавки, м/ч

$$V_H = \frac{\alpha_H \cdot I}{h \cdot S \cdot \gamma}, \quad (5)$$

где α_H – коэффициент наплавки, при наплавке постоянным током обратной полярности $\alpha_H = 11 \dots 14$ г/А·ч; h – толщина наплавленного слоя, мм; S – шаг наплавки, мм/об.; γ – плотность электродной проволоки, $\gamma = 7,85 \cdot 10^{-3}$ г/мм³.

Шаг наплавки, мм/об.

$$S = (2 \dots 2,5) d_{ПР}, \quad (6)$$

где $d_{ПР}$ – диаметр электродной проволоки, мм.

Частота вращения детали, мин⁻¹

$$n = \frac{1000 \cdot V_H}{60 \cdot \pi \cdot D}. \quad (7)$$

Скорость подачи проволоки, м/ч

$$V_{ПР} = \frac{4 \cdot \alpha_H \cdot I}{\pi \cdot d_{ПР}^2 \cdot \gamma}. \quad (8)$$

Вылет электрода, мм

$$\delta = (10 \dots 12) d_{ПР}. \quad (9)$$

Смещение электрода от зенита, мм

$$a = (0,05 \dots 0,07) D. \quad (10)$$

Режимы наплавки под слоем флюса цилиндрических поверхностей деталей диаметром от 50 до 100 мм (однопроходный процесс) электродной проволокой $\varnothing 2$ мм приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Режимы наплавки цилиндрических поверхностей

Диаметр детали, мм	Режимы наплавки				
	ток, А	напряжение дуги, В	скорость подачи проволоки, м/ч	скорость наплавки, м/ч	смещение электрода, мм
50	110...130	25...28	70...100	14...18	4...5
70	170...180	26...28	70...120	20...24	5...6
80...90	170...200	26...29	120...150	20...24	6...7
100	170...200	26...29	120...150	20...24	7...8

Детали из малоуглеродистых и низколегированных сталей наплавляют проволокой диаметром 1,2...1,5 мм марок Св-0,8, Св-10А, Нп-30, Нп-40 и др., а из легированных сталей – марок Св-18ХГСА, Нп-30ХГСА, порошковыми проволоками марок ПП–3Х2В8, ПП–Х42ВФ и др. (таблицы 3, 4) под слоем керамических (таблица 5) или плавящихся флюсов (таблица 6).

Таблица 3 – Проволока стальная наплавочная

Марка	Твердость наплавленного металла	Объект наплавки
1	2	3
Нп-25	НВ 160...220	Оси, шпиндели, валы
Нп-30	НВ 160...220	
Нп-35	НВ 160...220	
Нп-40	НВ 170...230	
Нп-45	НВ 170...230	
Нп-50	НВ 180...240	Натяжные колеса, опорные ролики
Нп-65	НВ 220...300	Опорные ролики, оси
Нп-80	НВ 260...340	Коленчатые валы, крестовины карданов
Нп-85	НВ 280...360	
Нп-40Г	НВ 180...240	Оси, шпиндели, ролики, валы
Нп-50Г	НВ 200...270	Натяжные колеса, опорные ролики
Нп-65Г	НВ 230...310	Оси, опорные ролики
Нп-30ХГСА	НВ 220...300	Детали тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных машин
Нп-40ХЗГ2МФ	HRC 38...44	Детали, испытывающие удары и абразивное изнашивание
Нп-40Х2Г2М	HRC 54...56 (после закалки)	Детали машин, работающих с динамическими нагрузками, коленчатые валы, поворотные кулаки, оси опорных катков

1	2	3
Нп-50ХФА	HRC 43...50	Шлицевые валы, коленчатые валы двигателей внутреннего сгорания
Нп-20Х14	HRC 32...38	Уплотнительные поверхности задвижек для пара и воды
Нп-30Х13	HRC 38...45	Шейки коленчатых валов, штампы
Нп-30Х10Г10Т Нп-40Х13	НВ 200...220 HRC 45...52	Опорные ролики тракторов и экскаваторов, детали транспортеров
Нп-Г13А	НВ 220...280	Щеки дробилок, зубья ковшей
Нп-Х15Н60	НВ 180...220	Детали, работающие при высокой температуре
Нп-Х20Н80Т	НВ 180...220	Выхлопные клапаны автомобильных двигателей

Таблица 4 – Проволока стальная сварочная для наплавки

Марка	Твердость наплавленного металла	Объект наплавки
Св-08	НВ 120...160	Оси, валы, поддерживающие ролики трактора, тормозные барабаны, ступицы колес
Св-10Г2	После наплавки НВ 180...210 После закалки НВ 395...410	Оси, шпиндели, валы
Св-08ГС	НВ 180...200	Оси, шпиндели, валы, опорные ролики
Св-12ГС	НВ 190...220	
Св-08Г2С	После наплавки НВ 180...210 После закалки НВ 395...410	Оси, шпиндели, валы, опорные ролики
Св-18ХГС	После наплавки НВ 240...300 После закалки НВ 550...560	Опорные ролики, натяжные колеса гусеничных тракторов, цапфы, оси катков
Св-20Х13	HRC 42...48	Уплотнительные поверхности деталей
Св-10Х17Т	HRC 30...38	Уплотнительные поверхности деталей
Св-06Х19Н9Т	НВ 160...190	Уплотнительные поверхности запорной арматуры для пара и воды
Св-08Х19Н9Ф2С2	НВ 200...230	

Таблица 5 –Керамические флюсы для наплавки

Марка флюса	Наплавленный металл		Рекомендуемая проволока	Условия работы наплавливаемых деталей
	тип	твердость		
ФК-45/5X10B5ФМ*	45X10B5Ф	HV-540	Св-20X13	Интенсивное изнашивание при температуре до 600°С
ЖСН-5*	20X6МФ	HRC 36 HRC 42 HRC \geq 48 HRC 54	Св-08А Св-08ГА Св-12ГС Нп-30ХГСА	Интенсивное изнашивание при трении металла о металл, циклических теплосменах, высоких давлениях
АНК-18**	3X3Г1	HV 400 HRC 50	Св-08 Св-08А Нп-30ХГСА	Трение металла о металл
АНК-19**	60X4ГС	HRC 50	Св-08А Св-08	Абразивное изнашивание
АНК-40*	25X1ГС	HB 250	Св-08А Св-08	Трение металла о металл
*и ** – Наплавка постоянным током обратной полярности (** – переменным).				

Таблица 6 – Плавленые флюсы для наплавки

Марка флюса	Характеристика
1	2
АН-348-А, ОСЦ-45, АН-60	Для наплавки углеродистых и низколегированных сталей
АН-8, АНФ-1, АН-25	Флюсы для электрошлаковой сварки. Пригодны также для наплавки: АН-8 – для нелегированных сталей; АНФ-1 – высоколегированных; АН-25 – для возбуждения электрошлакового процесса без дуги
АН-20	Низкокремнистый безмарганцевый флюс для дуговой наплавки низколегированных и среднелегированных сталей. Имеет три модификации: АН-20С, АН-20СМ, АН-20П, отличающихся размером и строением зерен: С – стекловидный, М – мелкий, П – пемзовидный
АН-70	Пемзовидный низкокремнистый безмарганцевый флюс для дуговой наплавки низколегированных и среднелегированных сталей. Имеет низкую окислительную способность, которая обуславливает слабую зависимость состава наплавленного металла от режима наплавки
АН-26	Сварочный флюс можно использовать также для дуговой наплавки аустенитных хромоникелевых сталей

1	2
ОФ-10	Пемзовидный низкокремнистый безмарганцевый флюс с малой окислительной способностью. Предназначен для наплавки лентой коррозионно-устойчивых сталей на перлитные стали. Обеспечивает хорошее формирование слоя при ширине ленты до 100 мм
ОФ-6	Безкремнистый безмарганцевый флюс для сварки. Можно использовать и для наплавки среднелегированных и высоколегированных сталей. Гидроскопичен – нужно прокалывать перед применением
АН-30	Безкремнистый безмарганцевый стекловидный флюс для наплавки среднелегированных сталей
АН-28	Пемзовидный флюс низкокремнистый безмарганцевый. Предназначен для наплавки стальной и чугуновой ленты

Высокую износостойкость наплавленного слоя можно получить наплавкой проволоки Нп-2Х13. Наплавка проволоками СВ-80А, НП-30, Нп-40, Нп-60, Нп-30ХГСА под слоем плавленных флюсов (АН-348А, ОСЦ-45) обеспечивает твердость 187...300 НВ. Использование керамических флюсов (АНК-18, ЖСН-1) с указанными проволоками позволяет повысить твердость до 40...55 НРС.

Для автоматической наплавки под слоем флюса применяют установки: А-384; А-409; А-580; сварочные тракторы: УТ-1250-3, Т-26, ТС-17МУ. АДС-1000, АДС-500; полуавтоматы ПШ-5-1, ПШ-54, ПДШМ-500.

2.3 Полуавтоматическая наплавка в среде углекислого газа

Режимы наплавки характеризуются силой тока, напряжением, скоростью наплавки, частотой вращения детали, скоростью подачи электродной проволоки, шагом наплавки, смещением электрода и расходом углекислого газа. Сила тока (I) и напряжение дуги (U) выбирается в зависимости от диаметра электродного материала и диаметра детали (таблица 7).

Скорость наплавки, частоту вращения детали, скорость подачи электродной проволоки, шаг наплавки и смещение электрода определяют по формулам, принятым для расчета аналогичных параметров при наплавке под слоем флюса.

Расход углекислого газа определяют исходя из величины сварочного тока (с ростом тока увеличивается расход CO_2). Обычно расход CO_2 устанавливают в пределах 8...15 л/мин.

Таблица 7 – Выбор силы тока и напряжения на дуге

Диаметр детали, мм	Диаметр проволоки, мм	I _{св} , А	U, В
10...20	0,8...1	70...95	18...19
20...30		90...120	
30...40		110...140	
40...50	1...1,2	130...160	18...20
50...70	1,2...1,4	140...175	19...20
70...90	1,4...1,6	170...195	20...21
90...120	1,6...2	195...225	20...22

Более подробно рекомендуемые режимы наплавки цилиндрических деталей приведены в таблице 8.

Таблица 8– Режимы наплавки в среде углекислого газа

Диаметр детали, мм	Толщина наплавленного слоя, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость подачи электрода, м/ч	Смещение электрода с зенита, мм	Скорость наплавки, м/ч	Вылет электрода, мм	Шаг наплавки, мм
10	0,8	0,8	70	17	175	0	20...25	8	1,5
20	0,8	0,8	85	18	200	3,5	20...25	8	1,8
30	1,0	1,0	95	18	150	5...8	20...25	10	1,8
40	1,2	1,0	100	19	150...175	8...10	25...30	10	1,8

Наплавка осуществляется проволоками, содержащими в своем составе раскисляющие элементы НП-30ХГСА, Св-18ХГСА. СВ-08Г2С (таблицы 19, 20). Твердость слоя, наплавленного проволокой СВ-08Г2С, составляет 200...250 НВ, а при использовании проволоки НП-30ХГСА с последующей закалкой до 50 HRC.

Для наплавки в среде защитных газов применяют специальные автоматы: АДПГ-500, АТП-2, АДСП-3, УДС-1-58, УСА-500; полуавтоматы: А-547Р, ПГШ-2М, ПШП-10, ПДПГ-300, ПГД-2М, А-537; головку ОКС-125М

ГОСНИТИ. Источники тока: выпрямители – ВДГ-301, ВС-300, ВС-600; преобразователи – ПСГ-300, ПСГ-500, ПСУ-600.

2.4 Наплавка порошковыми проволоками

Параметры режима наплавки: скорость наплавки, частоту вращения детали, скорость подачи электродной проволоки, шаг наплавки и смещение электрода определяют по формулам, приведенным в п.2.1.

Рекомендуемые режимы наплавки цилиндрических деталей некоторыми порошковыми проволоками приведены в таблице 9.

В процессе наплавки наиболее часто используют проволоки диаметром 2,0...3,2 мм: ПП-3ХВЗФ-О, ПП-У15Х12М-О, ПП-Р18Т, ПП-Х12ВФТ, ПП-АЕ124, ПП1Х14Т, ПП-3Х5Г2М.

В качестве оборудования применяют те же автоматы и полуавтоматы, что и для наплавки под слоем флюса или в среде CO_2 . Источниками тока служат сварочные преобразователи и выпрямители с жесткой внешней характеристикой. Полуавтоматы дополнительно укомплектовывают специальным шлангом и держателем типа А-725.

Таблица 9– Режимы наплавки порошковыми проволоками

Электродная проволока	Диаметр детали, мм	Режимы наплавки			
		сила сварочного тока, А	напряжение на дуге, В	скорость наплавки, м/ч	шаг наплавки, мм/об
ПП-У25Х17Т-О, Ø 3 мм	50...65	200...230	22...24	35...40	4,0...4,5
	60...75	240...250	24...26	30...35	4,5...5,6
	70...85	260...280	26...28	25...30	5,5...6,0
ПП-1Х14Т-О, Ø 2 мм	45...55	160...180	22...24	25...35	2,5...3,0
	50...65	160...180	22...24	20...25	3,5...4,0
	60...75	200...220	24...26	15...20	4,5...5,0

2.5 Вибродуговая наплавка

Параметры режима вибродуговой наплавки определяют по следующим формулам. Сила сварочного тока, А

$$I_{CB} = j \frac{\pi \cdot d_{\text{ПР}}^2}{4}, \quad (11)$$

где $d_{\text{ПР}}$ – диаметр проволоки, мм; j – плотность тока, для $d_{\text{ПР}} < 2,0$ мм – $j = 60 \dots 75$ А/мм²; для $d_{\text{ПР}} > 2,0$ мм – $j = 50 \dots 75$ А/мм².

Скорость подачи электродной проволоки, м/ч

$$V_{\text{ПР}} = \frac{0,1 \cdot I \cdot U}{d_{\text{ПР}}^2}, \quad (12)$$

где U – напряжение, $U = 14 \dots 20$ В.

Скорость наплавки, м/ч

$$V_{\text{Н}} = \frac{0,785 \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot V_{\text{ПР}} \cdot \eta}{h \cdot S \cdot \alpha}, \quad (13)$$

где η – коэффициент перехода электродного материала в наплавленный слой, $\eta = 0,8 \dots 0,9$; h – заданная толщина наплавленного слоя (без механической обработки), мм; S – шаг наплавки, мм/об; α – коэффициент, учитывающий отклонение фактической площади сечения наплавленного валика, $\alpha = 0,7 \dots 0,85$.

Шаг наплавки, мм/об

$$S = (1,6 \dots 2,2) d_{\text{ПР}}. \quad (14)$$

Амплитуда колебаний электродной проволоки, мм

$$A = (0,75 \dots 1,0) d_{\text{ПР}}. \quad (15)$$

Вылет электродной проволоки, мм

$$\delta = (5 \dots 8) d_{\text{ПР}}. \quad (16)$$

Индуктивность электрической цепи, Гн

$$L = \frac{51 \cdot \pi \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot V_{\text{ПР}} \cdot \gamma}{i^2 \cdot f}, \quad (17)$$

где γ – плотность электродной проволоки, $\gamma = 7,85 \cdot 10^{-3}$ г/мм³; i – максимальная сила тока в цепи, А. Принимается в два раза больше силы тока по амперметру; f – частота колебаний, Гц.

При вибродуговой наплавке применяют сварочную проволоку диаметром от 1 до 1,6 мм следующих марок: Св-08А, Св-0,8ГА, Св-10Г2С, Св-18ХГСА, Св-10ХМ, Св-10МК, Св-18ХМА (таблица 20). Твердость наплавленного слоя зависит от состава электродной проволоки и количества охлаждающей жидкости. Так при наплавке проволокой Нп-60 с охлаждением обеспечивается твердость 35...55 НРС, проволокой Св-08Г2С – 22...26 НРС.

Для защиты расплавленного металла применяют охлаждающую жидкость: 4...6 % раствор кальцинированной соды или 10...20 % раствор технического глицерина в воде.

Рекомендуемые режимы вибродуговой наплавки стальных деталей типа «вал» приведены в таблице 10, а чугунных в таблице 11.

Таблица 10 – Режимы вибродуговой наплавки стальных цилиндрических деталей

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

Таблица 11 – Рекомендуемые режимы вибродуговой наплавки чугунных деталей

Наплавочный материал	Толщина наплавленного слоя	Скорость подачи электрода, м/мм	Сила тока, А	Число оборотов детали в минуту	Подача суппорта станка, мм/об
Проволока Ø 1,6...1,8 мм	0,6...0,7	1,3	120...140	1200: πD	1,8...2,2
	1,5	1,7	160...190	1000: πD	2,3...2,8
	2,5	1,7	160...190	370: πD	2,8...3,5
Проволока Ø 2,5 мм	2,5...3	1,7	300...350	200: πD	7,9
Лента сечением 0,5×10 мм	2,5...3	1,7	320...340	200: πD	7,9

Наплавка осуществляется на постоянном токе обратной полярности обычными сварочными полуавтоматами. В качестве источника питания используют генератор ПСО-500 с балластным реостатом, преобразователи типа СМГ, ПС-300М, выпрямители ВСА-5. Для устойчивого горения дуги в сварочную цепь включают стабилизирующий дроссель РСТЭ-34.

2.6 Плазменная наплавка

Скорость, частота рассчитывается по формулам (9, 12). Рациональное значение силы тока при плазменной наплавке 200...230 А. Коэффициент наплавки $\alpha = 10...13$ г/а·ч.

Смещение с зенита составляет для деталей диаметром до 100 мм – 3...5 мм. Расстояние от сопла плазматрона до поверхности детали 12...20 мм, при наплавке порошком – 8...15 мм. Расход защитного газа – 1000...1200 л/ч; плазмообразующего – 100...150 л/ч. Полярность прямая.

Для наплавки применяют порошковые твердые сплавы ПР-Н80Х13С2Р, ПР-Н65Х25С3Р3, ПГ-СР4, ПГ-ФБХ-6-2 с размером зерен 0,05...0,1 мм; легированные сварочные и наплавочные проволоки Св-15ГСТЮЦА, Св-ОХ1849 диаметром 1...1,6 мм для получения тонких слоев и диаметром 2...5 мм для получения средних и толстых покрытий. Наиболее часто при плазменной наплавке используют порошок сормаита и сплавов ФБХ-9-2, Ус-25, ПГ-СР3, СНГН-50. Твердость наплавленного слоя может обеспечиваться в пределах 32...45 НRC.

Расход порошка (г/с) определяется по формуле

$$Q = 0,1 \cdot v_H \cdot S \cdot h \cdot \gamma \cdot K_{\Pi}, \quad (18)$$

где v_H – скорость наплавки, м/мин; S – шаг наплавки, $S = 0,4...0,5$ см/об; h – толщина наплавленного слоя, мм; γ – плотность наплавленного металла. Для порошков твердых сплавов на железной основе $\gamma = 7,4$ г/см³ ($7,4 \cdot 10^{-3}$ г/мм³), для сплавов на никелевой основе $\gamma = 6,8$ г/см³ ($0,8 \cdot 10^{-3}$ г/мм³); K_{Π} – коэффициент, учитывающий потери порошка, $K_{\Pi} = 1,12...1,17$.

Режимы и параметры процесса плазменной наплавкой порошков и проволокой приведены в таблице 12.

Наплавку осуществляют на установках для плазменного напыления УМП-6, УПУ-3Д, плазменной сварки УПС-301 и плазмотроне ИМЕТ-107. Используют источники питания с крутопадающей внешней характеристикой: ВУС-500, ВД-301, ПСО-500 и специальные: ИПГ 500, ИПР 120/600, ВПТМ.

Таблица 12 – Режимы плазменной наплавки

Параметр наплавки	Наплавка	
	порошковая	проволокой
Присадочный материал	ПГХ80Ф2 0,07...0,1 мм	Св-ОХ1849 Ø 2 мм
Напряжение основной дуги, В	45	50
Ток основной дуги, А	115	160...170
Расстояние от сопла до поверхности детали, мм	10...12	8...10
Расход плазмообразующего газа, л/ч	90	150
Расход защитного газа (аргон), л/ч	720	1200
Толщина наплавленного слоя, мм	1	4,6
Ширина наплавки, мм	40	30
Скорость наплавки, м/ч	5,2	7,5

3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

По заданию преподавателя определить режимы нанесения покрытия. Исходные данные для расчетов приведены в приложении А.

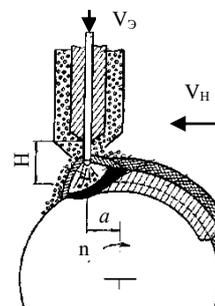
4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. НАИБОЛЬШЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ НАПЛАВКЕ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ В СРЕДЕ ЗАЩИТНЫХ ГАЗОВ ПОЛУЧИЛ

- | | |
|-------------------|----------|
| 1) аргон | 4) азот |
| 2) углекислый газ | 5) гелий |
| 3) пар | |

2. НА РИСУНКЕ ПРИВЕДЕНА СХЕМА

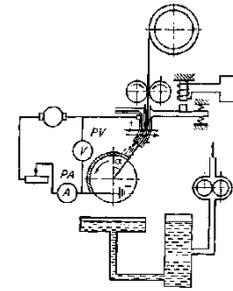
- 1) дуговой наплавки под слоем флюса
- 2) дуговой наплавки в среде защитных газов
- 3) вибродуговой наплавки



- 4) наплавки порошковой проволокой
- 5) электрошлаковой наплавки
- 6) контактной приварки ленты (проволоки)

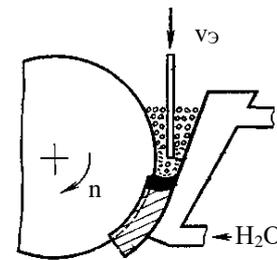
3. НА РИСУНКЕ ПРИВЕДЕНА СХЕМА

- 1) дуговой наплавки под слоем флюса
- 2) вибродуговой наплавки
- 3) наплавки порошковой проволокой
- 4) электрошлаковой наплавки
- 5) контактной приварки ленты (проволоки)
- 6) индукционной наплавки



4. НА РИСУНКЕ ПРИВЕДЕНА СХЕМА

- 1) дуговой наплавки под слоем флюса
- 2) дуговой наплавки в среде защитных газов
- 3) вибродуговой наплавки
- 4) наплавки порошковой проволокой
- 5) электрошлаковой наплавки
- 6) индукционной наплавки



5. ВИБРОДУГОВУЮ НАПЛАВКУ ПРИМЕНЯЮТ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ, ИМЕЮЩИЙ ДИАМЕТР

- 1) более 10 мм
- 2) более 40 мм
- 3) более 80 мм
- 4) более 100 мм

6. ПРИ НАПЛАВКЕ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА

- 1) электрод смещают с зенита в сторону вращения детали
- 2) электрод смещают с зенита в сторону, противоположную вращения детали
- 3) электрод устанавливают строго в зените
- 4) качество наплавки не зависит от положения электрода

7. В МАРКИРОВКЕ ЭЛЕКТРОДНОЙ ПРОВОЛОКИ Нп-50 ЧИСЛО 50 ОЗНАЧАЕТ

- 1) диаметр проволоки
- 2) твердость наплавленного слоя
- 3) содержание углерода
- 4) временное сопротивление на растяжение наплавленного металла

8. РАЗНОВИДНОСТЬЮ СВАРКИ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ, ЯВЛЯЕТСЯ

- | | |
|-----------------|-------------------------------------|
| 1) хромирование | 3) наплавка в среде CO ₂ |
| 2) раздача | 4) анодно-механическая обработка |

9. БЕЗДУГОВЫМИ СПОСОБАМИ НАПЛАВКИ ЯВЛЯЮТСЯ

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| 1) под слоем флюса | 4) электроконтактная приварка |
| 2) в среде углекислого газа | 5) индукционная |
| 3) электрошлаковая | |

10. ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ВАЛА, ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗ СТАЛИ 40, НАПЛАВКОЙ В СРЕДЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА НАИБОЛЕЕ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНО ПРИМЕНИТЬ ПРОВОЛОКУ МАРКИ

- 1) Св-08
- 2) Нп-65
- 3) НП-65Г

- 4) НП-60С
- 5) Нп-80

11. ПЛАЗМООБРАЗУЮЩИЕ ГАЗЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКЕ

- 1) аргон
- 2) азот
- 3) водород

- 4) ацетилен
- 5) углекислый газ
- 6) кислород

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ»

1 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Разработка технологии механической обработки восстанавливаемых в ремонтном производстве деталей, включающей выбор способов, инструмента, режимов обработки и т.д., является сложной технологической задачей, от решения которой зависит качество восстановленных изделий. В свою очередь, качество механической обработки во многом зависит от важного свойства металлов – обрабатываемости. Под обрабатываемостью понимают технологическое свойство материала, определяющее его способность подвергаться резанию.

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

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

В процессе эксплуатации технологические базы деталей получают различного рода вмятины, сколы, установочные поверхности покрываются окис-

ными пленками, которые не позволяют в дальнейшем использовать их в таком состоянии, следовательно, требуется их восстановление. Этой операции необходимо уделять особое внимание, так как точность и качество восстановленной детали во многом зависят от состояния технологических баз.

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

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

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

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

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

В зависимости от уровня повреждения центровые отверстия восстанавли-

вают центровым сверлом того же размера, что и имеющиеся отверстия (если повреждения незначительные и надо только зачистить заусенцы и снять окисные пленки), или сверлом на один размер больше (если повреждения более значительные). Для того чтобы обеспечить высокую точность зацентровки (минимальное смещение центрального отверстия относительно центра поперечного сечения заготовки), исходную заготовку выставляют относительно центрального сверла при помощи люнета и индикатора часового типа. Зацентровку производят с окружной скоростью детали $V = 30 \dots 70$ м/мин и продольной подачей центрального сверла $S = 0,06 \dots 0,1$ мм/об.

Точность механической обработки при восстановлении деталей зависит от правильного выбора технологических баз – поверхностей, линий, точек или их совокупности, необходимых для ориентации детали на станке, ее расположения в соединении или изделия и измерения. В процессе эксплуатации эти поверхности могут быть изношены, деформированы или повреждены, что может привести к погрешностям при восстановлении и обработке деталей.

При выборе технологических баз придерживаются следующих основных принципов: поверхности, являющиеся базовыми, обрабатывают в первую очередь; стараются использовать базы завода–изготовителя; поверхности, связанные с точностью относительного положения (соосность, перпендикулярность и т.д.), обрабатываются с одной установки; поверхность (совокупность поверхностей), образующих технологическую базу должна оставлять детали минимальное и в то же время достаточное число степеней свободы; если в процессе восстановления деталь должна быть обработана по всем поверхностям, за технологическую необходимо принять такую базу, при использовании которой можно обработать все основные и вспомогательные поверхности за одну установку.

При восстановлении деталей в качестве технологических баз могут быть использованы:

– вспомогательные базы (центровые отверстия у валов и осей; плоскость и два отверстия у корпусной детали), так как основные, являются поверхностями соединения и, изнашиваясь в процессе эксплуатации, не могут быть техно-

логическими. Следует учитывать, что вспомогательные базы могут быть деформированы, поэтому их проверяют и в случае необходимости исправляют.

– основные базы. В случае отсутствия вспомогательных баз, например при восстановлении корпусных деталей, в качестве технологической выбирают наименее изношенную основную базу, обрабатывают ее и используют в качестве основной технологической, обрабатывают остальные поверхности.

– новые базы. При невозможности использования баз, применяемых при изготовлении, в качестве технологических баз выбирают новые, то есть назначают обработанные поверхности, которые связаны с поверхностью прямым наиболее точным размером. При этом необходимо совмещение установочной и измерительной баз, в противном случае возникает погрешность базирования.

– базы соединяемых деталей. В некоторых случаях обрабатываемую деталь более точно можно установить на станок вместе с соединяемой деталью. Например, так поступают при расточке тормозного барабана.

– обработка при минимальном числе баз. Лучше всего вести обработку (подготовительную, нанесение покрытия и заключительную механическую) на постоянных базах. В случае их перемены точность обработки снижается.

Механическая обработка восстанавливаемых деталей характеризуется определенными особенностями, заключающимися в неоднородности свойств, неравномерности распределения припуска на обработку и высокой твердости обрабатываемой поверхности. Основными видами обработки при различных методах восстановления являются токарная и шлифовальная.

Токарная обработка применяется в большинстве случаев тогда, когда после восстановления размеров одним из способов (наплавка, напыление, электролитические покрытия), припуск на обработку превышает 0,25 мм на сторону, а твердость нанесенного покрытия менее 35...40 HRC. В качестве режущего инструмента используют, как правило, резцы с пластинками из твердого сплава. При точении деталей из закаленной стали применяют твердосплавные резцы групп ВК и ТК (VK8 и T15K6) с отрицательным передним углом ($\gamma = -10...-15^\circ$) и углом наклона главной режущей кромки $\lambda = 5...10^\circ$. Режимы резания за-

каленных сталей: $v = 80 \dots 120$ м/мин; $S = 0,1 \dots 0,2$ мм/об; $t = 0,5 \dots 1$ мм. Деталь обрабатывают в несколько проходов.

Черновое растачивание твердосплавного покрытия ведут резцами с пластинками из твердых сплавов ВК6 и ВК3 на следующих режимах: глубина резания $0,3 \dots 0,6$ мм; подача $0,18 \dots 0,25$ мм/об; скорость $35 \dots 35$ м/мин. При чистовом растачивании покрытий применяют резцы, оснащенные гексанитом–Р. Режим обработки: глубина резания до $0,25$ мм; подача $0,02 \dots 0,05$ мм/об; скорость $120 \dots 150$ м/мин. Детали обрабатывают с применением охлаждающей жидкости: эмульсола $5 \dots 8\%$, кальцинированной технической соды $0,2\%$, остальное – вода.

Шлифование применяют тогда, когда твердость обрабатываемой поверхности превышает $35 \dots 40$ HRC, или когда нужно получить высокую точность обработки и малую шероховатость поверхности. Шлифование применяют либо сразу после покрытия, либо после предварительной токарной обработки. При обработке восстановленных поверхностей шлифованием с продольной подачей глубина шлифования принимается $0,005 \dots 0,015$ мм/проход для чистовой и $0,010 \dots 0,025$ мм/проход для черновой обработки. Продольная подача для чернового шлифования восстановленных поверхностей деталей диаметром менее 20 мм – $0,3 \dots 0,5$ В_к, более 20 мм – $0,6 \dots 0,7$ В_к. Для чистового шлифования – $0,2 \dots 0,3$ В_к. Окружную скорость детали V_d для чернового шлифования $20 \dots 80$ м/мин, а для чистового – $2 \dots 5$ м/мин.

Покрытия из «Сормайта» рекомендуется обрабатывать шлифовальным кругом 34А40СМ16К из хромистого электрокорунда, а покрытия УС–25 и ФБХ–6–2 – шлифовальным кругом 64С25См16К из карбида кремния. Черновое шлифование ведут с окружной скоростью круга и детали соответственно 35 м/с и 11 м/с.

При ремонте гильз цилиндров, обработке отверстий нижних головок шатунов, тормозных цилиндров используют алмазное хонингование. Применяют бруски, содержащие синтетические алмазы марок АСР, АСВ, и АСК. Окружная скорость вращения хонинговальной головки $70 \dots 80$ м/мин, скорость ее возвратно–поступательного движения $12 \dots 15$ м/мин, давление брусков $0,3 \dots 1,5$ МПа.

Для получения высокого класса шероховатости используют полирование алмазными (абразивными) лентами типа ЛСВТ зернистостью 8–М28 или типа АЛШБ, АСО–100–Р9 зернистостью 80/63...40/28. Скорость перемещения ленты 35 м/с, поперечное колебательное движение с амплитудой 2...6 мм и частотой 300...900 колебаний в 1 мин.

2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Механическая обработка восстанавливаемых деталей характеризуется определенными особенностями, заключающимися в неоднородности свойств, неравномерности распределения припуска на обработку и высокой твердости обрабатываемой поверхности. Основными видами обработки при различных методах восстановления являются токарная и шлифовальная.

Токарная обработка применяется в большинстве случаев тогда, когда после восстановления размеров одним из способов (наплавка, напыление, электролитические покрытия), припуск на обработку превышает 0,25 мм на сторону, а твердость нанесенного покрытия менее HRC35...40. В качестве режущего инструмента используют, как правило, резцы с пластинками из твердого сплава. При точении деталей из закаленной стали применяют твердосплавные резцы групп ВК и ТК (ВК8 и Т15К6) с отрицательным передним углом ($\gamma = -10...-15^\circ$) и углом наклона главной режущей кромки $\lambda = 5...10^\circ$. Режимы резания закаленных сталей: $v = 80...120$ м/мин; $S = 0,1...0,2$ мм/об; $t = 0,5...1$ мм. Деталь обрабатывают в несколько проходов.

Параметры режимов токарной обработки деталей рассчитывают по следующим формулам.

Частота вращения детали, об./мин

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (1)$$

где V – скорость резания, м/мин; d – диаметр обрабатываемой поверхности, мм.

Скорость резания

$$V = \frac{C}{t^x \cdot S^y \cdot T^m}, \quad (2)$$

где C – коэффициент; t – глубина резания принимается равной припуску ($t = z_2$), мм (таблица 10); S – подача, мм/об (таблицы 2-4); T – стойкость инструмента, мин (таблица 5).

Значения коэффициентов C и показателей степени x , y (2) принимаются в зависимости от обрабатываемого материала. Для восстановленных деталей их можно принять, как и для стальных деталей, соответственно 41,7; 0,18; 0,27. Значение коэффициента m принимается по данным таблицы 1.

Черновое растачивание твердосплавного покрытия ведут резцами с пластинками из твердых сплавов ВК6 и ВК3 на следующих режимах: глубина резания 0,3...0,6 мм; подача 0,18...0,25 мм/об; скорость 35...35 м/мин. При чистовом растачивании покрытий применяют резцы, оснащенные гексанитом-Р. Режим обработки: глубина резания до 0,25 мм; подача 0,02...0,05 мм/об; скорость 120...150 м/мин.

Детали обрабатывают с применением охлаждающей жидкости: эмульсола 5...8 %, кальцинированной технической соды 0,2 %, остальное – вода.

В таблице 6 приведены рекомендуемые режимы черновой и чистовой механической обработки восстановленных поверхностей.

Таблица 1 – Значение коэффициента m при обработке восстановленных деталей

Тип резца	Условия обработки	Материал режущей кромки резца		
		Сталь	Сплав ТК	Сплав ВК
Проходной	с охлаждением	0,125	0,125	0,150
Расточной	без охлаждения	0,100	0,125	0,150

Таблица 2 – Подача при черновом обтачивании деталей (t до 5 мм)

Диаметр детали, мм	18	30	50	80	120	180
Подача, мм/об.	до 0,25	0,2...0,5	0,4...0,8	0,6...1,2	1,0...1,4	1,4

Таблица 3 – Подача при черновом растачивании деталей ($t = 2$ мм)

Диаметр сечения державки резца, мм	10	20	30
Вылет резца, мм	50	100	150
Подача, мм/об.	0,05...0,08	0,15...0,40	0,5... 1,0

Таблица 4 – Подача при чистовом точении, мм/об.

Шероховатость, R_a , мкм	Радиус при вершине резца, мм			
	0,5	1,5	2,0	3,0
80...40	–	–	–	2,8
40...20	–	1,45	1,60	1,9
20...10	0,46	0,67...1,05	0,73...1,15	0,85...1,3
5,0...2,5	0,13	0,14...0,20	0,16...0,22	0,13...0,26

Таблица 5 – Стойкость резцов из быстрорежущей стали и твердых сплавов

Сечение, мм	Стойкость, мин	
	Быстрорежущая сталь	Твердый сплав
16– 25	60	90
20– 30	60	90
25– 40	90	120
40– 60	120	150
60– 90	150	180

Таблица 6 – Режимы токарной обработки восстановлением деталей

Способ восстановления	Вид обработки	Материал инструмента	Режимы резания		
			скорость резания v , м/мин	подача S , мм/об	глубина обработки t , мм
Наплавка	Черновая	T15K6,	46,0	0,2	1,0
		T14K8,B8	27,5	0,3	2,0
			19,0	0,4	3,0
	Чистовая	T15K6,	138	0,15	0,25
		T14K8,B8	104	0,20	0,50
			67	0,30	0,75
Термическое напыление порошковых материалов	Черновая	T15K6, T14K8,B8	20	0,30	0,50
	Чистовая	T15K6, T14K8,B8	40	0,15	0,20
Электролити- ческое железнение	Черновая	T15K6, T14K8,B8	30	0,50	2,00
	Чистовая	T15K6, T14K8,B8	60	0,12	0,20

Шлифование применяют тогда, когда твердость обрабатываемой поверхности превышает HRC 35...40, или когда нужно получить высокую точность обработки и малую шероховатость поверхности. Шлифование применяют либо сразу после покрытия, либо после предварительной токарной обработки

При обработке восстановленных поверхностей шлифованием с продольной подачей глубина шлифования принимается ,005...0,015 мм/проход для чистовой и 0,010...0,025 мм/проход для черновой обработки.

Число проходов определяется

$$i = \frac{z_z}{t}, \quad (3)$$

где z_z – припуск на шлифование (на сторону), мм.

Продольная подача, мм/об

$$S = S_d \cdot B_k \quad (4)$$

где S_d – продольная подача в долях ширины круга на один оборот детали;
 B_k – ширина шлифовального круга, мм; $B_k = 20 \dots 60$.

Продольная подача для чернового шлифования восстановленных поверхностей деталей диаметром менее 20 мм принимается 0,3...0,5 B_k , более 20 мм – 0,6...0,7 B_k . Для чистового шлифования принимают 0,2...0,3 B_k .

Окружную скорость детали V_d для чернового шлифования принимают 20...80 м/мин, а для чистового – 2...5 м/мин.

Скорость продольного перемещения стола $V_{ст}$, м/мин

$$V_{ст} = \frac{S \cdot n_d}{1000}. \quad (5)$$

Ориентировочные режимы шлифования приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Режимы шлифования восстановленных деталей

Способ восстановления	Вид обработки	Материал шлифовального круга	Режимы обработки			
			скорость вращения круга, v_k , м/с	скорость вращения детали, м/мин	продольная подача камня, м/мин	глубина резания, t , мм
1	2	3	4	5	6	7
Наплавка	черновая	Нормальный электрокорунд, зернистость 40...50, твердость СТ...СТ1, связка керамическая	25...30	10...15	0,7...1,2	0,01...0,05
	чистовая	Белый электрокорунд, зернистость 25...40, твердость СМ2...СМ1, связка керамическая	30...32	12...15	0,4...0,7	0,008...0,01
Термическое напыление порошковых материалов	черновая	Нормальный электрокорунд, зернистость 46...60, твердость СМ2...СМ1, связка керамическая	10...30	6...15	0,5...0,7	0,01...0,03
	чистовая	«-»	20...30	3...6	0,3...0,5	0,008...0,01
Контактная приварка металлической ленты	чистовая	Белый электрокорунд, зернистость 25...40, твердость СМ2...СМ1, связка керамическая	30...40	25...30	0,2...0,3	0,008...0,01
Электролитическое железнение	чистовая	Синтетический алмаз АСП10К6, АСП15К8, АСП25К6-50, АСП30К6-50	25...35	20...25	1,0...1,5	0,01...0,02
Электролитическое хромирование	чистовая	Нормальный электрокорунд, зернистость 40...50, твердость СТ...СТ1, связка керамическая	30...40	15...20	1,0...1,5	0,008...0,01

Покрyтия из Сормайта рекомендуется обрабатывать шлифовальным кругом 34А40СМ16К из хромистого электрокорунда, а покрyтия УС-25 и ФБХ-6-2 – шлифовальным кругом 64С25См16К из карбида кремния.

Черновое шлифование ведут с окружной скоростью круга и детали соответственно 35 м/с и 11 м/с. Данные о поперечной подаче при врезном шлифовании приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Значения минутной подачи при врезном шлифовании твердосплавных покрытий

Диаметр детали, мм	Частота вращения, мин ⁻¹	Обрабатываемый материал	Подача, мм/мин, при длине шлифования, мм			
			15	25	35	45
40	95	сормайт	3,9	2,3	1,67	1,3
80	50		1,95	1,15	0,83	0,65
40	95	ФБХ-6-2	2,2	1,3	1,0	0,74
80	50	УС-25	1,1	0,66	0,47	0,37
40	95	ПГ-ХН90СР3	1,6	0,95	0,65	0,55
80	50		0,8	0,45	0,35	0,25

При ремонте гильз цилиндров, обработке отверстий нижних головок шатунов, тормозных цилиндров используют алмазное хонингование. Применяют бруски, содержащие синтетические алмазы марок АСР, АСВ, и АСК. Окружная скорость вращения хонинговальной головки 70...80 м/мин, скорость ее возвратно-поступательного движения 12...15 м/мин, давление брусков 0,3...1,5 МПа.

Для получения высокого класса шероховатости используют полирование алмазными (абразивными) лентами типа ЛСВТ зернистостью 8-М28 или типа АЛШБ, АСО-100-Р9 зернистостью 80/63...40/28. Скорость перемещения ленты 35 м/с, поперечное колебательное движение с амплитудой 2...6 мм и частотой 300...900 колебаний в 1 мин.

3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

По заданию преподавателя определить режимы механической обработки покрытия (см. приложение А).

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1 В чем заключаются особенности механической обработки восстановленных деталей?

2 Как проводится выбор установочных баз при механической обработки восстановленных деталей?

3 Какой инструмент применяют для обработки поверхностей, восстановленных наплавкой?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4 «ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ»

1 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Восстановление детали – технологический процесс возобновления исправного состояния и ресурс детали путем возвращения утраченной из-за изнашивания части материала и (или) доведения до нормативных значений свойств, изменившихся в процессе эксплуатации.

Технологический процесс восстановления – это процесс, содержащий целенаправленные действия по изменению определенного состояния деталей с целью восстановления их эксплуатационных свойств.

Процесс восстановления детали включает операции: очистки, определения технического состояния (дефектации), принятия решения по технологии восстановления, восстановления (создания ремонтных заготовок с припуском на восстанавливаемых поверхностях; термической, химико-термической и механической обработки; поверхностного или объемного пластического деформирования; нанесения покрытий), контроля и консервации. Основное содержание процесса восстановления заключается в выполнении операции по созданию припуска на поверхностях детали, термической и механической обработки.

В зависимости от количества изделий, охватываемых процессом ремонта (ГОСТ 3.1109), установлены следующие технологические процессы:

– *единичный* – технологический процесс ремонта изделия одного наименования, типоразмера и исполнения независимо от типа производства (восстановление головок блока двигателей А-41).

– *типовой* – технологический процесс ремонта группы изделий с общими

конструктивными и технологическими признаками (валы КПП);

– *групповой* – технологический процесс ремонта изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками (восстановление группы деталей или устранение дефектов различной конфигурации в конкретных условиях их производства на специализированных рабочих местах).

В таблице 1 представлен пример разделения технологических процессов по этому признаку.

Таблица 1

Процесс	Вид процесса
Очистка	групповой, единичный
Разборка	единичный
Дефектация	Единичный, типовой
Сборка	единичный
Обкатка, испытание	единичный
Окраска, консервация	Групповой, единичный
Восстановление	Типовой (предпочтительно), единичный

По назначению технологические процессы подразделяют на рабочие и перспективные. *Рабочий* процесс разрабатывают для конкретного ремонтного предприятия, ремонтной мастерской с учетом использования имеющегося оборудования, оснастки и инструмента. *Перспективный* процесс разрабатывают с учетом современных достижений науки, техники и передового опыта.

По степени детализации технологические процессы классифицируют по трем вариантам описания:

– *маршрутное* – сокращенное описание операций, выполняемых по маршрутной карте (МК), в которой их содержание излагается укрупненно, без указания переходов и режимов обработки;

– *маршрутно-операционное* – сокращенное описание операций, выполняемых по МК или карте технологического процесса (КТП), в которых содержание большей части из них излагается коротко, без указания переходов и режимов обработки, а отдельные операции даются полно, с указанием переходов и режимов обработки;

– *операционное* – полное описание всех операций в последовательности

их выполнения с указанием переходов и режимов обработки.

Цель производства по восстановлению деталей заключается в экономически эффективном возобновлении надежности в результате наиболее полного использования остаточной долговечности детали. Поэтому одной из главных проблем развития ремонтного производства является организации восстановления и совершенствование технологических процессов возобновления ресурса.

Организация восстановления связана с решением следующих задач:

- обоснование номенклатуры и объемов восстанавливаемых деталей для данного уровня производства;
- выбор рационального способа восстановления и обоснования технологических процессов восстановления;
- обоснование типажа и количества ремонтно-технологического оборудования, приспособлений и инструмента;
- расчет экономической целесообразности восстановления

Действует трехуровневая система производства по восстановлению изношенных деталей

1. цехи и участки восстановления деталей при специализированных ремонтных предприятиях. Номенклатура и объем восстанавливаемых деталей в них зависят от специализации и программы ремонтируемых машин и агрегатов.
2. участки и посты при мастерских общего назначения. Восстанавливают детали широкой номенклатуры с использованием универсального оборудования.
3. участки и посты в ремонтных мастерских.

Для 1-го и 2-го уровня действуют следующие направления (стратегии):

А) объемы восстановления определяют наличием ремонтного фонда, восстанавливают все ремонтнопригодные детали. Новые запасные части применяют только вместо выбракованных. Такая стратегия применяется к тем деталям, восстановление которых дает большой экономический эффект и способствует снижению себестоимости ремонта.

Б) объемы восстановления определяют наличием запасных частей, число которых лимитировано. Восстанавливают лишь недостающие детали. Данное

направление целесообразно использовать для деталей, восстановление которых требует высоких трудовых и материальных затрат.

В) сочетание двух предыдущих, т.е. пока запас новых величин превышает страховую величину – первая стратегия, если запас ниже – вторую.

Большое разнообразие деталей с.-х техники, отличающееся по размерам, форме, шероховатости поверхности и изготавливаемых на различном технологическом оборудовании с разной технологической оснасткой, порождает многообразие технологических процессов и различные затраты труда на их ремонт.

Сокращение числа технологических процессов и разработка общих принципов их проектирования могут быть осуществлены на основе типизации технологических процессов, основывающихся на классификации деталей по конструктивно-технологическим признакам.

В качестве конструктивных признаков рассматриваются: геометрические размеры, материал и масса детали, точность изготовления, шероховатость поверхности. Основными технологическими признаками являются: вид износа, общность дефектов и их сочетаний, применяемые способы и средства восстановления.

Базируясь на конструктивно-технологические признаки, и учитывая возможность применения того или иного способа восстановления, предложено разделять детали на 15 групп: 1 – блоки и головки цилиндров, корпусные детали; 2 – корпуса КПП, редукторов и других деталей трансмиссии; 3 – коленчатые и распределительные валы; 4 – гильзы цилиндров, поршни; 5 – шатуны, кронштейны, вилки; 6 – поршневые пальцы, клапаны, толкатели; 7 – шкивы, маховики, диски сцепления; 8 - стаканы, ступицы колес и шкивов; 9 – шлицевые и карданные валы, оси; 10 – прецизионные детали топливной аппаратуры и гидросистем; 11 – шестерни, звездочки, шлицевые втулки; 12 – звенья гусениц, колеса, барабаны; 13 – опорные катки, поддерживающие ролики и ведущие колеса; 14 – лемеха, лапы, диски, отвалы; 15 – планки, звенья и пальцы транспортеров.

Каждая группа деталей в устранении основных дефектов в условиях различных типов производств существенно отличается. Если в условиях специализированных предприятий и крупных цехов по восстановлению деталей устраняют

все их дефекты, то в условиях небольших цехов и участков устраняются лишь менее сложные дефекты, применяя при этом сравнительно простую технологию, не требующую использования точного и высокопроизводительного оборудования.

Восстановление изношенных деталей даже одного наименования, как правило, нельзя организовать по единой технологии на одном общем потоке, поскольку они имеют различные дефекты.

1.1 Этапы разработки технологических процессов

Для проектирования технологических процессов восстановления необходима базовая, руководящая и справочная информация.

Базовой информацией принято считать данные, которые отражены в конструкторской документации на изделие и программу его восстановления.

Руководящая информация – это сведения, которые содержатся в стандартах на технологические и процессы и методы управления ими, на оборудование и оснастку; в документации на перспективные способы восстановления; в производственных инструкциях.

Справочная информация содержится в действующих технологических процессах; описаниях прогрессивных способах восстановления деталей; каталогах и справочниках современного оборудования и технологической оснастки; материалах по выбору технологических нормативов (режимов обработки, припусков, норм расходов материалов и т.д.).

Процесс проектирования осуществляется путем последовательного решения этапов (рисунок 1). Алгоритм разработки технологических процессов ремонта согласно представленной схеме, приведен ниже.

На первом этапе проводят анализ исходных данных для разработки процессов: изучение конструкторской документации на изделие, технических требований на разборку, дефектацию, восстановление. Также рассматривают структуру и организационные возможности ремонтной базы.

Далее проводят поиск аналога единичного или выбор типового процесса, для чего рассматривают документацию рабочих или перспективных единич-

ных, типовых или групповых процессов.

На третьем этапе – составляют маршрут восстановления деталей или разборки, сборки, дефектации, обкатки и испытания сборочной единицы, агрегата или машины. Для чего выбирают возможные способы, применяемые при восстановлении, уточняют состав средств технологического оснащения, последовательность операций. Разбиение технологического процесса восстановления на операции определяется типом производства, основной характеристикой которого является коэффициент закрепления операций $K_{з.о}$, характеризующий число технологических операций, приходящееся на одно рабочее место за месяц. Степень разбиения технологического процесса на операции увеличивается с уменьшением значения $K_{з.о}$: если $20 < K_{з.о} < 40$, то это мелкосерийное производство; при $10 < K_{з.о} < 20$ – среднесерийное; в случае $1 < K_{з.о} < 10$ – производство крупносерийное.

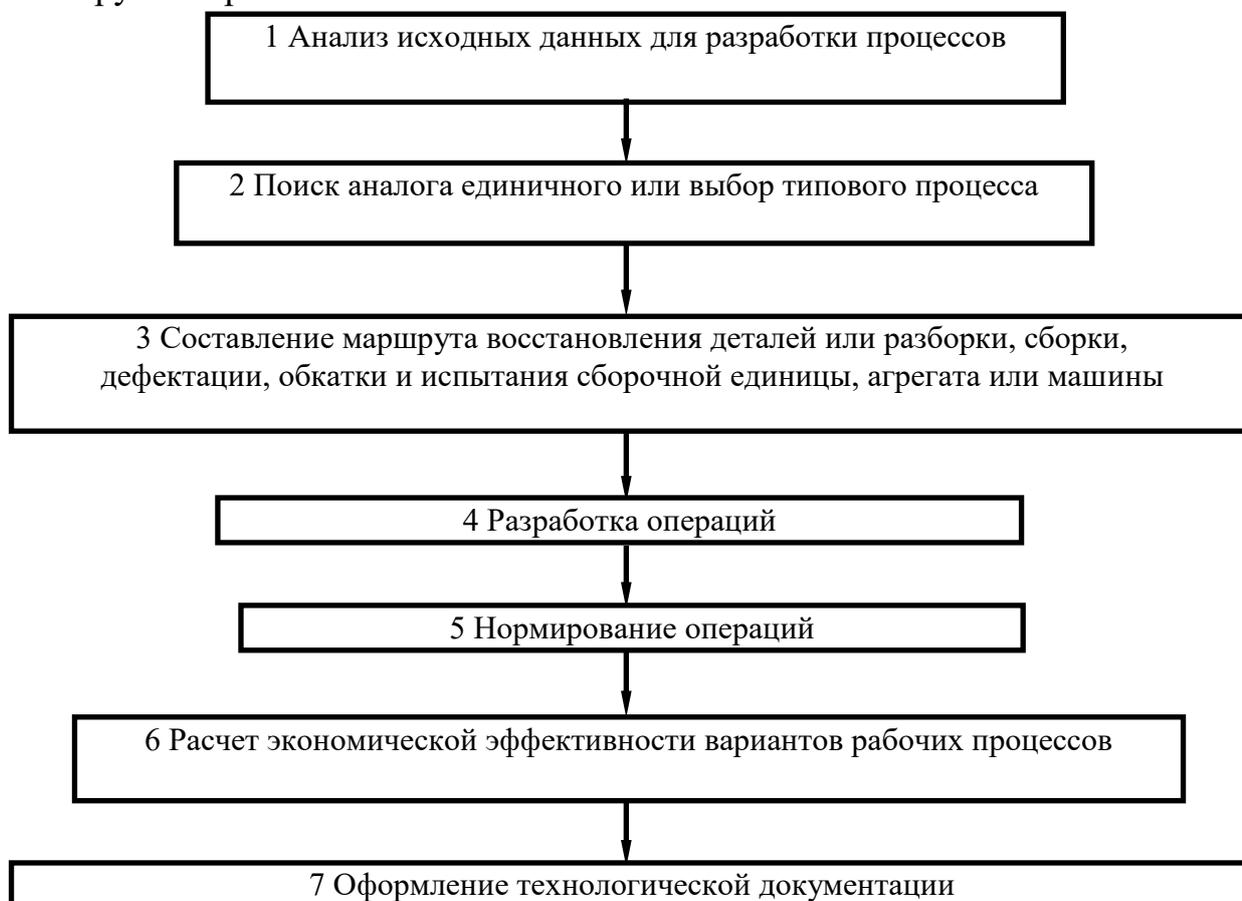


Рисунок 1 – Этапы разработки технологического процесса ремонта

Затем приступают к разработке операций и выбору средств измерения и инструмента.

Нормирование операций сводится к расчету припусков и оптимальных режимов времени на обработку. На этом этапе также определяют разряд работ и производят расчет норм выработки.

В ходе расчета экономической эффективности вариантов рабочих процессов определяют оптимальный вариант рабочего процесса.

Последним этапом является оформление технологической документации (заполнение форм технологической документации).

По результатам выполнения 1-4 этапов должны быть выбраны наиболее целесообразные для данных условий ремонтно-обслуживающего предприятия технологические способы, оборудование, приспособления, средства измерения и маршруты восстановления деталей или ремонта сборочной единицы, агрегата или машины. Порядок разработки, согласования и утверждения ремонтной документации выполняют в соответствии с ЕСТПП и ЕСКД.

Таким образом, при разработке технологического процесса восстановления детали, рекомендуется придерживаться следующей последовательности.

1 Комплексный анализ: конструкции детали, условий её работы в сборочной единице, а также технических требований к детали и к её отдельным элементам; материала, термообработки и твёрдости; точности обработки и шероховатости рабочих поверхностей, а также их взаимного расположения; величины и характера износа.

2 Изучение технических условий на дефектацию; анализ причин возникновения дефектов, определение влияния отдельных дефектов на работу детали.

3 Разработка ремонтного чертежа восстанавливаемой детали и обоснование технологических баз.

4 Разработка вариантов маршрутного и (или) операционного технологических процессов восстановления поверхности на основе: выбора рационального способа устранения дефектов; использования различных видов обработки для одной и той же поверхности; различной степени концентрации и диффе-

ренциации операций; применения оборудования различной производительности и разных приспособлений, инструментов при выполнении одной и той же операции; использования различных методов организации технологического процесса.

5 Выбор рациональной последовательности и содержания технологических операций и переходов.

6 Выбор технологического и подъёмно-транспортного оборудования и оснастки с учётом ГОСТ на ЕСТПП.

7 Расчёт: межоперационных размеров, допусков и припусков; рациональных режимов обработки и нормирование затрат труда и материалов на реализацию технологических процессов; определение профессии и квалификации исполнителей.

8 Определение экономической эффективности восстановления детали по принятому технологическому процессу.

9 Оформление технологической документации на технологический процесс восстановления детали.

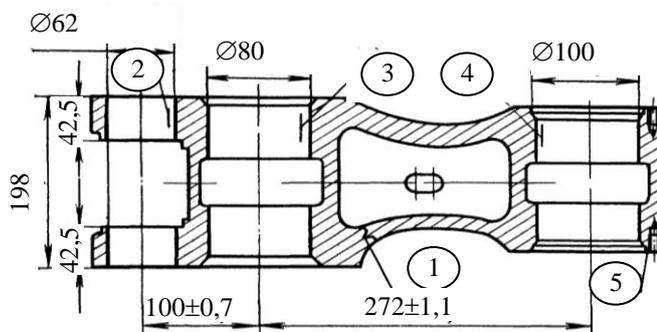
1.2 Анализ объекта ремонта

Составление технической характеристики детали выполняется на основе изучения рабочего чертежа детали и технологического процесса ее изготовления. К основным параметрам восстанавливаемой детали относят: материал из которого изготовлена деталь, твердость, массу и габаритные размеры, качество обработки поверхностей.

Анализ состояния детали начинают с установления причин потери работоспособности. Для этого изучается конструкция сборочной единицы, в которую входит деталь, а также условия ее работы. Наиболее распространенные дефекты детали сводят в таблицу (рисунок 2).

Наименование сборочной единицы:
ходовая система
трактора Т-150

Наименование детали:
балансир внешний
материал – сталь 45Л;
масса – 28,6 кг;
твердость 156...241 НВ



№	Наименование дефекта	Размеры, мм		Способы и средства контроля
		по чертежу	допустимые	
1	Трещины поверхности	Не допускаются		Осмотр
2	Износ поверхности под ось качания	62 ^{+0,046}	62,9	Нутромер НИ 50-100-2
3	Износ поверхности отверстия под цапфу	80 ^{+0,046}	157	Нутромер НИ 100-160-2
4	Износ поверхности отверстия под подшипники оси катков	100 ^{+0,023} -0,012	100,05	Нутромер НИ 100-160-2
5	Повреждение резьбы и облом болтов в отверстии	Не допускаются		Осмотр

Рисунок 2 – Анализ объекта ремонта

1.3 Разработка маршрутов восстановления

Тип производства является организационно-технологической характеристикой производственного процесса ремонта и оказывает существенное влияние на разработку технологического процесса, выбор способа восстановления, оборудования и инструмента. В ремонтном производстве различают три основных типа производства: единичное, серийное и массовое.

В зависимости от типа производства, восстановление деталей может быть организовано по подефектной, маршрутной, групповой и маршрутно-групповой технологиям.

При *подефектной технологии* изношенные детали формируются в небольшие партии для устранения каждого отдельного дефекта, причем комплектование деталей в партии осуществляется только по наименованиям. После устранения дефекта эта партия распадается. Такая форма организации имеет ряд существенных недостатков и применяется только на предприятиях с небольшими объемами восстановления.

Маршрутная технология основана на взаимосвязи дефектов, минимальном перемещении деталей, наименьшей разницей в трудоемкости устранения дефектов, объединении различных дефектов, которые могут быть устранены на общих рабочих местах одинаковыми технологическими способами. При восстановлении по этой технологии одноименные детали восстанавливают партиями, скомплектованными по наличию общих сочетаний дефектов для определенного технологического маршрута. Он характеризуется тем, что партия, не распадается в процессе ее восстановления, а сохраняется от начала и до конца маршрута.

При *групповой технологии* детали классифицируются по конструктивным и технологическим особенностям, что позволяет объединить их в технологические группы. При этом учитываются следующие принципы: общность геометрических форм изношенных деталей, материала, термической обработки и точности обработки поверхности; наличие у каждой группы специфических дефектов; возможность применения однотипных способов восстановления и общность оборудования для их реализации. Формирование групп деталей проводят на участке дефектации.

Маршрутно-групповую технологию применяют при восстановлении деталей широкой номенклатуры с использованием преимуществ маршрутной технологии. В этом случае детали комплектуют в партии по сочетанию дефектов и технологическим признакам.

Применение маршрутной технологии позволяет повысить качество восстановления за счет выбора наиболее целесообразного способа восстановления на высокопроизводительном оборудовании. В качестве примера на рисунке 3 представлена схема технологического процесса восстановления головки цилиндров. В зависимости от сочетания дефектов восстановление головки цилиндров автотракторных двигателей может быть реализовано по четырем маршрутам (цифры I, II, III, IV на рисунке 3).

В общем случае количество технологических маршрутов восстановления может изменяться от одного, когда все изношенные детали с любым сочетанием дефектов объединяются в единый маршрут, до числа сочетаний де-

фектов, когда для детали с каждым отдельным сочетанием дефект он формируются в отдельный маршрут.

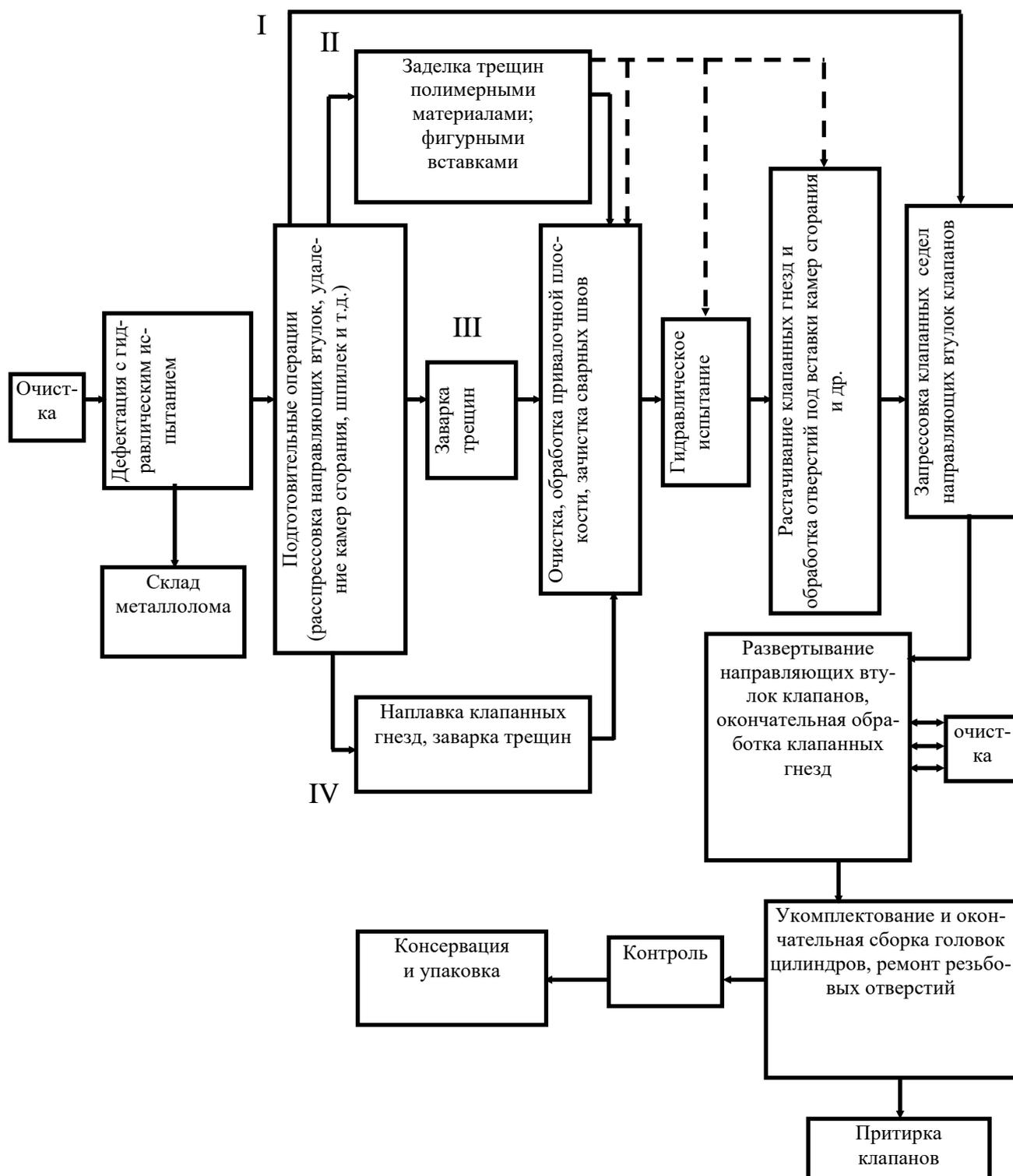


Рисунок 3 – Схема технологического процесса восстановления головки цилиндров при четырех технологических маршрутах

Изменение числа технологических маршрутов восстановления в значительной мере влияет на эффективность производства.

Увеличение числа маршрутов требует увеличения площадей для хранения деталей, ожидающих ремонта, так как одновременно будет формироваться столько партий деталей, сколько принято технологических маршрутов, а также увеличения затрат, связанных с усложнением организации и управления производством.

Снижение количества маршрутов, наоборот, сокращает время на комплектование производственной партии деталей, а, следовательно, снижает потребности в производственных площадях, но в том случае в каждый технологический маршрут объединяются детали с различными сочетаниями дефектов, а это значит, что в маршрут включаются детали как бы с «несуществующими» дефектами.

При формировании технологических маршрутов восстановления обычно руководствуются следующими положениями: 1) сочетание дефектов, но каждому маршруту должно быть устойчивым, 2) количество маршрутов по каждой ремонтируемой детали должно быть минимальным, 3) маршруты должны обеспечивать экономическую целесообразность их реализации.

Учитывая эти требования, обычно изношенные детали формируются в 2...4 маршрута.

1.4 Разработка технологических операций маршрута восстановления

В общем случае технологический процесс восстановления детали условно можно разбить на два этапа: восстановление геометрических размеров детали различными способами, среди которых наибольшее применение нашли способы, основанные на нанесении на изношенную поверхность покрытий и последующая механическая обработка нанесенных покрытий.

В тоже время в технологический процесс восстановления должны быть включены операции по подготовке изношенных поверхностей для восстановления (очистка, предварительная механическая обработка), а заканчиваться технологический процесс должен проведением контрольных операций. Особенности состава (операций) технологических процессов восстановления, методами, применяемыми в ремонтном производстве можно узнать в специальной литературе.

Таким образом, при составлении технологического маршрута восстановления определяют последовательность выполнения операций, обеспечивающих получение детали, отвечающей техническим требованиям. При этом придерживаются следующих рекомендаций.

1 В первую очередь назначают операции по восстановлению или созданию технологических баз.

2 Далее проводят операции, связанные с термическим воздействием на деталь (кузнечные, сварочные, наплавочные и т.д.), так как при этом, вследствие остаточных внутренних напряжений, возникает деформация деталей.

3 Операции, при выполнении которых производится сьем металла большой толщины, также выполняются в числе первых, так как при этом выявляются возможные внутренние дефекты.

4 Перед нанесением покрытий на изношенные части проводят механические операции по подготовке поверхности к наращиванию: обработка до удаления следов износа и придания правильной геометрической формы. В ряде случаев, например при металлизации, нанесении полимерных материалов, гальванических покрытий проводят специальные подготовительные операции, обеспечивающее более качественное сцепление нанесенного покрытия с основным металлом. Затем наносят покрытие, проводят черновую обработку, термообработку (по-необходимости), чистовую механическую обработку и контроль качества.

5 Механическую обработку после нанесения покрытия в первую очередь предусматривают для тех поверхностей, при снятии металла с которых в наименьшей степени уменьшается жесткость детали, исключается возможность прогиба и вибраций при обработке других поверхностей. Как правило, прежде всего, обрабатывается поверхность, относительно которой, скоординированы другие поверхности детали. В последнюю очередь обрабатывают легкоповреждаемые поверхности (наружная резьба). Помимо этого следует учитывать, что при составлении маршрута не рекомендуется совмещать черновые и чистовые операции, так как они выполняются с различной точностью.

5 Если при восстановлении детали применяется термическая обработка, то операции выполняются в такой последовательности: черновая механическая, термическая, чистовая механическая.

Содержание назначенных операций должно отражать полный объем работы для их выполнения, то есть должно включать вспомогательные и основные (технологические) переходы.

1.5 Обзор способов восстановления используемых в ремонтном производстве и рекомендации по их применению

В зависимости от физической сущности процессов и технологических признаков способы восстановления принято делить на десять групп.

1 *Слесарно-механическая обработка* (обработка под ремонтный размер, постановка дополнительной ремонтной детали, перекомплектовка). При слесарно-механической обработке износы поверхностей устраняют слесарной или механической обработкой с изменением их первоначальных размеров. Для получения необходимой посадки применяют соединяемые детали с измененными параметрами или ставят компенсатор износа.

2 *Пластическое деформирование* (вытяжка, оттяжка; правка (на прессах, наклепом), механическая раздача, гидротермическая раздача, электрогидравлическая раздача, раскатка, механическое обжатие, осадка, накатка, электромеханическая высадка). Используя способы, основанные на пластическом деформировании, размеры изношенных поверхностей восстанавливают за счет перераспределения металла от нерабочих участков к рабочим, причем объем детали остается постоянным. Способы характеризуются простотой, высокой производительностью и качеством.

3 *Нанесение полимерных материалов* (напыление: газопламенное; в псевдосжиженном слое (вихревое, вибрационное, вибровихревое; опрессовка, литье под давлением, нанесение шпателем, валиком, кистью). Технология нанесения полимерных материалов отличается простотой и доступностью, низкой себестоимостью, высокой производительностью и хорошим качеством.

4 *Ручная сварка и наплавка* (газовая, дуговая, аргонодуговая, кузнечная, термитная, плазменная, контактная). Широко распространена в ремонтном производстве из-за простоты и доступности ручная сварка и наплавка, однако она малопроизводительна, металлоемка и не всегда обеспечивает требуемое качество.

5 *Механизованная дуговая сварка и наплавка* (автоматическая под флюсом; в среде защитных газов: аргоне; углекислом газе, с комбинированной защитой; дуговая с газопламенной защитой; вибродуговая; порошковой проволокой или лентой; широкослойная; лежачим электродом; плазменная; многоэлектродная). При механизированной дуговой сварке и наплавке источником теплоты для плавления присадочного материала и поверхности детали служит теплота электрической дуги. 70...80 % изношенных деталей восстанавливают сварочно-наплавочными способами, но из-за ряда факторов (термическое воздействие на основной металл, значительные припуски на механическую обработку, коробление) целесообразны при восстановлении сильноизношенных деталей.

6 *Механизированные бездуговые способы сварки и наплавки* (индукционная (высокочастотная); электрошлаковая; контактная сварка и наварка; трением; газовая; электроннолучевая; ультразвуковая; диффузионная; лазерная; взрывом; магнитоимпульсная; печная наварка). Источником теплоты при механизированной бездуговой сварке и наплавке служат потери от вихревых токов, Джоулева теплота, теплота сгораемых газов и пр. Этим способам присущи недостатки дуговых способов сварки и наплавки.

7 *Газотермическое напыление* (металлизация) (дуговая; газопламенная; плазменная; детонационная; высокочастотная; электроимпульсная; ионноплазменная). Газотермическое нанесение (металлизация) заключается в напылении расплавленного присадочного материала (металл, полимеры и т.д.) с помощью сжатого воздуха на подготовленную поверхность детали. Способы различаются в зависимости от источника теплоты: дуговое – теплота электрической дуги; газопламенное – газового пламени и т.д. Нанесение металла называют металлизацией. Способы характеризуются высокой производительностью. Серьезным не-

достатком является плохое сцепление покрытия с основным металлом.

8 *Гальванические и химические покрытия* (железнение: постоянным током, периодическим током, проточное, местное (вневанное); хромирование: проточное, струйное; меднение; цинкование; нанесение сплавов и композиционных покрытий; электроконтактное нанесение (электронатирание)). В основе гальванических способов лежит явление электролиза. Их различают по виду осаждаемого металла; роду используемого тока; способу осаждения. Высокопроизводительны, не оказывают термического воздействия на деталь, позволяют точно регулировать толщину покрытия, в ряде случаев исключить последующую механическую обработку. Недостатками является многооперационность, сложность и экологическая вредность технологии.

9 *Термическая и химикотермическая обработка* (закалка, отпуск; диффузионное: борирование, цинкование, хромирование, хромотитанирование, хромоазотирование). Термическую обработку применяют для упрочнения и восстановления физико-механических свойств деталей. Химикотермическую (диффузионная металлизация) – для восстановления и повышения износостойкости малоизношенных деталей.

10 *Другие способы* (заливка жидким металлом; намораживание; напекание; пайка; пайко-сварка; электроискровое наращивание и легирование).

Использование способов восстановления направлено на возобновление геометрической формы и размеров детали, взамен изношенных в процессе эксплуатации или внутреннего строения материала детали (рисунок 4).

Для компенсации износа и возобновления геометрических параметров детали проводят: наращивание поверхностных слоев материала взамен изношенных; пластическое деформирование для устранения пластических деформаций эксплуатационного происхождения или для перераспределения материала на восстановление размеров изношенного участка; замену части детали и установку дополнительных элементов; удаление части материала тем или иным способом обработки ее поверхностных слоев.

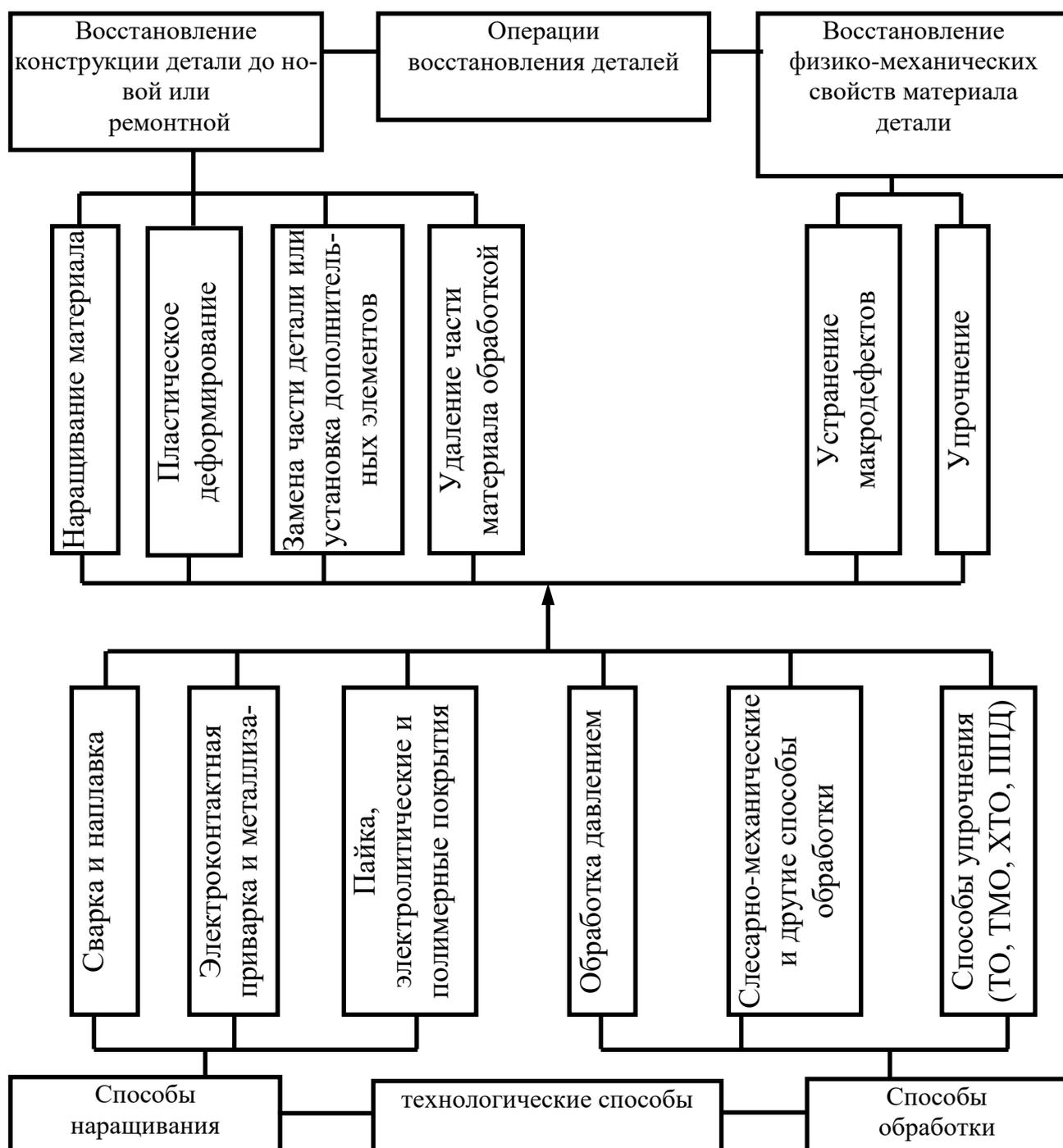


Рисунок 4 – Операции восстановления деталей и применяемые для этого технологические способы

К операциям по восстановлению физико-механических свойств материала деталей следует отнести устранение макроскопических дефектов (например, выявленных очагов разрушения) и упрочнение материала тем или иным способом обработки (термической, термомеханической, поверхностным пластическим деформированием) для ослабления вредного воздействия микроповре-

ждений в наиболее ответственных участках деталей (рисунок 4).

По степени теплового воздействия на деталь в процессе восстановления можно выделить способы, при которых:

- происходит перевод поверхностного слоя детали в зоне соединения в жидкую фазу без применения давления (методы на основе сварки плавлением и заливки жидким металлом);

- один или два соединяемых металла (поверхностный слой детали, присадочный материал) остаются в твердой фазе (газотермическое напыление, пайка, сварка давлением);

- используются дополнительные элементы (вставки, стяжки, пластины и т.д.), химические и электрохимические методы, полимерные материалы.

Необходимо учитывать, что в зависимости от способов восстановления затраты снижаются в такой последовательности: замена части детали → установка дополнительной детали → электролитическое наращивание → сварка и наплавка → восстановление полимерными материалами → восстановление обработкой под ремонтный размер (самый дешевый).

Исходя из анализа современных способов восстановления можно предложить рекомендации по их применению, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Способы восстановления деталей и область их применения

Способ восстановления	Область применения
1	2
СВАРКА	
ручная дуговая	Заварка трещин, обломов, приварка накладок, вставок, заплат, наплавка износостойких материалов
автоматическая и механизированная дуговая	Заварка трещин, обломов, приварка накладок, вставок, заплат, сварка тонколистового материала
аргодуговая	Сварка и наплавка алюминия и коррозионно-стойких сталей
газовая	Заварка трещин, обломов, сварка тонколистового материала
контактная	Сварка тонколистового материала
трением	Стыковая сварка деталей и их элементов разной конфигурации при повышенных требованиях к качеству сварки
электрошлаковая	Приварка обломов, сварка крупногабаритных деталей
электронно-лучевая	Сварка ответственных деталей с высокой точностью

ультразвуковая	Сварка цветных металлов, стали
взрывом	Сварка разнородных материалов
давлением	Сварка деталей и их элементов, различных по конфигурации
НАПЛАВКА	
дуговая под флюсом	Наплавка деталей диаметром более 50 мм при повышенных требованиях к качеству наплавленного материала с толщиной наплавленного слоя более 1 мм
дуговая в углекислом газе	Наплавка стальных деталей диаметром более 16 мм широкой номенклатуры, работающих в различных условиях
дуговая порошковой проволокой или лентой	Наплавка износостойких слоев на деталях, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания, ударных нагрузок
аргоно-дуговая	Наплавка алюминиевых деталей и деталей из коррозионно-стойких сталей
контактная	Наплавка гладких цилиндрических внутренних и наружных поверхностей с износом не более 1 мм
вибродуговая	Наплавка стальных деталей, работающих в различных условиях при невысоких требованиях к сопротивлению усталости
газовая	Наплавка цилиндрических и профильных поверхностей с местным износом при повышенных требованиях к износостойкости
плазменная	Наплавка ответственных деталей при повышенных требованиях к износостойкости и сопротивлению усталости
электрошлаковая	Наплавка деталей со значительным износом, превышающим 6 мм по толщине
индукционная	Наплавка износостойких материалов
ГАЗОТЕРМИЧЕСКОЕ НАПЫЛЕНИЕ	
газопламенное	Наружные и внутренние цилиндрические поверхности, работающие при отсутствии динамических нагрузок
дуговое	Наружные и внутренние цилиндрические поверхности с невысокими требованиями к прочности сцепления
плазменное	Наружные и внутренние цилиндрические поверхности
детонационное	Покрытия с особыми свойствами
ПЛАСТИЧЕСКОЕ ДЕФОРМИРОВАНИЕ	
раздача	Восстановление наружных поверхностей полых деталей
вытяжка	Восстановление длины детали
обжатие	Восстановление внутренних размеров детали
выдавливание	Местное деформирование с целью восстановления профиля и размеров рабочих поверхностей
оттяжка	Восстановление формы рабочих поверхностей
правка	Восстановление формы
термомеханическая обработка	Восстановление физико-механических характеристик. Упрочнение
ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ	
железнение	Восстановление наружных и внутренних поверхностей деталей с износом не более 0,2...0,5 мм
хромирование	Восстановление наружных и внутренних поверхностей деталей с износом не более 0,2 мм и высокими требованиями по износостойкости

НАНЕСЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
	Восстановление формы поверхности облицовок и оперений; антифрикционных, электроизоляционных и декоративных покрытий. Восстановление посадочных поверхностей, заделка трещин и пробоин
СЛЕСАРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ	
обработка под ремонтный размер	Восстановление формы и посадки
применение дополнительной ремонтной детали	Восстановление наружных поверхностей деталей, профильных поверхностей, отверстий, резьбовых соединений
ДРУГИЕ СПОСОБЫ	
Пайка	Восстановление герметичности
Диффузионная металлизация	Восстановление поверхностей с износом не более 0,02...0,05 мм, поверхностное упрочнение
Термическая и химико-термическая обработка	Восстановление физико-механических свойств, структуры материала, упрочнение
Заливка жидким металлом	Наплавка деталей со значительным износом при повышенным требованиям к износостойкости

Рассматривая способы восстановления применительно к различным видам сопряжений деталей можно сделать следующие выводы.

1 *Детали прецизионных пар дизельной топливной аппаратуры* имеют износ не более нескольких микрон. Рекомендуемые способы восстановления – исправление геометрической формы поверхности отверстия втулок и поверхности плунжеров с последующим нанесением на поверхность износостойкого слоя химическим никелированием или гальваническим хромированием и механической обработкой (доводкой и притиркой), диффузионной металлизацией.

2 *Валы и оси, имеющие посадочные поверхности под подшипники и другие детали, предельный износ которых не превышает 0,3 мм.* Целесообразно восстанавливать гальваническим хромированием или железнением, вибродуговой, плазменной наплавкой, наплавкой в среде углекислого газа, электроконтактной приваркой стальной ленты.

3 *Цилиндрические стальные детали с предельным износом от 0,3 до 2 мм* – вибродуговой наплавкой; наплавкой в среде CO₂; электроконтактным напеканием металлических порошков; железнением; электроконтактной приваркой стальной ленты.

4 *Цилиндрические детали с предельными износами более 2 мм и диаметром рабочей части более 50 мм* (опорные катки, поддерживающие ролики и т.д.). Предпочтительно восстанавливать способами, позволяющими получить покрытия значительной толщины: наплавка под слоем флюса; электрошлаковая наплавка; заливка жидким металлом.

5 *Стальные и бронзовые детали с износом, компенсируемым конструктивным запасом металла самой детали* (поршневые пальцы, бронзовые втулки). Их можно восстанавливать пластической деформацией в холодном и горячем состоянии.

6 *Стальные детали с местным износом на цилиндрических поверхностях* (шлицевые валы, коромысла клапанов) восстанавливают пластическим деформированием, ручной наплавкой изношенных мест, вибродуговой наплавкой или автоматической наплавкой под слоем флюса.

7 *Чугунные детали с местным износом* – ручной сваркой и наплавкой с применением специальных электродов.

8 *Чугунные и другие детали с трещинами и пробоинами*. Трещины в чугунных деталях заделывают холодной сваркой и наплавкой; нанесением эпоксидных композиций; слесарно-механическими способами.

9 *Детали из алюминиевых сплавов с трещинами, коррозионными разрушениями, поломками*. Восстанавливают аргонодуговой и газовой сваркой с применением специальных флюсов или без них.

10 *Клапанные и другие пружины сжатия*. Наиболее рациональный способ восстановления таких деталей – поверхностный наклеп фасонным роликом при обкатывании поверхности витков.

11 *Массивные стальные детали с большим износом* целесообразно восстанавливать заливкой металла и электрошлаковой наплавкой.

1.6 Подбор технологического оборудования и оснастки

Правильность подбора параметров режимов, присущих тем или иным способам восстановления, непосредственно влияют на ресурс восстановленных

деталей, особенно при нанесении покрытий. Кроме того, они должны обеспечивать выполнение технических требований к восстановленной детали, изложенных на ремонтном чертеже. Методики расчета и выбора параметров технологических режимов даны ниже.

Оборудование и технологическая оснастка принимается для конкретных производств восстановления. На крупных специализированных ремонтных предприятиях с большой программой, позволяющей полностью загрузить оборудование, повышение производительности и снижение затрат на восстановление может быть достигнуто путем организации ремонта на поточно-механизированных линиях. На участках по восстановлению деталей в более мелких ремонтных предприятиях, как правило, используют универсальное оборудование.

Выбор оборудования в зависимости от его функционального назначения, технических возможностей и требуемой степени механизации и автоматизации операций проводят по литературе [3, 14, 15]. При этом следует принимать во внимание: вид обработки; требуемую точность и шероховатость поверхности детали; соответствие проектируемой операции назначению и производительности оборудования; экономичность выполнения операций и удобство работы; габаритные размеры (высота центров, расстояние между центрами); кинематические характеристики (частота вращения шпинделя, подача); принятую схему базирования. Таким образом, подбор технологического оборудования производится, учитывая, что:

- оборудование должно обеспечивать формирование восстановленных поверхностей, соответствующих техническим требованиям;
- габаритные размеры оборудования должны соответствовать габаритным размерам восстанавливаемой детали;
- использование выбранного оборудования должно быть наиболее эффективным по сравнению с другим.

Выбор *технологической оснастки* производится на основе анализа возможности реализации технологического процесса, технических возможностей оснастки, а также конструктивных характеристик детали и восстанавливаемых поверхностей. Технологическая оснастка должна, по-возможности, подби-

раться стандартизованных типоразмеров с указанием общепринятых обозначений. Если для проектируемого технологического процесса восстановления детали отсутствуют серийная оснастка, то необходимо модернизировать существующую или разработать новые образцы, которые могут быть изготовлены в период технической подготовки производства. Выбор оснастки для выполнения механической обработки зависит от точности, которую необходимо получить, с учетом погрешности установки и требуемой производительности.

После выбора оборудования и оснастки заполняют ведомость оборудования и оснастки (таблица 3).

Измерительные средства выбирают в зависимости от величины допуска на размер, точности и формы обрабатываемой поверхности. Кроме того, необходимо учитывать, чтобы погрешность метода и средства измерения не превышали предельно допустимую погрешность измерения, которая должна составлять не более одной трети от величины допуска.

Координатные размеры при ремонте контролируют с помощью специальных приспособлений. Измерительный инструмент для контроля отклонений от прямолинейности, плоскостности и расположения поверхностей, и универсальные измерительные средства для определения численных значений размеров восстанавливаемых деталей принимают по справочной литературе [3].

Таблица 3 – Ведомость оборудования и оснастки для восстановления деталей газопламенным напылением порошковых материалов

Наименование оборудования и оснастки	Обозначение
Аппарат для напыления	021-4 ВНПО «Ремдеталь»
Вращатель	011-1-09 «Ремдеталь»
Установка для струйной обработки деталей	026-7 «Ремдеталь»
Станки токарные и круглошлифовальные	ЗВ1161, ЗА151, ЗБ12, ЗА423
Печь для сушки порошка	ТХ8-1479
Набор сит с сетками	N-01, N 004, №0071
Стол сварщика	Мод. С 10020 «Ремдеталь»
Стеллаж	ОРГ-1468-06-92А

2 ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Технологический процесс восстановления вала главного сцепления трактора Т-150 (Т-150К)

Наименование детали:

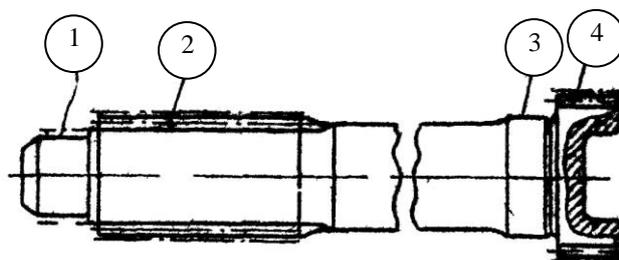
вал

материал – сталь 38ХГС;

масса – 2,5 кг;

твердость 45 HRC (поз. 2,4);

остальные поверхности 255...302 НВ



№	Наименование дефекта	Размеры, мм		Способы и средства контроля
		по чертежу	допустимые	
-	Трещины	Не допускаются		Осмотр
1	Износ шейки вала под шарикоподшипник	44,8	44,84	Микрометр МК 25-2
2	Износ шлицев по толщине	9,5	9,25	Калибр 0,10 мм
3	Износ шейки вала под манжету	50±0,012	49,8	Микрометр МК 50-2
4	Износ шлицев по толщине	5,226 ^{-0,130} _{-0,250}	4,80	Калибр 0,060 мм

В нашем случае имеют место следующие дефекты:

1 Износ поверхности шлицевых пазов под первичный вал коробки передач до ширины пазов более 6,55 мм;

2 Износ шлицев под ступицу ведомого диска до толщины шлицев менее 9,25 мм;

3 Износ поверхности вала под манжету до диаметра менее 49,80 мм;

4 Износ поверхности вала под шарикоподшипник до диаметра менее 44,84 мм.

Для устранения каждого дефекта может быть применено несколько способов, из которых нужно выбрать наиболее рациональные, т.е. технически обоснованные и экономически целесообразные (таблица 4).

Окончательно выбираем способ устранения дефектов с помощью наплавки в среде CO₂.

План операций технологического процесса разрабатывается для каждого в отдельности маршрута на основании изучения ремонтного чертежа детали.

Таблица 4 – Карта сочетания дефектов вала главного сцепления по маршрутам

№	Наименование дефекта	Номер маршрута	
		1	2
1	Износ поверхности шлицевых пазов под первичный вал коробки передач до ширины пазов более 6,55 мм	+	–
2	Износ шлицев под ступицу ведомого диска до толщины шлицев менее 9,25 мм	+	+
3	Износ поверхности вала под манжету до диаметра менее 49,80 мм	+	+
4	Износ поверхности вала под шарикоподшипник до диаметра менее 44,84 мм	+	+

Примечание: «+» - дефекты устраняются; «–» - дефекты не устраняются

Примерный план технического процесса восстановления вала главного сцепления Т-150 и приведен в таблице 5.

Таблица 5 - Примерный план технического процесса восстановления вала главного сцепления Т-150 К

№ операции	Наименование и содержание операции
005	Очистная
010	Дефектовочная
015	Расточная (деф. 1). Расточить поверхность шлицевого отверстия под первичный вал коробки передач на токарном станке так, чтобы диаметр отверстия был на 1,5 мм больше внутреннего диаметра шлицев
020	Слесарная (деф. 1). Запрессовать ремонтную шлицевую втулку.
025	Наплавочная (деф. 1, 2, 3, 4). Приварить в нескольких местах запрессованную шлицевую втулку, наплавить изношенные шлицы продольными валиками, наплавить изношенные поверхности под манжету и шарикоподшипник
030	Токарная (деф. 1, 2, 3, 4). Проточить места приварки втулки, проточить шлицевую часть вала и поверхности под манжету и шарикоподшипники по наружному диаметру
035	Фрезерная (деф. 2). Фрезеровать шлицы
040	Шлифовальная (деф. 2). Шлифовать шлицы
045	Шлифовальная (деф. 3, 4). Шлифовать поверхности под манжету и шарикоподшипники по наружному диаметру
050	Полировальная (деф. 4). Полировать поверхность под шарикоподшипники по наружному диаметру
055	Термическая (деф. 1, 2, 3, 4). Провести упрочнение наплавленных поверхностей поверхностной закалкой ТВЧ
060	Контрольная
065	Маркировка, консервация, упаковка

Выбор и расчет режимов резания осуществляем с помощью справочной и учебной литературы:

Операция 015. Расточная

Оборудование: станок токарно-винторезный 16К20.

Переход 1: установить деталь в патрон и закрепить.

Переход 2: расточить шлицевое отверстие до $\varnothing 93,5^{+0,035}$ мм на длину 22 мм.

Глубина резания: для черновой обработки $t = 1,0$ мм; для чистовой обработки $t = 0,5$ мм.

Подача: для черновой обработки $S = 0,2$ мм/об; для чистовой обработки $S = 0,2$ мм/об.

Скорость резания: для черновой обработки $V = 46,0$ м/мин; для чистовой обработки $V = 104$ м/мин.

$$\text{Частота вращения, мин}^{-1} \quad n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (3)$$

Для черновой обработки $n = \frac{1000 \cdot 46}{3,14 \cdot 93} = 157,5 \text{ мин}^{-1}$. Принимаем $n_{„Т} = 200 \text{ мин}^{-1}$.

Для чистовой обработки $n = \frac{1000 \cdot 104}{3,14 \cdot 93,5} = 354,2 \text{ мин}^{-1}$. Принимаем $n_{„Т} = 350 \text{ мин}^{-1}$.

Переход 3: подрезать торец $\varnothing 114,5$ мм на глубину 6 мм, снять фаску 3 мм на 45° .

$t = 3,0$ мм, количество проходов $I = 2$, $S = 0,4$ мм/об, $V = 19$ м/мин.

$$n = \frac{1000 \cdot 19}{3,14 \cdot 114,5} = 52,8 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n_{„Т} = 50 \text{ мин}^{-1}$.

Переход 4: снять деталь.

Операция 025. Наплавочная

Переход 1: установить деталь на столе и закрепить.

Переход 2: Приварить в нескольких местах запрессованную шлицевую втулку, наплавить изношенные шлицы продольными валиками, наплавить изношенные поверхности под манжету и шарикоподшипник.

Для наплавки применяем наплавку в среде углекислого газа.

Силу тока и диаметр проволоки выбираем согласно рекомендаций.

Диаметр детали 50...70 мм, следовательно диаметр проволоки $d_{\text{пр}} = 1,4$ мм, сила тока $I_{\text{св}} = 150$ А, напряжение $U = 20$ В.

Скорость подачи проволоки:

$$V_{\text{пр}} = \frac{0,1 \cdot I_{\text{св}} \cdot U}{d_{\text{пр}}^2} = \frac{0,1 \cdot 150 \cdot 20}{1,4^2} = 153 \text{ м/ч.} \quad (4)$$

Шаг наплавки $S = (1,6 \dots 2,2)$.

$$d_{\text{пр}} = 2 \cdot 1,4 = 2,8 \text{ мм/об.} \quad (5)$$

Скорость наплавки:

$$V_{\text{н}} = \frac{0,785 \cdot d_{\text{пр}}^2 \cdot V_{\text{пр}} \cdot \eta}{h \cdot S \cdot a} = \frac{0,785 \cdot 1,4^2 \cdot 153 \cdot 0,85}{2 \cdot 2,8 \cdot 0,75} = 47,6 \text{ м/ч} \quad (6)$$

где η – коэффициент перехода электродного материала в наплавленный металл, принимаем равным 0,85;

h – заданная толщина наплавленного слоя, $h = 2$ мм;

a – коэффициент, учитывающий отклонения фактической площади сечения наплавленного слоя от площади четырехугольника с высотой h , равный 0,75.

Смещение электрода $L = (0,05 \dots 0,07)$, $d = 2,5 \dots 5$ мм. (7)

Вылет электрода равен 8...15 мм, расход углекислого газа составляет 8...20 л/мин. Наплавка осуществляется проволокой Нп-30ХГСА, твердость наплавленного слоя до 350 НВ.

Оборудование: стол для сварочных работ ОКС-7523, переносной сварочный полуавтомат А-1615.

Основные узлы А-1615: сварочный пистолет с кабелями, малогабаритный узел подготовки газа, трехфазный источник питания И103, баллон CO_2 , вместимостью 2 л. Габариты 1385x2338 мм.

Переход 3: снять деталь.

Операция 030. Токарная

Оборудование: станок токарно-винторезный 16К20.

Переход 1: установить деталь в патрон и закрепить.

Переход 2: Проточить места приварки втулки ($\varnothing 114,5$ мм, длина 5 мм)

Переход 3: Проточить шлицевую часть вала до $\varnothing 72^{+0,1}$ мм на длину 84 мм

Глубина резания $t = 0,5 \dots 1,0$ мм. Подача $S = 0,2$ мм/об. Скорость резания $V = 46,0$ м/мин.

$$\text{Частота вращения } n = \frac{1000 * 46}{3,14 * 72} = 203 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n_{„Т} = 200$ мин¹.

Переход 4: Проточить поверхность под манжету до $\varnothing 50^{+0,1}$ мм на длину 13,5 мм.

Глубина резания $t = 0,5 \dots 1,0$ мм. Подача $S = 0,2$ мм/об. Скорость резания $V = 46,0$ м/мин.

$$\text{Частота вращения } n = \frac{1000 * 46}{3,14 * 50,1} = 292 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n_{„Т} = 300$ мин¹.

Переход 5: Проточить поверхность шарикоподшипники по наружному диаметру до $\varnothing 45,1^{+0,1}$ мм на длину 22,5 мм.

Глубина резания $t = 0,5 \dots 1,0$ мм. Подача $S = 0,2$ мм/об. Скорость резания $V = 46,0$ м/мин.

$$\text{Частота вращения } n = \frac{1000 * 46}{3,14 * 45,1} = 324 \text{ мин}^{-1}.$$

Принимаем $n_{„Т} = 300$ мин¹.

Переход 6: снять деталь.

Операция 045. Шлифовальная

Оборудование: Станок точно-шлифовальный 3Б631А.

Переход 1: установить деталь в патрон и закрепить.

Переход 2: Шлифовать поверхность под манжету до $\varnothing 50^{-0,1}$ мм.

Переход 3: Шлифовать поверхность шарикоподшипники по наружному диаметру до $\varnothing 45^{+0,1}$ мм.

Скорость вращения круга $V_k = 30$ м/с. Скорость вращения детали $V_d = 10$ м/мин. Глубина резания 0,05 мм.

Переход 4: снять деталь.

Остальные режимы выбираем из справочной литературы.

3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

По заданию преподавателя схему технологического процесса восстановления детали предложенным в задании способом (См. Приложение А).

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие методы используют при восстановлении деталей машин?
2. Какую роль играет восстановление деталей в снижении себестоимости и повышении качества ремонта?
3. Что подразумевается под производственным и технологическими процессами, операцией?
4. Что входит в техническую документация на ремонт в соответствии с ЕСТД.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5 «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС РАЗБОРКИ (СБОРКИ) ОБЪЕКТА РЕМОНТА»

1 КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Разборка – это совокупность операций по разъединению всех объектов ремонта на детали и сборочные единицы в определенной последовательности.

Разборочно работы производятся в последовательности, предусмотренной технологическими картами, используя указанное в них технологическое оборудование: стенды, прессы, приборы, съемники, приспособления и инструмент. Строгая последовательность выполнения разборочно операций и применение механизированных средств при разборке облегчает сам процесс и предохраняет детали от повреждений.

Производственный процесс ремонта машин по мере концентрации ремонтного производства требует все большей детализации. В связи с этим возникает необходимость в предварительной разработке технологических схем на разборочно работы. Отличительная их особенность состоит в детальном указании последовательности разъединения каждой детали при разборке объекта ремонта, а в основу положен чертеж сборочной единицы. При этом реализуется оптимальный вариант, позволяющий выбрать лучшие технические условия на

выполнение работ с минимальными затратами труда и денежных средств. Оптимальный вариант облегчает последующее составление наиболее рациональных технологических карт на разборочные работы.

Технология разборки как документ включает описание состава и последовательности операций и переходов сборки изделия с технико-экономическими расчетами затрат труда, материалов, электроэнергии, количества необходимого оборудования и оснастки, числа производственных рабочих, производственной площади, трудоемкости и себестоимости сборки изделия. Разработка технологического процесса разборки осуществляется с учетом использования необходимости сокращения материальных, трудовых и энергетических затрат, всемерной механизации и автоматизации работ, использования передового опыта ремонтных предприятий, прогрессивных форм организации разборочно-сборочных процессов и создания наилучших условий труда.

Схему технологического процесса разборки изделия составляют, как правило, в укрупненном виде, без расчленения сборочных групп на детали. Развёрнутую схему разборки составляют только для сборочных групп. Схему разборки строят в направлении слева направо и начинают с условного обозначения изделия или сборочной группы. Условные обозначения отдельных деталей располагают слева, а сборочных групп – справа по направлению схемы разборки в последовательности снятия их с изделия. Порядок выполнения отдельных операций, требования к сохранению комплектности деталей соответствующих сопряжений дают в виде пояснений и дополнительных указаний под схемой разборки.

При составлении технологических карт на разборочные операции учитывают такие факторы технологической конструкции машин, как доступность и легкосъемность. Исходя из этого, разборку начинают с тех агрегатов и деталей, которые могут препятствовать снятию других сборочных единиц.

При выполнении сборочных операций следует учитывать, что не все детали могут обезличиваться. Например, не рекомендуется разукрупнять сборочные единицы, детали которых взаимосбалансированы, имеют взаимофиксированные положения (крышки шатунов и шатуны; коленчатый вал и махо-

вик), если их поверхности при изготовлении обрабатывались в сборе (крышки коренных подшипников и блок цилиндров), детали с резьбой повышенного класса точности и прецизионные

Следует отметить, что разборочно–сборочные операции составляют более половины от общей трудоемкости ремонта. Причем наибольший объем связан с разборкой резьбовых и прессовых соединений.

Резьбовые соединения разбирают с использованием специального инструмента (наборов гаечных ключей различных типов, ключей для шпилек, отверток, пассатижей, коловоротов со сменными торцевыми головками) или гайковертами различных типов (механические, электрические, гидравлические и пневматические). Категорически запрещается применять ударный инструмент.

Разборка соединений с гарантированным натягом требует не только применения механических усилий (давления), но зачастую для минимизации усилий используют нагрев охватывающей детали или охлаждение охватываемой. Выпрессовку следует проводить в направлении в котором деталь была установлена. Для распрессовки крупногабаритных деталей используют стационарные гидравлические прессы. Мелкие детали демонтируют с помощью переносных прессов или специальных и универсальных съемников.

Под *сборкой* понимают процесс соединения деталей в пары и узлы, деталей в агрегаты, агрегатов, узлов, деталей в машину с соблюдением кинематических схем, посадок, размерных цепей, заданных техническими условиями и сборочными чертежами.

Свойство технологического процесса сборки изделия обеспечивать соответствие действительных значений параметров изделий, заданным в технической документации называют точностью сборки. Точность сборки зависит от точности размеров и формы, шероховатости сопрягаемых поверхностей, их взаимного положения при сборке, технического состояния технологического оснащения и т.д. Аналитически точности сборки может быть определена с помощью сборочных размерных цепей.

На практике требуемая точность сборки достигается одним из следующих

методов:

1 полной взаимозаменяемости – требуемая точность сборки достигается путем соединения деталей без их выбора, подбора или изменения размеров. В данном случае все детали не должны иметь отклонений в размерах, превышающих допуски, установленные конструкторской документацией. Метод целесообразен при сборке соединений, состоящих из небольших размерных цепей, а также в серийном и массовом производстве.

2 неполной взаимозаменяемости – требуемая точность сборки достигается не у всех соединений при сопряжении деталей без их выбора, подбора или изменения размеров, а у заранее обусловленной их части. В данном случае допуски на размеры деталей должны быть преднамеренно расширены, что приводит к возможности появления брака.

3 групповой взаимозаменяемости (селективный метод) – требуемая точность сборки достигается путем соединения деталей, принадлежащих к одной из размерных групп на которые они предварительно рассортированы. Детали имеют расширенные поля допусков и требуют сортировки и комплектования для обеспечения требуемого допуска. В пределах каждой группы требуемая точность достигается методом полной взаимозаменяемости. Метод обеспечивает высокую точность сборки, но требует дополнительных операций (разбивка на размерные группы).

4 регулирования – требуемая точность сборки достигается путем изменения размера одной из деталей (группы деталей) соединения, называемой компенсатором, без снятия слоя металла.

5 индивидуальной пригонки – требуемая точность сборки достигается путем изменения размера компенсатора со снятием слоя металла (притирка клапанов).

Сборку изделий классифицируют по следующим основным признакам:

- по объекту сборки: узловая (сборка поршня с шатуном и кольцами, коленчатого вала с маховиком и сцеплением); общая (сборка агрегатов из узлов);
- по последовательности сборки: последовательная (сборочные операции

выполняются одна за другой); параллельная (выполняются одновременно) и последовательно–параллельную;

- по уровню механизации и автоматизации: ручная; механизированная; автоматизированная и автоматическая;

- по состоянию объекта сборки: стационарная (неподвижная) и подвижная сборка с непрерывным или периодическим перемещением собираемого изделия между рабочими местами сборки;

- по организации производства: типовая, поточная, групповая (поточная и непоточная) и единичная.

Сборка резьбовых соединений включает в себя: подачу деталей, их установку и предварительное ввертывание (вручную), подвод и монтаж инструмента, дотяжку и стопорение для предохранения от самоотвертывания.

При сборке резьбовых соединений должны быть обеспечены: соосность осей болтов, шпилек, винтов с резьбовыми отверстиями и необходимая плотная посадка в резьбе; отсутствие перекосов торца гайки или головки болта относительно поверхности сопрягаемой детали; соблюдение очередности и постоянства усилий затяжки крепежных деталей в групповых резьбовых соединениях.

Резьбовые соединения собирают с предварительной затяжкой, степень которой зависит от сил, нагружающих соединение. Необходимый момент затяжки достигается применением динамометрических ключей (контролируется по шкале, жестко зафиксированной на тарированном упругом стержне) и не должен превышать

$$M_{ЗАТ} \approx 0,1d^3\sigma_B, \quad (1)$$

где d – наружный диаметр резьбы; σ_B – предел прочности материала.

Во избежание перекоса деталей, закрепленных несколькими резьбовыми соединениями, следует строго соблюдать порядок затяжки и выполнять ее в два–три приема. Сначала затягивают средние гайки, затем соседние справа и слева и далее «по спирали» до крайних гаек. Гайки, расположенные по кругу, затягивают крест–накрест.

Резьбовые соединения, работающие при циклических нагрузках и вибрации, стопорят. Для этого используют контргайки, деформируемые и пружинные шайбы, разводные шплинты и шплинтовочную проволоку.

Сборка шпоночных и шлицевых соединений выполняется после тщательного осмотра соединяемых деталей (на поверхностях не должно быть заусенец, задиров и забоин, при наличии таких дефектов их необходимо устранить).

Шлицевые соединения выполняются с высокой точностью, поэтому не требуют подгонки и их собирают вручную без особых усилий.

Сборка шпоночных соединений ведется в следующей последовательности: шпонку устанавливают легкими ударами медного молотка в паз вала, причем клиновидные шпонки должны входить с натягом, а сегментные и призматические шпонки должны располагаться с более свободной посадкой; на вал насаживают охватывающую деталь (шкив, звездочку, шестерню и т.д.). Сегментные и призматические шпонки располагаются в пазу охватывающей детали с некоторым зазором, который в случае необходимости можно подогнать шабрением. Уклон клиновидной шпонки и паза в охватывающей детали должен совпадать. В противном случае возможен перекося соединяемых деталей.

После сборки шпоночные и шлицевые соединения проверяют на биение охватывающей детали относительно охватываемой.

Сборка узлов подшипников скольжения.

Сборка неразъемных подшипников (подшипник выполнен в виде втулки из антифрикционного металла или из обычного металла с залитым внутри слоем антифрикционного сплава или полимерного материала) состоит из:

- запрессовке втулки в корпус ударами молотка через надставку, прессом или при помощи винтового приспособления (очень важно правильно установить втулку для предотвращения перекося). Перед запрессовкой втулка и отверстие корпуса должны быть тщательно очищены, острые углы опилены, для предотвращения задиров поверхности смазывают машинным маслом;

- закреплении от проворачивания, которое проводят несколькими способами. Если у втулки есть опорный буртик, то стопорят штифтом или винтом

(сверлят отверстие в опорном буртике, а в корпусе нарезают резьбу). В противном случае отверстие сверлят со стороны торца втулки так, чтобы оно образовалось частично во втулке, частично в корпусе и запрессовывают в него штифт

- подгонке отверстия по валу. Так как после запрессовки внутренний диаметр втулки уменьшается, то ее растачивают или разворачивают

Разъемные подшипники–вкладыши предварительно проверяют на правильность прилегания к постелям с помощью щупа или на краску (пятно краски должно занимать не менее 80 % поверхности постели). Вкладыши загоняют в постель легкими ударами деревянного молотка через деревянную планку. Окончательная операция сборки разъемных подшипников скольжения – укладка вала в подшипники, причем вкладыши должны хорошо прилегать к его шейке. Этого достигают точностью изготовления вкладышей у тонкостенных и расточкой и толстостенных подшипников. Окончательный натяг в соединении достигается затяжкой болтов крышки.

Сборка узлов подшипников качения проводится в следующем порядке:

- подшипник и посадочные места на валу и в корпусе тщательно промывают в дизельном топливе и смазывают тонким слоем масла;

- подшипники, устанавливаемые с натягом нагревают в масляной ванне до температуры 90°С (возможен нагрев корпусной детали);

- напрессовку осуществляют с помощью гидравлического стационарного или переносного пресса или винтового приспособления. При напрессовке подшипника на вал усилие прикладывают к внутреннему, а при запрессовке в корпус к наружному кольцу используя подкладные кольца и монтажные стаканы. Возможна одновременная запрессовка и напрессовка подшипника на вал и в корпус, для чего применяются специальные оправки.

После сборки подшипник должен проворачиваться без заеданий при отсутствии осевого люфта в соединении.

Для повышения срока службы подшипников качения их необходимо предохранять от загрязнений для чего устанавливают прокладки.

Перед сборкой после установки зубчатых колес и шестерен на соединяе-

мые детали необходимо проверить торцевое и радиальное биение с помощью стойки с индикаторами.

Перед сборкой цилиндрические зубчатые передачи проверяют на межцентровое расстояние, боковой зазор между зубьями и прилегание рабочих поверхностей зубьев. Для правильного зацепления зубчатых цилиндрических колес, необходимо, чтобы оси валов лежали в одной плоскости и были параллельны.

У конических передач геометрические оси отверстий в корпусе должны лежать в одной плоскости и пересекаться под необходимым углом в заданном месте. Для них проверяют боковой зазор между зубьями, расстояние от торца одной шестерни до геометрической оси другой и взаимный контакт рабочих поверхностей зубьев. Регулировка зацепления осуществляется с помощью регулировочных прокладок.

У червячных передач при сборке проверяют угол скрещивания осей червяка и червячного колеса, межцентровое расстояние, совпадение средней плоскости колеса с осью червяка и боковой зазор в зацеплении.

Прилегание рабочих поверхностей зубьев проверяют на краску. Расстояние между осями валов зубчатых передач контролируют с помощью калиброванных оправок и микрометрических инструментов. Непараллельность и перекос осей с помощью валов калибров. Боковой зазор определяют прокатыванием между зубьями колес свинцовой пластины.

Постановка уплотнений (самоподжимные и войлочные сальники, картонные прокладки). При монтаже уплотнений следует проявлять осторожность, чтобы не повредить их.

При постановке самоподвижных резиновых сальников бывших в употреблении их промывают в керосине или дизельном топливе, и проверяют состояние пружины (в свободном состоянии она должна плотно обжимать манжету). Шейки вала смазывают консистентной смазкой. Усилие запрессовки прикладывают к корпусу сальника с помощью конусных наставок.

Войлочные сальники промывают в дизельном топливе, просушивают, пропитывают смесью из графита и солидола или проваривают в масле. Войлочные

сальники должны неподвижно сидеть в своем корпусе и плотно охватывать шейку вала, не препятствуя его свободному вращению или осевому перемещению.

Прокладки (картонные, паронитовые, пробковые, металлические, асбестовые) должны быть ровными, без утолщений и пустот. Поверхности деталей, между которыми размещаются прокладки, должны быть ровными, без забоин и заусенец. При установке прокладок все их отверстия должны совпадать с соответствующими отверстиями сопрягаемых деталей.

1.1 Разработка технологических процессов разборки (сборки)

Технология разборки (сборки) как документ включает описание состава и последовательности операций и переходов сборки изделия с технико-экономическими расчетами затрат труда, материалов, электроэнергии, количества необходимого оборудования и оснастки, числа производственных рабочих, производственной площади, трудоемкости и себестоимости сборки изделия. Разработка технологического процесса разборки (сборки) осуществляется с учетом использования достижений технологии сборки в машиностроении, производственных ресурсов, необходимости сокращения материальных, трудовых и энергетических затрат, всемерной механизации и автоматизации работ, использования передового опыта ремонтных предприятий, прогрессивных форм организации разборочно-сборочных процессов и создания наилучших условий труда.

Разработка технологического процесса разборки (сборки) производится поэтапно на основе стандартов ЕСТПП, ЕСТД и других документов в такой последовательности:

- технологический анализ сборочных чертежей, уточнение разбивки изделия на сборочные единицы, оценка уровня технологичности и ремонтпригодности изделия и его частей и разработка рекомендаций по их улучшению;
- анализ плановых заданий и выбор организационных форм сборочного процесса;
- размерный анализ основных соединений (с учетом изменения

размеров в эксплуатации и при ремонте) и выбор методов сборки и их сочетаний для изделия в целом;

- разработка (уточнение) технических условий и технологических инструкций на сборку соединений, узловую и общую сборку изделий, контроль, регулировку и испытание сборочных единиц и изделия;

- пробная разборка и сборка образца изделия, составление схем сборки изделия и его составных частей, составление комплектовочной карты;

- определение и оптимизация состава, содержания и последовательности операций и переходов;

- нормирование технологического процесса;

- выбор и определение количества стандартного оборудования и оснастки, заказ нестандартизованных средств технологического оснащения (в том числе средств контроля, испытаний и транспортирования);

- проектирование поточной линии, синхронизация сборочных операций и разработка планировки и организации линии (участка, цеха);

- определение требований техники безопасности, производственной санитарии и охраны окружающей среды;

- технико-экономический анализ и обоснование принятого варианта технологического процесса сборки изделий;

- оформление технологической документации.

Наиболее сложным, трудоемким и ответственным этапом разработки технологического процесса сборки является определение и оптимизация состава, содержания и последовательности операций и переходов. При этом учитывают тип производства (единичное, серийное, массовое), доступность и удобство выполнения работ, рациональную последовательность установки составных частей изделия, применение единых средств технологического оснащения для выполнения ряда операций и др.

1.2 Нормирование разборочно-сборочных работ

Разборочно-сборочные работы – это ручные операции по разборке или

соединению отдельных деталей в сборочные единицы, узлы и агрегаты. При разборке изделий необходимо применение различного оборудования, приспособлений и инструмента для получения деталей с наименьшими повреждениями.

Сложность сборочных работ заключается в том, что она осуществляется из деталей, имеющих различную точность размеров, что вызывает необходимость притирки и подгонки деталей перед сборкой.

На продолжительность выполнения разборочно-сборочных работ влияет конструктивная сложность сопрягаемых деталей, сборочных единиц, узлов и агрегатов, их вес и взаимное расположение, способ соединения.

Техническое нормирование разборочно-сборочных работ может осуществляться путем установления технически обоснованных норм и применения микроэлементных нормативов времени.

При установлении технически обоснованных норм на разборочно-сборочные работы необходимо учитывать следующие особенности – вспомогательное и основное время, затрачиваемое на выполнение ручной однотипной работы, определяется на базе хронометражных наблюдений; содержание и последовательность трудовых приемов и движений при выполнении одной и той же операции могут быть разнообразны; ручные работы выполняются в определенных организационно-технических условиях. До введения типовых норм времени необходимо привести организационно-технические условия на соответствующих участках (цехах) предприятия в соответствие с условиями, предусмотренными типовыми нормами.

Типовые нормы носят характер норм штучного времени. Норма времени на операцию T рассчитывается по формуле:

$$T = T_{\text{оп}} [1 + 0,01 (\alpha_{\text{ом}} + \alpha_{\text{отл}} + \alpha_{\text{пз}})], \text{ ч}$$

где $T_{\text{оп}}$ – оперативное время на разборочную или сборочную операцию, выбираются по типовым нормам времени на ремонт технического объекта и его агрегатов; $\alpha_{\text{ом}}$ – время на обслуживание рабочего места, $\alpha_{\text{ом}} = 0,04 T_{\text{оп}}$; $\alpha_{\text{отл}}$ – время отдыха и личные нужды, $\alpha_{\text{отл}} =$

$0,05 T_{\text{оп}}$; $\alpha_{\text{пз}}$ – время на подготовительно-заключительные работы,
 $\alpha_{\text{пз}} = 0,03 T_{\text{оп}}$

1.3 Механизация и автоматизация процессов сборки

Для установки и закрепления собираемых изделий применяют различные захваты, стенды, универсальные и специализированные приспособления с ручными и механизированными зажимными устройствами. Наибольшее распространение при сборке получили электрические и пневматические гайковерты. Для сборки прессовых соединений широкое применение получили прессы и приспособления с ручным или механизированным приводом.

На крупных ремонтных предприятиях организация поточной сборки изделий осуществляется с применением поточно–механизированных линий на основе эстакад с тележками (с ручным или механизированным перемещением изделия) и комплектом механизированных и автоматизированных средств технологического оснащения (конвейер для сборки двигателей).

Дальнейшее эффективное развитие ремонтного производства связано с использованием автоматов и роботизированных комплексов (автомат для сборки шатунно-поршневой группы, установки коленчатого вала).

2 ПОСТРОЕНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ (РАЗБОРКИ)

Графическое изображение в виде условных обозначений последовательности сборки (разборки) изделия или его составной части называется *схемой сборки (разборки) изделия* (рисунок 1). Для составления схемы после технологического анализа конструкции изделия его делят на узлы первого, второго и других более высоких порядков.

Схемы строят отдельно для общей сборки (разборки) изделия и сборки (разборки) каждого из его узлов. Схему сборки начинают с базовой детали (узла) и заканчивают готовым изделием (узлом). Между ними проводят осевую линию, сверху которой показывают присоединяемые детали, снизу – сборочные единицы. Схему разборки, наоборот, начинают с изделия (узла) и заканчивают

базовой деталью (узлом). Последовательность установки и снятия составных частей изделия определяют при решении задачи формирования технологических операций сборки и разборки. На рисунке 2 дана схемы узловой сборки изделия, общая сборка которого показана на рисунке 3.

Каждый элемент изделия условно обозначен на схеме прямоугольником, разделенным на три части (рисунок 4). В верхней части указывают обозначение (индекс) элемента, в левой нижней части – наименование элемента, в правой верхней части – число одноименных элементов. Индексы элементов соответствуют номерам деталей и узлов на чертежах и в спецификациях.

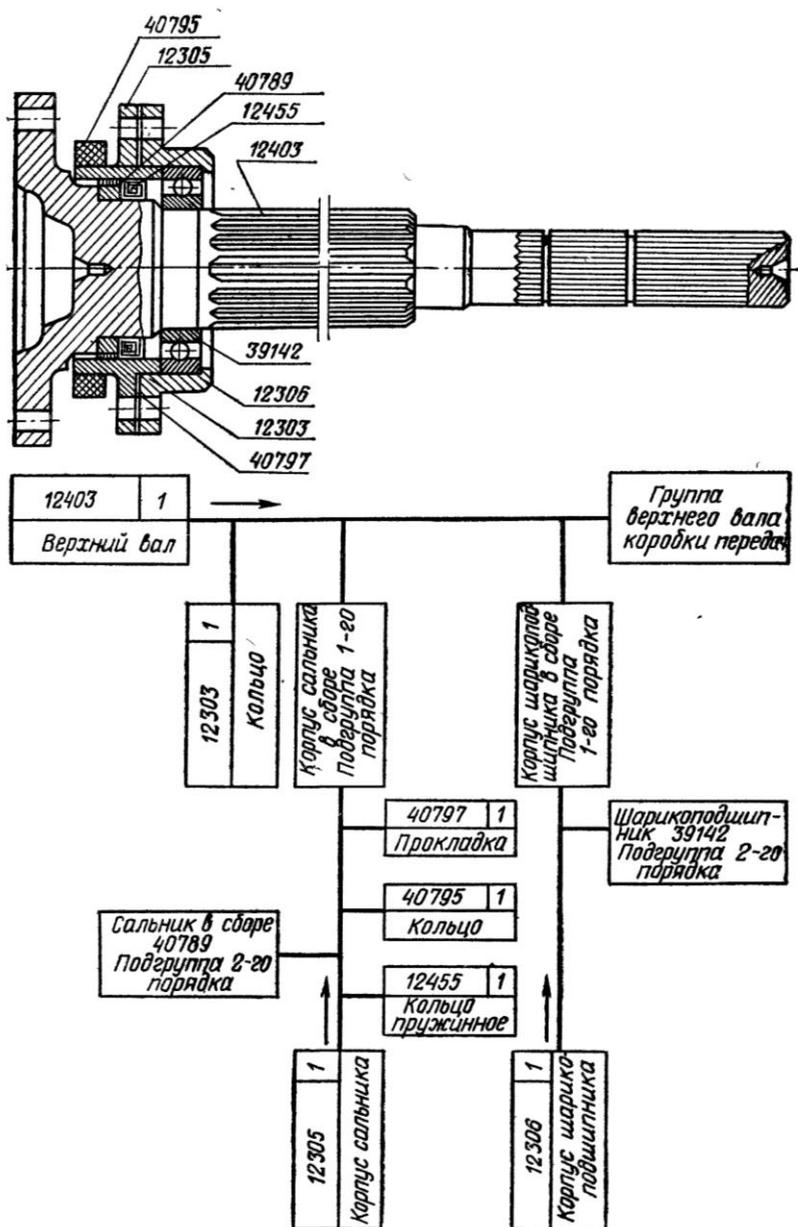


Рисунок 1 – Чертеж верхнего вала коробки передач и технологическая схема его сборки

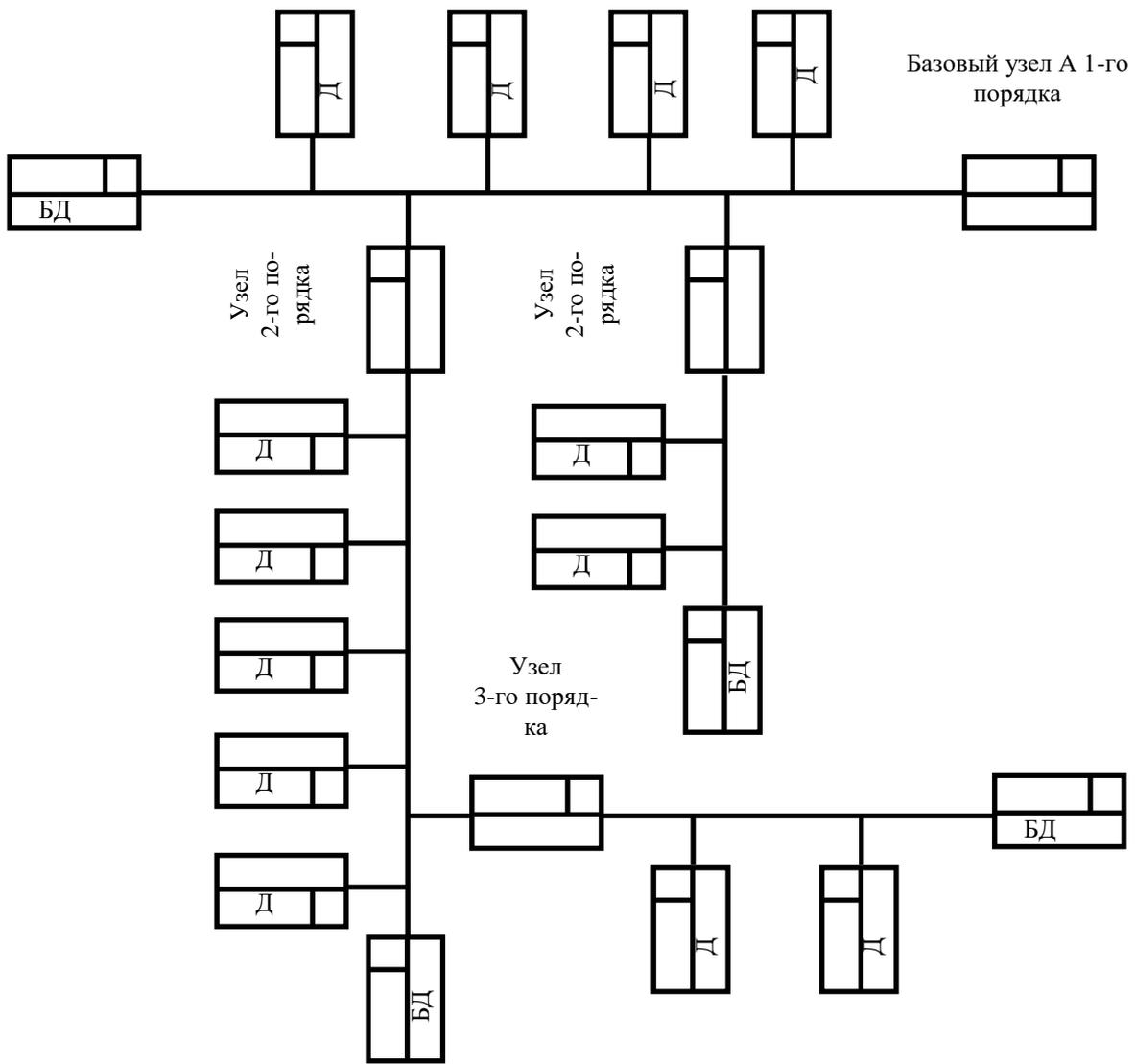


Рисунок 2 – Схема узловой сборки: БД – базовая деталь; Д – деталь

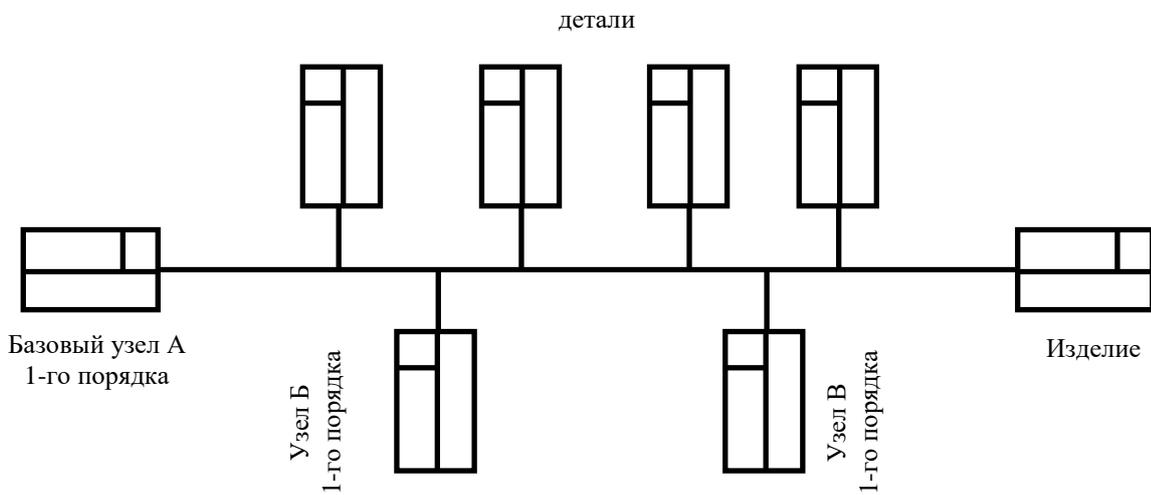


Рисунок 3 – Схема общей сборки

обозначение элемента	кол-во
наименование элемента	

Рисунок 4 – Условное обозначение элемента схемы

При необходимости на схемах сборки показывают расстановку контрольных операций, делают дополнительные надписи, определяющие содержание сборочных и контрольных операции, например «приварить», «сверлить совместно с...», «отрегулировать зазор...» и т.п.

В карту технологического процесса на сборку изделия заносят также наименование и шифр используемого оборудования, приспособлений, инструментов и нормы времени на выполнение отдельных операций и переходов.

Одной из важнейших особенностей авторемонтного производства является наличие технологического процесса разборки автомобилей, агрегатов и узлов. Правильная организация, обоснованная технологическая последовательность и использование специальной оснастки позволяют не только рационально организовать процесс разборки по времени, но и непосредственно влиять на экономические и качественные показатели производства.

Для разработки технологического процесса разборки также необходимо составлять схему разборки. Схема разборки будет состоять, очевидно, из тех же элементов, что и схема сборки, отличаясь только последовательностью расположения групп, подгрупп и деталей. Схему технологического процесса разборки изделия составляют, как правило, в укрупненном виде, без расчленения сборочных групп на детали. Развернутую схему разборки составляют только для сборочных групп. Схему разборки строят в направлении слева направо и начинают с условного обозначения изделия или сборочной группы. Условные обозначения отдельных деталей располагают слева, а сборочных групп - справа по направлению схемы разборки в последовательности снятия их с изделия.

Порядок выполнения отдельных операций, требования к сохранению комплектности деталей соответствующих сопряжений дают в виде пояснений и дополнительных указаний под схемой разборки.

3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

По заданию преподавателя (см. приложение Б) составить структурную схему разборки (сборки).

4 КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1 По какому принципу составляется структурная схемы разборки (сборки)?
- 2 В чем состоят особенности проведения разборочных работ при обезличенном и необезличенном ремонте? Какие дефектовочные операции производятся при разборке?
- 3 Для чего и какие именно детали маркируют при разборке?
- 4 Как механизмируют операции сборки-разборки и какой инструмент при этом применяют?
- 5 Какими методами обеспечивается точность сборки?
- 6 В чем заключаются основные требования к сборке резьбовых соединений? К применяемому оборудованию?
- 7 В чем заключаются основные к сборке прессовых соединений. К применяемому оборудованию?
- 8 В какой последовательности проводится сборка шпоночных и шлицевых соединений?
- 9 Каким образом выполняется проверка взаимного расположения деталей после сборки отремонтированных узлов, агрегатов, машин?
- 10 С какой целью проводится балансировки вращающихся деталей и сборочных единиц?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Восстановление деталей машин: Справочник / Ф.И. Пантелеенко и др.; под ред. В.П. Иванова. М.: Машиностроение, 2003.
- 2 Восстановление и упрочнение деталей: справочник / В.П. Иванов и др.; под ред. Ф.И. Пантелеенко. М.: Наука и технологии, 2013.
- 3 Карагодин В.И., Митрохин Н.Н. Ремонт автомобилей и двигателей: учебник для студ. сред. проф. учеб. завед. М.: Мастерство; Высш. школа, 2001.
- 4 Надежность и ремонт машин: учебник для вузов / В.В. Курчаткин и др.; под ред. В.В. Курчаткина. М.: Колос, 2000.
- 5 Практикум по ремонту машин: учебник для вузов / Е.А. Пучина и др.; под ред. Е.А. Пучина. М.: КолосС, 2009.
- 6 Технология ремонта машин: учебник для вузов / Е.А. Пучина и др.; под ред. Е.А. Пучина. М.: КолосС, 2007.
- 7 Михальченков А.М., Тюрева А.А., Козарез И.В. Курсовое проектирование по технологии ремонта машин: учеб пособие. М.: «Лань», 2020.
- 8 Михальченков А.М., Тюрева А.А., Козарез И.В. Технологические процессы ремонтного производства. М.: КНОРУС, 2021.
- 9 Технология ремонта машин / А.М. Михальченков, А.А. Тюрева, И.В. Козарез, С.А. Феськов. М.: КНОРУС, 2022.
- 10 Черноиванов В.И., Голубев И.Г. Восстановление деталей машин (Состояние и перспективы). М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010.
- 11 Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. М.: ГОСНИТИ, 2003.

Учебное издание

Михальченко Александр Михайлович
Тюрева Анна Анатольевна
Козарез Ирина Владимировна
Феськов Сергей Александрович

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА МАШИН

учебное пособие для практической и самостоятельной работы
для студентов очной и заочной форм обучения по направлению
подготовки 35.03.06 Агроинженерия

часть 1

Компьютерная верстка Тюрева А.А.
Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 02.10.2023 г. Формат 60x84. 1/16.

Бумага печатная Усл.п.л. 5,92. Тираж 100 экз. Изд. № 7573

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ