

**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.

# **ТЕХНОЛОГИИ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ РЕСУРСА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ И ОБОРУДОВАНИЯ**

Учебное пособие  
для самостоятельной работы, обучающихся по очной,  
очно-заочной и заочной формам обучения  
по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия,  
магистерская программа Технический сервис в АПК

Брянская область 2022

УДК 631.3 (076)  
ББК 30.82  
М 69

Михальченков, А. М. Технологии возобновления ресурса сельскохозяйственной техники и оборудования: учебное пособие для самостоятельной работы обучающихся по очной, очно-заочной и заочной формам обучения по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия, магистерская программа Технический сервис в АПК / А. М. Михальченков, А. А. Тюрева, И. В. Козарез. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. – 155 с.

Рецензент: директор ИТИ, профессор, д.т.н. А.И. Купреенко.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического института Брянского ГАУ, протокол № 2 от 28 октября 2022 года.

© Брянский ГАУ, 2022  
© Михальченков А.М., 2022  
© Тюрева А.А., 2022  
© Козарез И.В., 2022

## Оглавление

ВВЕДЕНИЕ .....	4
КЛАССИФИКАЦИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ .....	5
ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ РЕСУРСА ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ .....	13
1 Корпусные детали .....	13
1.1 Восстановление посадочных отверстий .....	13
1.2 Устранение нарушения целостности (трещины, обломы, пробоины) .....	24
1.3 Восстановление резьбовых отверстий .....	36
1.4 Устранение коробления или деформаций установочных, привалочных и стыковых плоскостей .....	40
2 Восстановление деталей типа «вал» .....	42
2.1 Восстановление посадочных поверхностей .....	42
2.1.1 Восстановление коренных и шатунных шеек коленчатых валов автотракторных двигателей .....	49
2.2 Восстановление наружной резьбы .....	57
2.3 Восстановление нарушения формы (изгиба) .....	58
2.4 Восстановление шпоночных пазов .....	61
2.5 Восстановление шлицевых поверхностей .....	63
2.6 Восстановление кулачков (на примере распределительного вала) .....	65
3 Восстановление полых цилиндров .....	69
3.1 Восстановление гильз цилиндров автотракторных двигателей .....	71
4 Восстановление деталей механических передач .....	75
4.1 Зубчатые колеса (шестерни) .....	76
4.2 Звездочки цепных передач .....	80
4.3 Шкивы .....	81
5 Восстановление упругих элементов .....	84
6 Восстановление деталей рамных конструкций .....	88
7 восстановление высокоточных (прецизионных) деталей .....	91
7.1 Прецизионные детали гидравлической система .....	91
7.2 Прецизионные детали топливной аппаратуры .....	95
8 Плоские детали (плужные лемеха) .....	99
8.1 Дефекты плужного лемеха .....	99
8.2 Методы устранения дефектов плужных лемехов .....	101
8.2.1 Методы восстановления, позволяющие устранить один дефект .....	102
8.2.2 Методы восстановления, позволяющие устранить два дефекта .....	110
8.2.3 Методы восстановления, позволяющие устранить три и более дефектов ....	114
9 Детали ходовой системы .....	119
9.1 Детали ходовой системы гусеничных машин .....	119
9.2 Автомобильные шины .....	133
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	143
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	144

## ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины Технологии возобновления ресурса сельскохозяйственной техники и оборудования является: формирование у обучающихся системы компетенций, основанных на усвоении современных ресурсосберегающих технологических процессов восстановления деталей с.-х. машин, повышающих долговечность деталей с.-х. машин и снижающих затраты на их восстановление.

Дисциплина занимает одно из центральных мест в системе подготовки магистра по профилю «Технический сервис в АПК», знания по дисциплине являются базовыми при выполнении магистерской диссертации

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Компетенция (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)
Тип задач профессиональной деятельности: производственно-технологический	
ПКС-3. Способен разрабатывать стратегию развития и осуществлять выбор машин и оборудования для технической и технологической модернизации процессов в организации	ПКС – 3.3. Разрабатывает рациональные технологические процессы технического обслуживания, хранения, ремонта машин и восстановления изношенных деталей технических объектов АПК.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:** основы повышения работоспособности технических систем.

**Уметь:** применять современные технологии ремонта и восстановления деталей машин

**Владеть:** ресурсосберегающими технологиями восстановления деталей и ремонта машин и ремонтно-технологического оборудования.

## КЛАССИФИКАЦИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

В зависимости от физической сущности процессов и технологических признаков способы восстановления принято делить на десять групп [6].

1 *Слесарно-механическая обработка* (обработка под ремонтный размер, постановка дополнительной ремонтной детали, обработка до выведения следов износа и придания правильной геометрической формы, 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. Выдавливание, 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 *Механизированная дуговая сварка и наплавка* (автоматическая под флюсом; в среде защитных газов: аргоне; углекислом газе, водяном паре; с комби-

нированной защитой; дуговая с газопламенной защитой; вибродуговая; порошковой проволокой или лентой; широкослойная; лежачим электродом; плазменная; многоэлектродная; с одновременным деформированием; с одновременной механической обработкой). 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 недостатком 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, титанирование, 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.

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 микрповреждений в наиболее ответственных участках деталей.

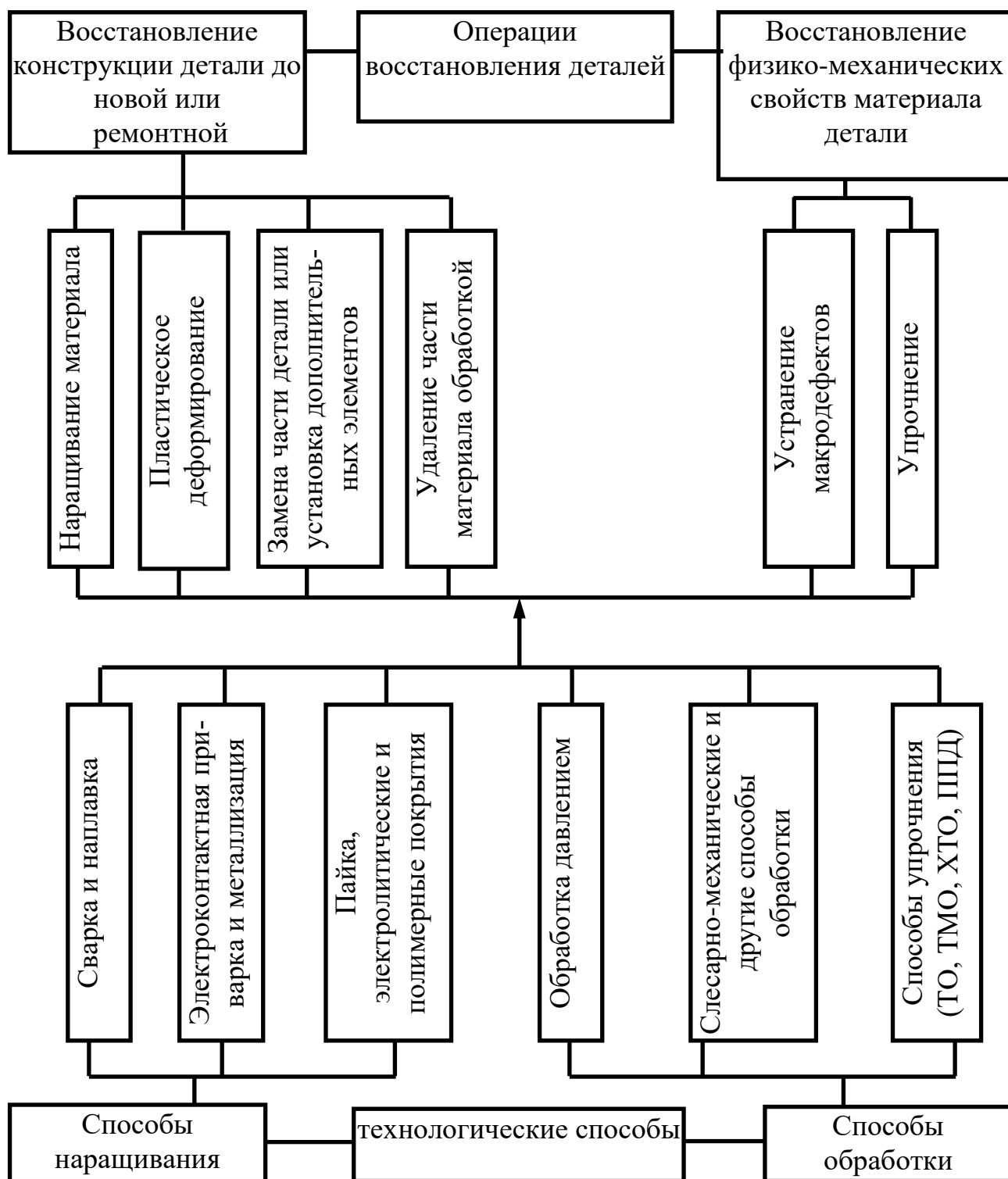


Рисунок 1 - Операции восстановления деталей и применяемые для этого технологические способы

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 1.

Таблица 1 – Способы восстановления деталей и область их применения

Способ восстановления	Область применения
1	2
<b>СВАРКА</b>	
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
аргонодуговая	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
электронно-лучевая	Сварка ответственных деталей с высокой точностью
ультразвуковая	Сварка цветных металлов, стали
взрывом	Сварка разнородных материалов

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
МЕТАЛЛИЗАЦИЯ	
газопламенная	Наружные и внутренние цилиндрические поверхности, работающие при отсутствии динамических нагрузок
дуговая	Наружные и внутренние цилиндрические поверхности с невысокими требованиями к прочности сцепления
плазменная	Наружные и внутренние цилиндрические поверхности
детонационная	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	Восстановление физико-механических характеристик.

обработка	Упрочнение
<b>ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ</b>	
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
<b>НАНЕСЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b>	
	Восстановление формы поверхности облицовок и оперений; антифрикционных, электроизоляционных и декоративных покрытий. Восстановление посадочных поверхностей, заделка трещин и пробоин
<b>СЛЕСАРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ</b>	
обработка под ремонтный размер	Восстановление формы и посадки
применение дополнительной ремонтной детали	Восстановление наружных поверхностей деталей, профильных поверхностей, отверстий, резьбовых соединений
<b>ДРУГИЕ СПОСОБЫ</b>	
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 микрометров. 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, вибродуго-

вой или 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 CO<sub>2</sub>; 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 цилиндрической поверхности* (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.*

## **ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗОБНОВЛЕНИЯ РЕСУРСА ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ**

### **1 Корпусные детали**

К корпусным деталям относят блок и головку блока цилиндров, корпус масляного и водяного насосов, картер сцепления, корпус КПП, корпусные детали трансмиссии (мостов, рулевого управления), корпуса с.-х. машин и т.д. Эти детали являются базовыми, так как их основное назначения – крепление в заданном положении деталей и сборочных единиц. Корпусные детали – металлоемкие, сложные по конфигурации и дорогостоящие изделия, изготавливаемые литьем из чугуна или алюминиевых сплавов. Их состояние во многом определяет безотказность и долговечность отремонтированных агрегатов. Такие детали выбраковывают, как правило, в исключительных случаях, а на протяжении всего срока службы, по мере необходимости, подвергают ремонтным воздействиям. Общим конструктивным признаком для большинства корпусных деталей является наличие плоских (базовых) поверхностей и отверстий под подшипники, которые обрабатываются с большой точностью.

В процессе эксплуатации корпусные детали подвергаются химическому, тепловому и коррозионному воздействиям, механическим, контактными и динамическим нагрузкам, вибрации, влиянию абразивной среды и могут иметь следующие дефекты: *износ посадочных отверстий; нарушение целостности (трещины, обломы, пробойны); повреждение резьбовых отверстий, коробление или деформация установочных, привалочных и стыковых плоскостей.*

#### **1.1 Восстановление посадочных отверстий**

Износ посадочных отверстий корпусных деталей (под подшипники качения, стаканы подшипников, втулки) составляет от сотых долей миллиметра до 1 мм и имеет коэффициент повторяемости около 0,8.

В зависимости от материала и конструкции детали, значения и характера износа поверхности посадочных отверстий, существующие способы их восстановления можно разделить на две группы: без нанесения покрытий и с нанесением дополнительного слоя.

К способам, не предусматривающим нанесение дополнительного слоя, то есть применение присадочного материала относят:

- слесарно-механические: обработка под ремонтный или индивидуальный размер; постановка дополнительной ремонтной детали (ДРД);
- пластическое деформирование.

Если износ компенсируется нанесением покрытия, выделяют:

- наплавочные способы;
- электроконтактную приварку ленты (напекание порошков);
- применение полимерных материалов;
- гальванические покрытия;
- газотермическое напыление.

Слесарно-механические способы восстановления являются одними из основных, ввиду их доступности и простоты. Однако они не возобновляют первоначальный ресурс соединения.

*Метод ремонтных размеров* основан на комплектовании соединений из деталей, отличающихся размерами соединяемых поверхностей от первоначального, но обеспечивающих первоначальную посадку. Обработку под ремонтный размер применяют при ослаблении посадки в корпусе различных втулок, штифтов. Среди недостатков способа следует отметить увеличение номенклатуры запасных деталей и усложнение организационных процессов.

При обработке *под индивидуальный размер* основную деталь обрабатывают до выведения следов износа и получения правильной геометрической формы. Сопрягаемую деталь (втулку) изготавливают заново и при обработке подгоняют к размеру первой детали до получения необходимой посадки. Способ не получил широкого распространения в ремонтном производстве, так как не обеспечивает взаимозаменяемости деталей и применяется в условиях единичного ремонта.

Одним из наиболее часто применяемым методом ремонта посадочных отверстий является *постановка дополнительной ремонтной детали*, по своей сути представляющий собой разновидность метода ремонтных размеров. Постановка дополнительной ремонтной детали (ДРД) может быть реализована по различным технологическим процессам:

- запрессовкой втулок с последующей механической обработкой до номинального размера;
- вклеиванием втулок, имеющих внутренне отверстие предварительно обработанное под номинальный размер;
- постановкой тонкостенных свертных втулок с последующим раскатыванием до номинального размера.

При первом способе отверстие, в зависимости от конфигурации и габарита детали растачивают на горизонтально-расточном, вертикально-расточном или токарно-винторезном станке на глубину 3...6 мм, запрессовывают заранее изготовленное кольцо (втулку) и вновь растачивают под номинальный размер. Кольцо дополнительно стопорят винтами, сваркой, с помощью эпоксидного состава или другого клея.

Во втором случае для обеспечения необходимой точности восстановления отверстия отверстие растачивают на любом станке без строгого соблюдения требований точности. Изготавливают стальное кольцо, наружный диаметр которого несколько меньше диаметра расточенного отверстия, а внутренний обработан под номинальный размер с соблюдением требований точности и шероховатости. Поверхность отверстия и кольца обезжиривают, и вклеивают его в корпус по специальному кондуктору, обеспечивая тем самым правильное пространственное положение восстановленного отверстия.

При постановке тонкостенных свертных втулок посадочное отверстие растачивают с шероховатостью  $R_z = 20 \dots 10$  мкм, снимают фаску  $0,5 \times 45^\circ$ , обезжиривают ацетоном и наносят эпоксидный состав без наполнителя. Через 10 мин в отверстие с помощью специального приспособления запрессовывают обезжиренную втулку и раскатывают ее на радиально-сверлильном станке до

номинального размера жестким регулируемым раскатником, настроенным на размер, больший среднего диаметра посадочного отверстия на 0,3...0,05 мм. Свертную втулку изготавливают из стальной ленты или листа (сталь 30...45) толщиной 0,8...1,7 мм путем гибки в трехвалковом гибочном приспособлении.

Длина заготовки ленты для изготовления втулки, мм

$$L = \pi(D - \lambda + \delta) + \Delta L,$$

где  $D$  – диаметр расточенного отверстия, мм;  $\lambda$  – номинальная толщина ленты, мм;  $\delta$  – допуск на толщину ленты (для ленты толщиной 0,70...0,95  $\delta = 0,07$  мм; толщиной 0,95...1,3 – 0,09 мм; толщиной 1,30...1,70 мм – 0,11 мм);  $\Delta L$  – допуск на длину заготовки (для диаметров 30...180 мм  $\Delta L = 0,10...0,15$  мм)

Ширину ленты принимают меньше ширины посадочного отверстия на 0,5...1,0 мм, так как при раскатке длина втулки увеличивается.

Диаметр отверстия для установки втулки без последующего растачивания

$$D = D_1 + 2\lambda - \varepsilon,$$

где  $D_1$  – номинальный диаметр восстанавливаемого отверстия, мм;  $\varepsilon$  – гарантированный натяг,  $\varepsilon = 0,3$  мм.

Свертные втулки можно устанавливать в отверстие и без применения клея. В этом случае на поверхности отверстия после расточки с шероховатостью  $R_a = 2,50...1,25$  мкм нарезают винтовую канавку треугольного профиля (70...80°) глубиной 0,35...0,45 мм с шагом 3...5 мм. Необходимая прочность заделки обеспечивается последующем раскатывании жестким раскатником, в результате чего металл втулки затекает в винтовую канавку. При повторном ремонте изношенную свертную втулку заменяют новой.

К преимуществам способа следует отнести: высокую производительность; применение дешевых и доступных материалов; возможность многократного восстановления.

Однако, несмотря на кажущуюся простоту, способ отличается сложностью технологического процесса, возможностью нарушения параллельности осей и межосевых расстояний отверстий, снижением прочности корпусных де-



талей в результате механической обработки и применения больших натягов при запрессовке втулок, нерациональным расходом металла, высокой себестоимостью восстановления. При постановке толстостенных втулок ослабляется сечение стенок, перемычек; требуется большой расход материала и объема механической обработки; необходимо применять дорогие станки для обеспечения необходимой точности обработанного отверстия и его координации по отношению к базовым поверхностям. Использование дуговой сварки при закреплении втулок в небольших по геометрическим размерам и массе корпусах недопустимо в связи с возникновением внутренних напряжений и возможным последующим короблением. Для ряда деталей применение этого способа невозможно из-за малой толщины стенок корпуса. В случае использования свертных втулок требуются специальные раскатники.

Износ посадочных отверстий для ряда корпусных деталей можно устранить *пластическим деформированием* (обжатие, накатка). Реализация метода основана на пластическом деформировании материалов, т.е. способности металлов менять свою форму и размеры без разрушения. Особенность метода – перемещение металла с нерабочих поверхностей детали на изношенные, без изменения объема.

*Обжатие* применяется для уменьшения внутренних размеров полых деталей за счет уменьшения наружных, в основном, для деталей имеющих небольшие габаритные размеры (корпуса насосов гидросистем). Деформирование производят в нагретом состоянии ( $500...510^{\circ}\text{C}$ ) в специальных штампах с последующей термической обработкой (закалка с низким отпуском).

*Накаткой* рекомендуется восстанавливать посадочные отверстия у деталей не испытывающие больших удельных нагрузок. Уменьшение диаметра при обработке поверхности рифленным цилиндрическим роликом составляет на  $0,3...0,4$  мм за счет образования «гребешков» трапецеидальной формы при высоте их подъема на сторону не более  $0,2$  мм и уменьшении опорной поверхности на  $50\%$ . Скорость накатки  $10...15$  м/мин; продольная подача  $0,4...0,6$  мм/об.

Эти способы имеют невысокую трудоемкость; низкую стоимость восста-

новления; хорошее качество ремонта без применения дополнительных материалов. Однако при их применении возможно: изменение структуры и механических свойств детали при нагреве; нарушение целостности.

*Наплавочные способы* при восстановлении посадочных отверстий в корпусных деталях применяют редко, так как они изготовлены из трудносвариваемых материалов (чугун, алюминий). Кроме того, в результате термического воздействия возникают остаточные внутренние напряжения, приводящие к возникновению трещин и короблению при последующей эксплуатации.

В ряде случаев применяют *дуговую наплавку*, которая осуществляется чугунными электродами. Этот способ восстановления используют ограниченно ввиду присущих ему существенных недостатков: наплавленный металл имеет высокую твердость, исключая возможность обработки резцом; в зоне термического влияния образуются трещины.

Меньшим термическим влиянием и возможностью нанесения покрытий небольших толщин отличается способ *микронаплавки*. При этом способе медный электрод, выполненный в виде дисковой щетки или ролика, обкатывается по внутренней поверхности отверстия, причем перенос металла на поверхность последнего обуславливается плавлением металла электрода и налипанием его на размягченную поверхность детали.

Способ *пайко-сварки* при газовой наплавке ацетиленкислородным пламенем посадочных мест чугунным или латунным припоем (с предварительным нагревом деталей до 570...630° С или до 820...950° С соответственно) обеспечивает получение наплавленного слоя металла со свойствами, близкими к физико-механическим свойствам основного металла и не создает дополнительных внутренних напряжений. Однако, способ обладает низкой производительностью, нетехнологичностью, длительностью цикла восстановления и необходимостью проведения последующего отпуска.

Более современным способом, позволяющим механизировать процесс наплавки, является наращивание металла на изношенные поверхности посадочных мест *газопорошковой наплавкой* (твердой напайкой) с использованием латунного порошка в качестве присадочного материала.

Наплавленные слои, полученные вышеперечисленными способами, плохо обрабатываются ввиду их высокой твердости. Латунированное или медлененное покрытия, обладая хорошей обрабатываемостью, не обеспечивают необходимую послеремонтную долговечность восстановленного соединения. Наплавленный слой значительно превышает необходимую толщину для компенсации износа и припуска на последующую обработку, что увеличивает затраты на материалы и механическую обработку наплавленного слоя.

Значительно снизить термическое воздействие на деталь можно при восстановлении посадочных мест *электроконтактной приваркой* (ЭКП) стальной ленты с последующей механической обработкой до номинального размера. Способ рекомендуется применять при износах не более 0,5 мм. Покрытие образуется при совместном деформировании дополнительного материала (ленты) и поверхности основы, нагреваемых электрическим током до пластического состояния.

При электроконтактной приварке стальной ленты к чугунным деталям в результате насыщения ленты углеродом чугуна наблюдается неравномерность твердости поверхности: в сварочных точках она гораздо выше, чем в соседних местах. Во избежание этого берут малоуглеродистую ленту толщиной 1 мм, приваривают по винтовой линии без перекрытия швов.

Толщину привариваемой ленты в зависимости от износа принимают 0,4...0,8 мм. Поверхность восстановленного отверстия имеет твердость, близкую основному металлу, и выше в зависимости от материала ленты. При восстановлении отверстий диаметром до 80 мм, целесообразно вместо ленты использовать порошки различного состава (процесс напекания), позволяющих получить высокую износостойкость поверхностных слоев детали.

К недостаткам способа следует отнести низкую стойкость электродов и трудоемкость процесса, а также невозможность применения обычного режущего инструмента.

Весьма перспективным направлением при ремонте посадочных отверстий корпусных деталей является применение *полимерных материалов*: эпоксидных композиций, эластомеров и анаэробных герметиков.

Посадочные места подшипников качения при их износе до 0,2 мм восстанавливают с помощью эпоксидных композиций восстанавливают в следующей последовательности. После подготовки поверхности (зачистки до металлического блеска, двух кратного обезжиривания и просушки) на нее наносят эпоксидный состав А, Г, Д на основе эпоксидной смолы ЭД-16 и выдерживают 2 часа на воздухе для увеличения вязкости. Протягивая через отверстие калибрующую стальную оправку, формируют нанесенный слой под номинальный размер. Затем проводят отверждение по ступенчатому режиму (2 часа при температуре 60° С; 1 час – 100° С; 1 час – 150° С). Зачищают от наплывов и контролируют размеры.

В случае разъемного отверстия, после подготовки поверхностей на них наносят эпоксидный состав, и укладывают калибрующую скалку, используя в качестве прокладки между ней и составом фольгу. Затягивают крышки и удаляют подтекания. После отверждения на воздухе или в термошкафу, снимают крышки, зачищают оставшиеся наплывы и контролируют размеры.

При восстановлении посадочных отверстий эпоксидными композициями сокращается трудоемкость ремонта, не требуется сложное и дорогое технологическое оборудование, а также квалифицированные кадры. Однако, применение их сопряжено с определенными технологическими трудностями. Композиции обладают недостаточной жизнеспособностью: после приготовления их необходимо использовать в течении 20...25 мин. Для ускорения процесса полимеризации требуется применение нагревательного оборудования. Кроме того эпоксидные композиции имеют малую эластичность, что снижает долговечность восстановленных посадочных отверстий.

Используя полимерные материалы в высокоэластичном состоянии (*эластомеры*), ГЭН-150(В) и герметик 6Ф. первый рекомендуется применять при восстановлении неподвижных соединений с зазором менее 0.16 мм, второй – до 0,20 мм. Эластомеры наносятся на подготовленную поверхность различными способами: кистью, окунанием, обливом, центробежным. Полимеризацию проводят при температуре 115° С в течении 3-х часов. Полученная пленка полиме-

ра обладает масло-, водо-, бензиностойкостью, выдерживает температуры до 200° С. К основным недостаткам применения эластомеров можно отнести нарушение взаимозаменяемости деталей соединения, а также сложность центрирования подшипника в корпусной детали.

Для восстановления неподвижных соединений рекомендуется использовать *анаэробные герметики* («Анатермы»: АН-6, АН-6В, АН-103, АН-104; «Унигермы»: УГ-6, УГ-8, УГ-9; «Loctite-600», «Loctite-603», «Loctite-625»). Для этих соединений характерна высокая скорость превращения при отсутствии доступа кислорода воздуха (8...9 часов при комнатной температуре).

Интервал рабочих температур анаэробных герметиков от –60 до +150° С. Эти материалы обладают хорошей адгезией к металлам, стойкостью к воздействию масел, кислот и других химических веществ. Они имеют высокую проникающую способность, хорошо заполняют зазоры в соединениях, микронеровности поверхностей деталей. Анаэробные герметики обеспечивают отсутствие микроскопических зазоров и увеличивают площадь контакта соединяемых деталей, уменьшая при этом удельные нагрузки. Их применение исключает необходимость доводочных методов чистовой обработки. Однако, в ряде случаев выпускаемые анаэробные герметики по своим свойствам (низкой прочности, теплостойкости, значительной деформационной способности и т.д.) не удовлетворяют предъявляемым требованиям.

Для восстановления посадочных отверстий, при их износе до 0,3...0,4 мм на диаметр, применяют *электролитическое (гальваническое)* наращивание: железнение, хромирование, цинкование. Отсутствие термического воздействия на деталь, возможность минимизировать или вообще исключить последующую механическую обработку делают эти способы достаточно перспективными. Однако при восстановлении корпусных деталей площадь наращиваемых поверхностей мала по сравнению со всей площадью. Поэтому их восстанавливают безванными способами (проточным, струйным, электроконтактным), что требует дополнительных затрат на изготовление (приобретение) соответствующего оборудования. Кроме того, гальваническое наращивание, как правило, трудоемкий, малопродуктивный, энергоемкий и неэкологичный процесс.

*Железнение* характеризуется хорошим выходом металла по току (85...95 %), производительностью и достаточно высокой износостойкостью полученного слоя, не уступающей по износостойкости закаленным сталям.

Покрyтия, получаеmые *хромированием* обладают более высокими показателями: стойки к воздействию химических реагентов, обеспечивают деталям высокую износостойкость. Однако, так как процесс получения покрyтий энергоемок, малопроизводителен и дорогостоящ, то рекомендуется использовать данный способ только при восстановлении ответственных малоизношенных деталей.

*Цинковые* покрyтия используются для восстановления посадочных отверстий малонагруженных деталей. Получаемые слои мягкие и пластичные, что позволяет запрессовать подшипник даже при несоблюдении заданного диаметра отверстия.

*Газотермическое напыление* (дуговое, газовое, плазменное) также не оказывает существенного термического воздействия на деталь при восстановлении. Наилучшими свойствами обладают покрyтия, получаеmые *плазменным* напылением из-за возможности нанесения покрyтий из практически любых материалов (от полимеров до тугоплавких металлов и карбидов), обладающие достаточно высокими свойствами. Вместе с тем технологический процесс нанесения покрyтий газотермическим напылением на внутренние поверхности достаточно сложен из-за операций связанных, в частности, с подготовкой поверхности к напылению (очистка, создание определенной шероховатости, нанесения подслоя). Сами же покрyтия имеют ряд недостатков: невысокую прочность сцепления покрyтия с металлом подложки, неоднородность структуры металлизационного слоя (пористость), большая потеря металла при распылении.

В последние десятилетия, для устранения этого дефекта разработаны способы, которые можно отнести к прогрессивным: электроискровое наращивание и упрочнение легированием (ЭИУЛ); электроискровое наращивание с применением полимерных материалов; микродуговое оксидирование; поверхностное пластическое деформирование (ППД).

При *электроискровом способе наращивания и упрочнении легированием* (ЭИУЛ) используется явление электрической эрозии и переноса металла инструмента (анода) на деталь (катод) при прохождении электрических разрядов в газовой среде. В качестве электродного материала могут быть использованы любые токопроводящие материалы: твердые сплавы, легированные конструкционные стали с особыми свойствами, цветные металлы и их сплавы. Способ позволяет компенсировать износ до 0,2 мм, повышая при этом износостойкость покрытия, не требует применения дорогостоящего оборудования (гальванического, наплавочного). К основным недостаткам следует отнести низкую производительность (до 4 см<sup>2</sup> в мин) и ограниченную толщину наращивания.

Предложен комбинированный метод, сочетающий *электроискровое наращивание с применением полимерных материалов*. На поверхность отверстия, которое предварительно растачивают до диаметра, превышающего номинальный на 0,1...0,2 мм, наносят покрытие электроискровым методом с применением медного электрода. После чего наносят полимерную композицию при следующем соотношении ее компонентов, мас. ч.: анаэробный герметик «Ана-терм» АН-6В – 99...101, бронзовый порошок – 2...3, тальк – 20...30. Затем формируют отверстие оправкой, установленной на опоры, привязанные к заводским технологическим базам. По сравнению с известными решениями предлагаемый способ позволяет снизить величину деформации полимерной прослойки в среднем в 1,5 раза, обеспечить равномерность полимерного покрытия, а соответственно, размерную и геометрическую точность восстановленных посадочных отверстий. В тоже время способ отличается достаточной технологической сложностью.

При *микродуговом оксидировании* происходит окисление поверхностного слоя деталей из алюминиевых сплавов в сочетании с электроразрядными явлениями на границе анод-электролит, благодаря чему на поверхности образуется прочный и твердый керамический слой оксида алюминия толщиной 0,05...0,3 мм. Покрытие представляет собой композиционный материал с участками высокотвердой фазы в матрице менее твердых составляющих. В результате дости-

гается повышение долговечности не менее чем в 6 раз по сравнению с известными применяемыми материалами и диффузионными покрытиями за счет использования нового класса материалов и реализации режима избирательного переноса в паре как с одноименным материалом, так и другими.

Методом, позволяющим повысить долговечность детали, служит *поверхностное пластическое деформирование* (ППД). При поверхностном пластическом деформировании (раскатка отверстий шариками и роликами; алмазное выглаживание) деформирующий инструмент, воздействуя на металл, пластически деформирует микронеровности поверхности, сглаживая выступы и заполняя впадины. Исходная высота микронеровностей уменьшается, образуя поверхность с новым профилем и высотой неровностей. Исходный диаметр детали уменьшается. В результате обработки ППД достигается: повышение твердости поверхностных слоев детали в результате создания в них благоприятных сжимающих напряжений и как следствие увеличение износостойкости в 1,5...2 раза. Способ имеет ограниченное применение при восстановлении, в силу того, что не позволяет устранить износ, а лишь изменяет механические свойства поверхности в лучшую сторону, тем самым, позволяя увеличить ее долговечность (рекомендуется применять после постановки ДРД, металлизации).

## **1.2 Устранение нарушения целостности (трещины, обломы, пробоины)**

Нарушение целостности (трещины, обломы, пробоины) встречаются примерно у 25 % корпусных деталей.

Для заделки *трещин* применяют следующие способы:

- слесарно-механические: постановка фигурных вставок; штифтование; постановка накладок;
- сварочные;
- пайко-сварка;
- полимерными материалами;
- клеесварной.



При ремонте *фигурными вставками* трещина стягивается в результате запрессовки вставки в паз за счет разности шага (0,2 мм) между отверстиями паза и цилиндрами вставки (рисунок 2). Заделывают трещины с помощью уплотняющих и стягивающих фигурных вставок. Первые применяют для заделки трещин длиной более 50 мм с обеспечением герметичности как толстостенных, так и тонкостенных деталей. Стягивающие вставки используют для стягивания боковых кромок трещин длиной до 50 мм. Серийно выпускают комплекты ОР-11362-ГОСНИТИ, которые содержат фигурные вставки, технологическую оснастку и режущий инструмент.

Данный способ отличается низкой трудоемкостью, простотой и доступностью в условиях любого ремонтного предприятия и мастерской хозяйства. Основными достоинствами способа является создание прочного соединения.

При заделке трещин *штифтованием* (рисунок 3) концы трещины засверливают сверлом диаметром 4...5 мм. Вдоль трещины тем же сверлом сверлят отверстия на расстоянии 6...7 мм друг от друга и нарезают в них резьбу. В отверстия ввинчивают штифты из мягкой стали или меди, так чтобы они выступали над поверхностью на 1...2 мм, после этого сверлят отверстия между штифтами, так чтобы они перекрывали ввинченные штифты не менее чем на  $\frac{1}{4}$  диаметра. В отверстия нарезают

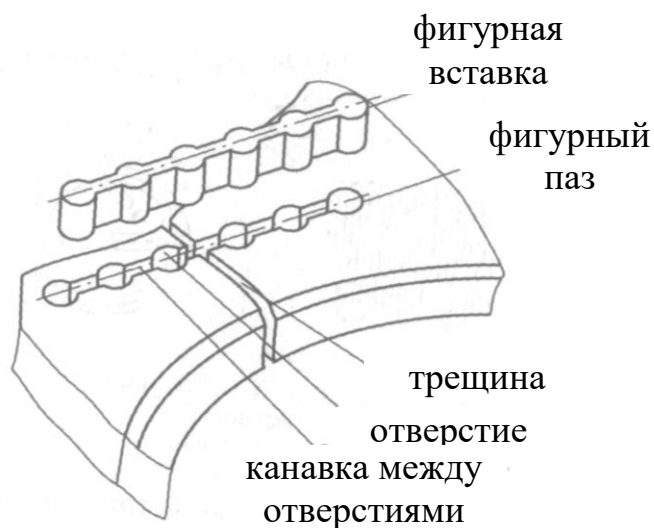


Рисунок 2 – Устранение трещины фигурными вставками

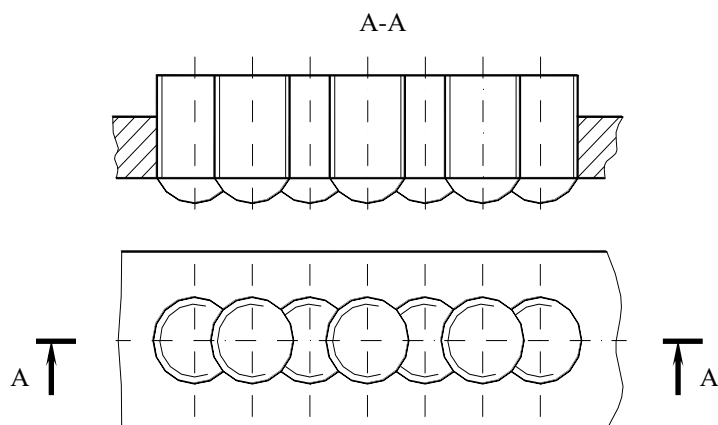


Рисунок 3 – Заделка трещин штифтованием

В отверстия нарезают

резьбу и ввинчивают штифты. Концы выступающих штифтов расчеканивают и опиливают. Способ достаточно трудоемок, и, несмотря на кажущуюся простоту, требует достаточно высокой квалификации слесаря. Рекомендуется применять при заделке трещин длиной до 50 мм.

При ремонте с помощью *накладок* концы трещины засверливают. Из стали 20 вырезают накладку, а из листового свинца или картона – прокладку, размеры которых не менее чем на 15 мм перекрывают размеры трещины. На расстоянии 10 мм от края и 10...15 мм друг от друга в них сверлят отверстия под винты М5 или М6 с потайной головкой. В корпусе сверлят аналогичные отверстия и нарезают в них резьбу. Накладку и прокладку смазывают клеем и прикрепляют винтами к корпусу. Края расчеканивают и опиливают.

Данный способ отличается значительной трудоемкостью и сложностью. Не всегда удается достаточно точно подогнать накладку в связи с имеющимися на поверхности детали неровностями и изменениях толщин стенок. Так как прочность соединения невелико, способ пригоден лишь для восстановления герметичности.

Наиболее часто при заделке трещин применяют *сварочные способы*. Однако чугун, используемый при изготовлении корпусных деталей, относится к трудносвариваемым материалам. Разработано множество технологических приемов, позволяющих снизить отбел чугуна, образование трещин после заварки, снизить твердость наплавленного металла.

При электродуговой *горячей сварке* (с предварительным подогревом до температуры 600...650° С) заварку трещин проводят в специальных термосах чугунными прутками марки А того же химического состава, что и детали. К моменту окончания сварки температура деталей не должна быть ниже 400° С. В данном случае при медленном охлаждении после сварки не происходит отбеливания чугуна и образования закалочных структур.

Высокая трудоемкость, большие энергозатраты и тяжелые условия работы сварщика, требующие соответственных практических навыков, ограничивают применение этого способа.

Наибольшее распространение получила *холодная сварка* без предварительного подогрева детали. В данном случае качественного устранения дефекта добиваются, используя особые технологические приемы (метод отжигающих валиков; заварка поперек трещины; сварка косвенной дугой, пайко-сварка), ли-

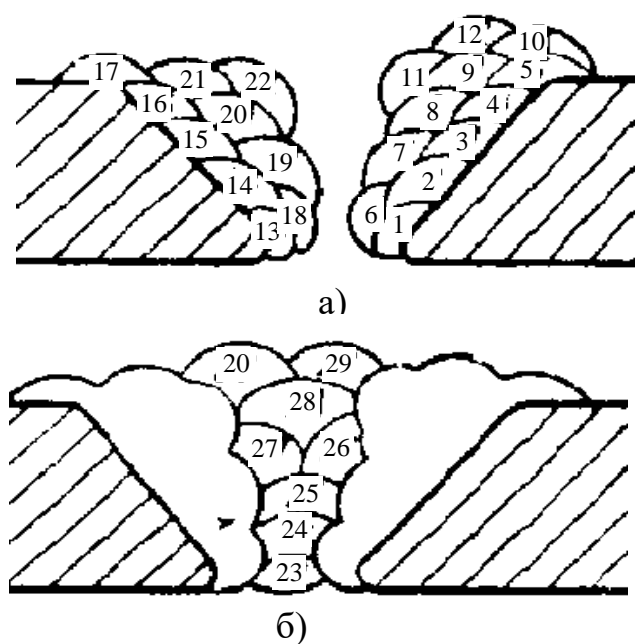


Рисунок 4 – Метод отжигающих валиков: а-б  
последовательность наложения валиков

бо применяя специальный электродный материал.

Для избежания образования трещин при сварке стальными электродами в середине прошлого века Л.И. Витливым был предложен способ сварки стальными электродами УОНИ-13/45 или ОММ-5 *методом отжигающих валиков*, позволяющий снизить твердость наплавленного металла и получить шов, поддающийся обработке.

Трещину предварительно разделяют. Наносят короткими участками

(15...25 мм) взброс вначале на одну кромку разделанной трещины подготовительные и отжигающие валики, а затем на другую, не соединяя их (рисунок 4). Валики наплавливают высотой 4...5 мм снизу, покрывая предыдущий на 60...70 %. После того как они будут наложены по всей длине трещины, деталь охлаждают до температуры 70...80 °С, а затем заваривают также взброс промежутки между ними соединительными валиками.

Способ заварки *поперек трещины*, разработанной профессором А.М. Михальченковым, заключается в следующем. Поверхность трещины зачищают до металлического блеска. Рядом с трещиной по обе стороны от нее на расстоянии 7...10 мм шлифовальным кругом разделяют канавку по всей длине трещины, которая служит упором при усадке шва и стягивает трещину. Глубина разделки 1,5...3 мм, ширина 3...5 мм. Заваривают короткими участками (20...50 мм)

проволокой ПАНЧ-11 диаметром 1,4 мм на обратной полярности поперек трещины с заполнением металлом подготовленной разделки. Валики накладывают поочередно от краев трещины к середине. Каждый из них охлаждают до температуры 40...60° С. Каждый последующий валик должен перекрывать предыдущий на 1/3 ширины. Режим сварки: сила тока 100...140 А; напряжение 14...18 В, скорость сварки 0,15...0,25 см/с.

Заварка трещин *косвенной дугой* заключается в том, что между двумя стальными электродами возбуждается дуга. Тепловой поток расплавляет поверхность чугуновых деталей. Выдуваемая большая часть расплавленного чугуна образует своеобразную разделку необходимой глубины. Сваривают сразу после разделки, пока деталь нагрета.

Канавку глубиной 6...8 мм, полученную после разделки, заваривают в один слой. Более глубокую канавку заваривают в два слоя и более, удаляя шлаковую корку после каждого из них. Оптимальный режим разделки и сварки:  $I = 250...330$  А;  $U = 44...48$  В; скорость разделки и сварки соответственно 0,3...0,8 и 0,5...0,8 см/с.

При сварке чугуна применяют *электроды* на основе медно-железных, медно-никелевых, никелево-железных и никелевых сплавов. Следует отметить, что холодную сварку чугуна стальными электродами следует применять лишь в крайних случаях, когда отсутствуют специальные сварочные материалы, приведенные ниже.

*Медно-железные* электроды (ОЗЧ-2) используют для заварки небольших трещин. Обрабатываемость сварного шва зависит от соотношения меди и железа в электроде. С увеличением содержания железа возрастает и количество углерода, диффундирующего из расплавленного чугуна, в результате чего увеличивается твердость металла шва. Электроды, состоящие из 80...95 % меди и имеющие фторсто-калиевое покрытие, обеспечивает хорошую обрабатываемость металла шва и достаточную прочность сварного соединения (70...80 % от прочности основного металла). Применяют электроды диаметром 3, 4 и 5 мм.

Силу тока регулируют из расчета 30...40 А на 1 мм диаметра. Чугун сваривают постоянным током (при обратной полярности) короткими участками сваривания (длина участка 30...50 мм), в несколько слоев с проковкой каждого слоя. Однако при применении таких электродов в околошовной зоне наблюдается четко выраженный отбел. Медно-железистые электроды не рекомендуются для проведения массовых сварочных работ, так как пары металла токсичны.

*Медно-никелевые* электроды (МНЧ-2) изготавливают из монель-металла (26 % меди, 70 % никеля, остальное железо и марганец). Наплавку ведут короткими валиками длиной 40...50 мм и сразу же после этого проковывают молотком. Сварку проводят при обратной полярности тока, величину которого устанавливают из расчета 40...50 А на 1 мм диаметра электрода, а при заварке тонких стенок детали (толщина 4...7 мм) – 35 А на 1 мм диаметра электрода. При сварке медно-никелевыми электродами получают легкообрабатываемый слой, так как медь и никель не растворяют углерод и не образуют с ним соединений. Высокая стоимость монель-металла и низкая прочность и плотность сварного шва ограничивают его применение при восстановлении деталей.

Стержнем электрода АНЧ-1 является аустенитная хромоникелевая проволока Св-07Х18Н9ТЮ, которую покрывают оболочкой толщиной до 0,75 мм. Сварку проводят постоянным током обратной полярности. Длина наплавки 30...40 мм. Рекомендуется тщательная проковка шва. Эти электроды применяются для сварки толстостенных деталей.

При сварке электродами марок ЦЛ-11, НЖ-13 и ЭНТУ-ЗБ со стержнем из нержавеющей стали возможны поперечные растрескивания металла шва. Эти электроды пригодны для заварки так же ответственных деталей, если не требуется механическая обработка шва.

Самозащитная проволока на никелевой основе ПАНЧ-11, специально создана Институтом электросварки им. Б.Е. Патона, для холодной сварки чугуна, содержит в своем составе большое количество никеля (50...90 %). В сварном шве отсутствуют трещины, что обеспечивают соединению высокую прочность, плотность и хорошо обрабатываются режущим инструментом.

Полуавтоматический способ сварки чугуна *порошковой проволокой* ППЧ-1, ППЧ-2, ППЧ-3 разработан Институтом электросварки им. Патона. Проволоку изготавливают непрерывным скатыванием в трубку низкоуглеродистой, стальной ленты толщиной 0,6 мм с одновременным наполнением трубки порошком (смесь размолотых компонентов) и последующим волочением. Сварку ведут в защитной среде углекислого газа, постоянным током обратной полярности. Для проволоки диаметром 3 мм рекомендуются следующие режимы сварки: сила тока 250...280А, напряжение дуги 28...32В, скорость подачи проволоки 2,1...2,7 м/мин, скорость сварки не более 0,08 м/мин.

Основными методами устранения повреждений деталей из *алюминиевых сплавов* являются: газовая, электродуговая и аргонодуговая сварка.

Самым прогрессивным, надежным, обеспечивающим высокое качество сварного соединения, по сравнению с другими способами ремонта алюминиевых деталей, является аргонодуговая сварка неплавящимся электродом.

При аргонодуговой сварке дуга горит между деталью и вольфрамовым электродом (ВЛ-10, ВА-1А, ВП-1, ВТ-15 диаметром 3...6 мм). В зону горения дуги под давлением подается аргон. Дуга разрушает поверхностную окисную пленку, а аргон предохраняет расплавленный и присадочный металлы от окисления. В качестве присадочного материала при ремонте алюминиевых деталей используется проволока Св-АК5 или Св-АК10. При заварке стенок толщиной более 10...25 мм в качестве присадочного материала следует использовать прутки, отлитые из алюминиевых сплавов.

К недостаткам способа следует отнести дефицитность аргона и высокую стоимость процесса – в 3 раза дороже, чем при газовой сварке.

Сущность способа *пайко-сварки* заключается в подогреве пламенем кромок, подлежащих сварке, не до расплавления, а до температуры 700...860° С. Невысокая температура нагрева исключает возникновение отбеливания и снижает склонность к образованию трещин после заварки.

Трещину разделяют обычным способом. Следы жиров удаляют ацетоном, бензином или другими растворителями. Процесс пайко-сварки ведут нор-

мальным пламенем газовой горелки. Флюс наносят на подготовленную поверхность основного металла после нагрева его до 300...400° С.

В качестве припоя используют чугунные присадочные стержни марки (ГОСТ 2671-70) НЧ-1 – при сварке тонкостенных отливок и НЧ-2 при сварке толстостенных, кремнистую латунь марки ЛОК-59-1-03 или припой ЛОМНА состава, %: олово – 0,9...1,0; марганец – 9,5...10,5; никель – 3,5...4,5; алюминий – 0,2...0,6; остальное медь.

При пайке чугунными прутками на поверхность наносят флюс ФСЧ-1 или МАФ-1 состава в частях по массе: 33 – бура плавляная, 12 – сода кальцинированная, 27 – селитра натриевая, 7 – окись кобальта. 12,5 – фтористый натрий, 8,5 – фторцирконистый калий. Прутки обмазывают флюсом, расплавляют и вводят в сварочную ванну. Вследствие шероховатости поверхности, получаемой от выгорания (окисления) графита и в результате диффузии, происходит соединение наплавленного металла с основным.

При низкотемпературной пайко-сварке латунными припоями используют поверхностно-активные флюсы ФПСН-1 и ФПСН-2 состава в частях по массе: 25 – углекислый литий, 25 – сода кальцинированная, 50 – борная кислота, имеющих температуру плавления 600...650° С. Активное флюсование обеспечивает хорошее смачивание и обслуживание кромок чугуна припоем без выжигания графита.

По окончании пайко-сварки рекомендуется проковка медным молотком массой около 0,5 кг.

Детали, имеющие трещины и пробоины, могут быть отремонтированы с использованием полимерных композиций на основе *эпоксидной смолы*. При ремонте чугунных деталей применяют эпоксидный состав Б, состава в частях по массе: смола (ЭД-16) – 100; пластификатор (дибутилфталат) – 15; отвердитель (полиэтиленполиамин) – 10; наполнитель (железный порошок) – 160). Для алюминиевых – эпоксидную композицию В, состава в частях по массе: смола (ЭД-16) – 100; пластификатор (дибутилфталат) – 15; отвердитель (полиэтиленполиамин) – 10; наполнитель (алюминиевая пудра) – 25) .

Вначале определяют границы трещины, накернивают и просверливают на

её концах отверстия диаметром 2,5...3 мм. Снимают фаску под углом 60...70° вдоль трещины на глубину 2...3 мм (при толщине стенок детали свыше 5 мм). При толщине стенок детали менее 5 мм снимать фаску не рекомендуется. Зачищают поверхность на расстоянии 40...50 мм по обе стороны трещины.

Дальнейший технологический процесс зависит от размеров трещины.

*При трещине длиной до 20 мм* производят обезжиривание защищённых участков протиранием тампоном, смоченным ацетоном, и просушиванием в течение 8...10 минут. При горизонтальном расположении поверхности детали наносят на зачищенный участок состав. В трещине состав уплотняют шпателем. Производят отверждение состава вначале при комнатной температуре в течение 12 часов, затем при нагревании в термошкафу: при 40° С – 48 ч., при 60° С – 24 ч., при 80° С – 5 ч., при 100° С – 3 ч. Зачищают подтёки и наплавы состава и проверяют качество заделки трещины осмотром через лупу 8...10-кратного увеличения. Покрытие не должно иметь трещин, пор, отставаний от поверхности детали.

*Трещину длиной 120...150 мм* заделывают так же, но после нанесения первого слоя эпоксидного состава на нее дополнительно накладывают стеклоткань с перекрытием трещины на 20...25 мм и прикатывают роликом. Затем вновь наносят слой эпоксидного состава, накладывают стеклоткань и прикатывают роликом, после чего опять наносят композицию и отверждают.

*Трещину длиной более 150 мм* разделяют и подготавливают так же. Изготавливают стальную накладку толщиной 1,5...2,0 мм с перекрытием трещины на 40...50 мм, сверлят в ней отверстие диаметром 10 мм на расстоянии 50...70 мм друг от друга. По этим отверстиям накернивают и сверлят отверстия в ремонтируемой детали, нарезают в них резьбу М8. Затем наносят на деталь и пластину эпоксидный состав, закрепляют накладку винтами и отверждают.

В последние годы для ремонта трещин в корпусных применяются *металлополимеры («холодная сварка»)*, представляющие систему высококачественных двухосновных синтетических полимеров (эпоксидный клей-шпаклевку или



силикон с упрочняющей добавкой стального порошка). Эти материалы устойчивы к агрессивным средам, сохраняет свои свойства до температуры 260° С, безотходны и просты в применении. После затвердевания допускается обработка на токарном станке, шлифование, сверление, нарезка резьбы, а также покраска. Возможно придание необходимой формы.

Получила распространение холодная сварка ABRO, ALTECO, Thortex, Metal-Tech EG, «Реком–Б», «Реком–супер», «Титан» отечественного производства и металлополимеры (композитные материалы), производства корпорации E. Wood (Англия), фирм: Belzona, Devcon, Diamant, Chester Molecular, Лео.

*Клеесварной способ* заделки трещин применяют в двух вариантах.

В первом варианте трещину подготавливают к сварке и заваривают. Затем сварной шов и околошовную поверхность шириной 40...50 мм по обе зачищают до металлического блеска, обезжиривают ацетоном и наносят тонкий слой эпоксидной композиции. После отверждения проверяют герметичность заделки трещин.

Во втором случае используют два разнородных технологических процесса: контактную точечную сварку и склеивание.

Поверхность вокруг трещин на 40...45 мм зачищают на глубину 0,3...0,6 мм, концы трещины засверливают сверлом диаметром 2...4 мм. Поверхность обдувают сжатым воздухом, обезжиривают ацетоном и наносят на нее тонкий (0,3...0,6 мм) слой клеевой композиции (рисунок 5). Существующие клеевые композиции, применяемые для заделки трещин, непригодны для приварки накладки к чугуну, поэтому применяют следу-

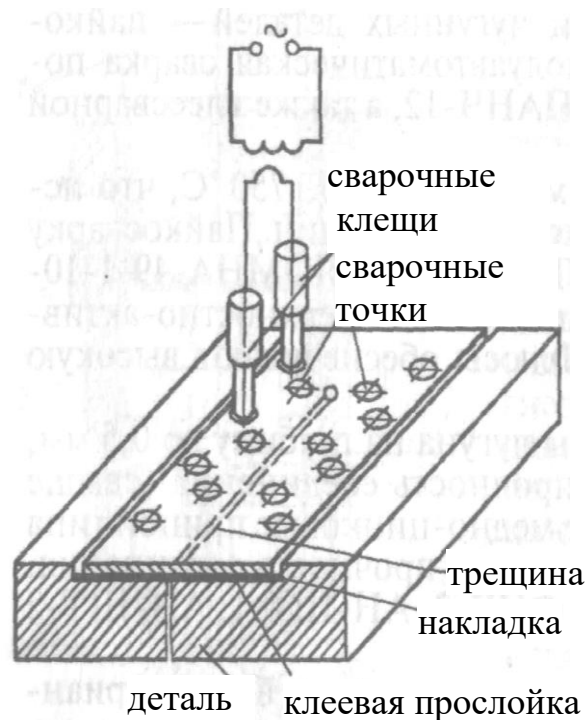


Рисунок 5 – Заделка трещины клеесварным способом

ющую композицию: смола ЭД-20 – 100 частей; полиэтиленполиамин – 12; растворитель тиокол – 20; пластификатор винилокс – 20; чугунный порошок – 50 частей. Затем на клеевой слой накладывают заранее изготовленную и обезжиренную стальную накладку из малоуглеродистой стали 10 или 20 толщиной 0,6...2 мм при толщине стенки 5...20 мм. Она должна перекрывать трещину на 15...20 мм по длине и на 30...40 мм по ширине.

Накладку приваривают контактным точечным способом, причем сварной шов делают не сплошным, а сварочными точками, расположенными в шахматном порядке по два ряда по обе стороны трещины в результате чего образуется клеесварное соединение. Расстояние между рядами 20...25 мм, шаг между точками 25...35 мм. Режим сварки зависит от толщины накладки. При толщине 1 мм сила тока сварки 10,5... 11,0 кА; усилие сжатия электродов 2,3...2,8 кН; длительность сварочного импульса 0,25...0,30 с; длительность сжатия электродов 0,72...0,76 с; сила тока отжига 8,9...9,0 кА; длительность отжига 0,45...0,48 с. Для приварки накладок используют сварочную машину К-264-УЗ и сварочные клещи К-243В. Диаметр электродов 5...6 мм.

По сравнению с дуговой сваркой способ повышает производительность и условия труда, а также дает возможность заделки трещин без ее предварительной разделки.

*Пробоины и сколы* в корпусных деталях можно удалять несколькими способами:

- установкой свертыша, пробки, вставки.
- заваркой пробоин и наплавкой сколов с последующей механической обработкой.
- с помощью эпоксидного состава с наложением металлических накладок заподлицо или внахлестку.

При *установке свертыша* поврежденное место рассверливают, нарезают в нем резьбу. В отверстие свертывают и стопорят кернением резьбовую пробку, смазанную суриком или эпоксидным составом.

*Установкой пробки* устраняют небольшие облоны, которые предвари-

тельно рассверливают и развертывают. В отверстие запрессовывают пробку, опиленную по форме ремонтируемой поверхности.

При ремонте *установкой накладки* вокруг пробки профрезеруют на расстоянии 10...20 мм паз. По форме паза изготавливают вставку из стали 10 или 20, которую запрессовывают в паз, дополнительно закрепив ее винтами.

При *заварке* изготавливают металлическую накладку, которую приваривают с соблюдением рекомендаций предложенных для заварки трещин.

При заделке пробки с помощью *эпоксидной композиции заподлицо* (рисунки 6, а)

притупляют острые кромки пробки, зачищают поверхность детали вокруг пробки до металлического блеска на расстоянии 10...20 мм. Кромки пробки и зачищенный участок поверхности вокруг пробки обезжиривают и просушивают в течение 8...10 мин. Из листовой стали толщиной 0,5...0,8 мм изготавливают накладку, которая должна перекрывать пробку на 10...20 мм. К центру накладки прикрепляют проволоку

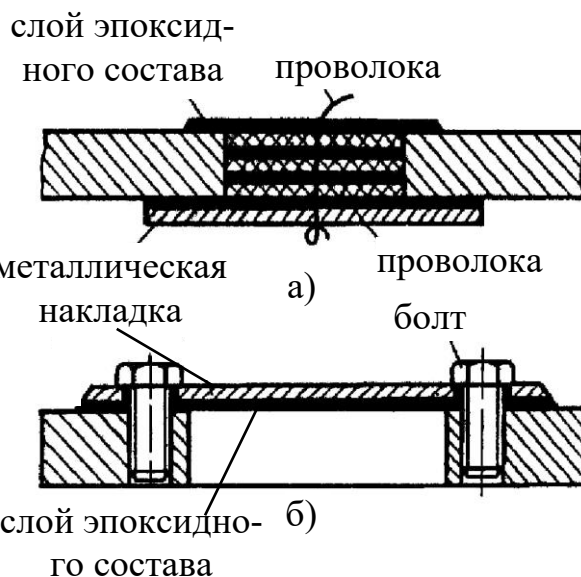


Рисунок 6 – Заделка пробки наложением накладок: а – заподлицо; б – внахлестку

диаметром 0,3...0,5 мм и длиной 130... 150 мм. Из стеклохолста изготавливают накладки по контуру пробки. После вторичного обезжиривания кромок пробки и зачищенного участка и просушивания на поверхность металлической накладки наносят тонкий слой эпоксидного состава. Металлическую накладку устанавливают под пробку и закрепляют проволокой. Сверху помещают накладку из стеклохолста, прикатывают ее роликом, наносят эпоксидный состав, затем вторую накладку из стеклохолста и прикатывают ее роликом. Операции с эпоксидным составом и накладками из стеклохолста повторяют до тех пор, пока пробка не будет заполнена по всей толщине стенки. На верхнюю накладку наносят слой эпоксидного состава и оставляют до отверждения.

В процессе заделки пробойны *эпоксидным составом с наложением накладки внахлестку* (рисунок 6, б) подготавливают место заделки, как и в предыдущем способе. Изготавливают из стали толщиной 1,5...2 мм накладку, перекрывающую пробойну на 40...50 мм. В накладке сверлят отверстия диаметром 10 мм. Центры отверстий должны находиться на расстоянии 50...70 мм по периметру пробойны и 10 мм от краев накладки. В детали сверлят отверстие диаметром 6,8 мм и нарезают в них резьбу М8х1. Поверхность накладки, соприкасающуюся с деталью, зачищают до металлического блеска. Зачищенные поверхности детали и накладки обезжиривают и затем на них наносят тонкий слой эпоксидного состава. Установив накладку на пробойну, заворачивают болты, предварительно смазав их резьбовые поверхности тонким слоем эпоксидного состава.

После отверждения зачищают подтеки и наплывы эпоксидной композиции и проверяют качество ремонта.

Способ позволяет снизить себестоимость ремонта, по сравнению с применением дуговой сварки, однако достаточно трудоемок.

### **1.3 Восстановление резьбовых отверстий**

Износ резьбовых отверстий встречается у 30...35 % деталей, изготовленных из алюминиевых сплавов и у 10...15 % чугунных корпусов, прошедших дефектацию. Характер износа резьбовых отверстий, независимо от материала детали, примерно одинаков: наибольший износ имеют первые два-три витка резьбы, остальные изнашиваются значительно меньше. Это объясняется различной нагрузкой на витки резьбового соединения: первый виток нагружен в пять-шесть раз больше последнего.

Внутреннюю резьбу восстанавливают:

- слесарно-механическими способами: нарезанием резьбы ремонтного размера; нарезанием резьбы нормального размера на новом месте;
- заваркой отверстия и последующим сверлением и нарезанием резьбы нормального размера;

- полимерными материалами;
- установкой: ввертыша (резьбовой пробки); переходной втулки; резьбовой спиральной вставки; тонкостенной резьбовой втулки.

При *восстановлении резьбы до ремонтного размера* изношенную резьбу срезают и нарезают новую увеличенного размера (вместо М14 – М16). Способ отличается простотой и доступностью. Однако в тоже время уменьшается прочность соединения, нарушается взаимозаменяемость, кроме того, часто приходится изготавливать ступенчатую шпильку с уступом и резьбой двух диаметров: большего – для завинчивания шпильки в одну из соединяемых деталей, меньшего – для соединения со второй и стягивания их гайкой (рисунок 7).

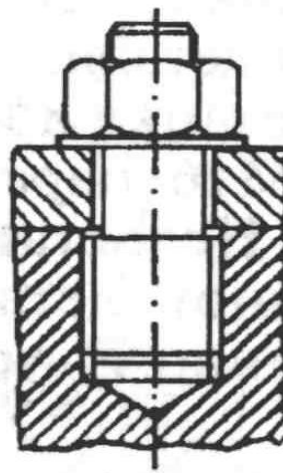


Рисунок 7 – Установка ступенчатой шпильки

Если конструкция деталей соединения позволяет изменить расположение резьбового отверстия без нарушения взаимозаменяемости, то в новом месте просверливают отверстие и *нарезают резьбу нормального размера*.

При *заварке* резьбовых отверстий в алюминиевых и чугунных деталях необходимо помнить о трудностях и особенностях сварки этих материалов, которые приводят к резкому снижению прочности резьбы. Перед заваркой обязательно удаляют старую резьбу. Иногда отверстие в детали заваривают, сверлят рядом другое отверстие и нарезают в нем резьбу заданного диаметра. Новое отверстие просверливают и во второй соединяемой детали.

При восстановлении резьбового отверстия с использованием *полимерных материалов* применяют композиции на базе эпоксидной смолы ЭД-16 и анаэробные герметики «Анатерм» или «Унигерм». При зазоре в резьбовом соединении до 0,3 мм применяют состав на базе эпоксидной смолы ЭД-16 или герметики, при большем зазоре в композицию вводят наполнители.

При установке *ввертыша* (резьбовой пробки) резьбовое отверстие рас-

сверливают или растачивают, нарезают в нем резьбу и ввертывают пробку, изготовленную из мало- или среднеуглеродистой сталей независимо от материала ремонтируемой детали. Наружный диаметр свертыша определяют

$$d = d_1 \sqrt{\frac{\sigma_B}{\sigma_K}},$$

где  $d$  – наружный диаметр свертыша, мм;  $d_1$  – наружный диаметр резьбы болта, мм;  $\sigma_B$  – предел прочности материала болта, МПа;  $\sigma_K$  – предел прочности материала корпуса (ремонтируемой детали), МПа

Затем в пробке сверлят отверстие и нарезают резьбу нормального размера. Часто свертыши закрепляют постановкой их на клеевые композиции или стопорными шпильками, ввернутыми на границе пробки с деталью.

При восстановлении номинальной резьбы целесообразно использовать толстостенную *переходную втулку* (рисунок 8). Изношенное резьбовое отверстие рассверливают, нарезают новую резьбу. Изготавливают переходную втулку с наружной и внутренней резьбой, рассчитанной на нормальный винт. Резьбу в корпусе, а также на переходной втулке обезжиривают, наносят на сопряженные поверхности эпоксидный состав и ввинчивают втулку в деталь заподлицо с плоскостью детали и стопорят винтом. После за-

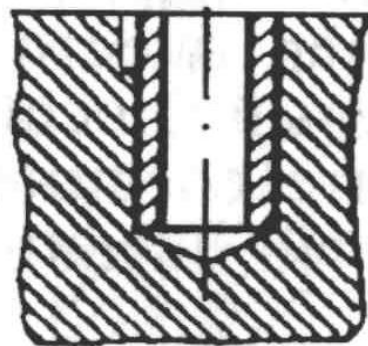


Рисунок 8 – Переходная втулка

твердевания эпоксидного состава образуется надежное соединение.

Эти способы малопроизводительны и неприменимы для ремонта резьбовых соединений в тонкостенных деталях.

Для ремонта резьбовых отверстий применяется способ установки *резьбовых спиральных вставок* (рисунок 9). Изготавливают вставку в виде пружинящей спирали из нержавеющей проволоки X18M10T ромбического сечения с острым углом  $60^\circ$ . Наружная и внутренняя поверхности вставки представляют собой метрическую резьбу разных размеров (M10 и M8, M12 и M10 и т.д.). На одном конце вставки имеется технологический поводок, с помощью которого

специальным ключом ее ввертывают в отверстие и затем удаляют специальным бородком. Технология заключается в рассверливании изношенного отверстия и нарезании в нем с тем же шагом резьбы размером, в заворачивании спиральной вставки и удалении технологического поводка. Для ремонта резьбовых отверстий спиральными вставками разработан комплект инструмента и оснастки ОР-5526 ГОСНИТИ.

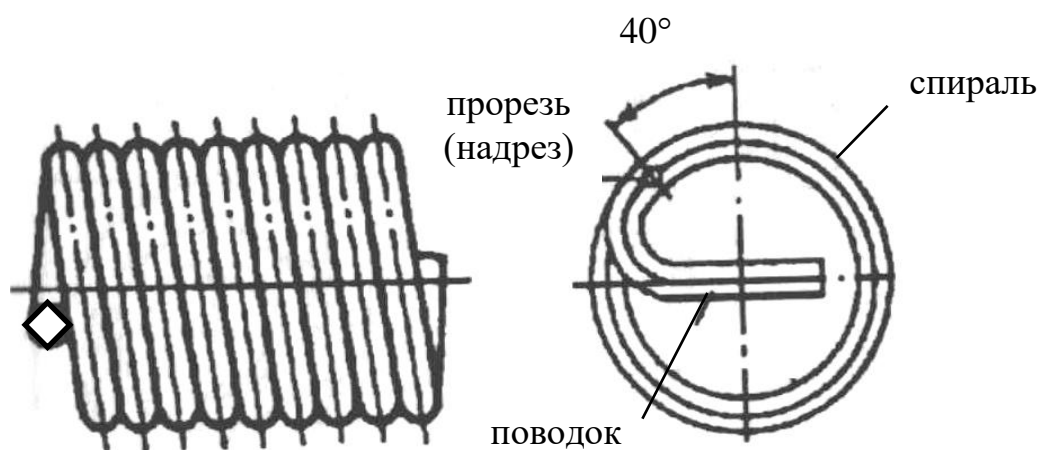


Рисунок 9 – Спиральная вставка

Так как наружный диаметр спиральной вставки больше наружного диаметра резьбы отверстия, это обеспечивает плотное сопряжение вставки с витками восстанавливаемой резьбы после заворачивания вставки в резьбовое отверстие и, следовательно, необходимую прочность восстановленной резьбы. Высокая износостойкость вставки и значительное улучшение за счет нее равномерности распределения нагрузки по виткам резьбы повышают срок службы восстановленных отверстий в 2 раза и более по сравнению с новыми отверстиями.

Для восстановления внутренней резьбы диаметром М4...М18 и длиной от 6 до 27 мм используют специальную *тонкостенную резьбовую вставку*, предложенную фирмой «Вюрт». Втулка имеет наружную и внутреннюю резьбу, причем внутренняя резьба в нижней части имеет недорезанный на 2...3 витка резьбовой участок. В верхней части имеется специальный буртик, диаметр которого на 0,5...1 мм больше диаметра наружной резьбы. Втулки устанавливают с помощью специального комплекта инструментов.

Технология восстановления заключается в следующем. После очистки

детали резьбовое соединение высверливают сверлом соосно отверстию. Затем фрезой нарезают опорное гнездо под буртик на глубину 0,8...1 мм. Метчиком в отверстии нарезают резьбу под наружный диаметр резьбовой вставки. При этом метчик устанавливают строго соосно восстанавливаемому резьбовому отверстию. Резьбовую вставку с помощью резьбонакатчика вворачивают в резьбовое отверстие до тех пор, пока буртик вставки не вошел в опорное гнездо. Обратным ходом резьбонакатчика завершается обработка резьбы.

Эти способы высокопроизводительны и относительно дешевы. Главным их достоинством следует считать возможность восстанавливать резьбовые отверстия до нормального размера в любых деталях, в том числе тонкостенных.

#### **1.4 Устранение коробления или деформаций установочных, привалочных и стыковых плоскостей**

Коробление плоскостей устраняют механической обработкой: *шлифованием, фрезерованием* или *шабрением*. Шабрение используют в случае если отклонение от плоскостности более 0,02 мм на длине 100 мм, фрезерование и шлифование при отклонении более 0,2 мм.

Один из наиболее распространенных дефектов блока цилиндров – деформация плоскости стыка с головкой (привалочной), возникающая, как правило, вследствие перегрева двигателя или перетяжки болтов крепления головки. Часто после длительной эксплуатации плоскость деформируется на 0,03...0,05 мм. Восстановление привалочной плоскости при короблении выше указанного обязательно. С этой целью проводят притирку абразивной пастой на плите, фрезерование или шлифование. При этом нежелательно снимать с верхней плоскости более 0,1...0,2 мм, так как в противном случае придется дополнительно углублять гнезда под гильзы и шлифовать днище поршня. Деформацию плоскости менее 0,02...0,03 мм может быть оставлена без исправления, однако в этом случае проблематично получить идеальный стык с головкой блока.

Ремонт привалочных плоскостей головок блоков цилиндров осуществляется *фрезерованием и установкой или приклеиванием прокладок*, изготовлен-



ных из листового алюминия или его сплавов. Однако срок службы таких двигателей невысок, так как в процессе работы двигателя в связи с его вибрацией происходит отвертывание крепежных гаек, что приводит к течи охлаждающей жидкости. При приклеивании прокладок вследствие действия высоких температур наблюдается выгорание клея в области камер сгорания.

Дефекты привалочной плоскости коррозионного характера устраняют способом аргонодуговой наплавки, однако такой способ нежелателен в связи со значительной деформацией детали.

Более перспективным является способ *электродуговой металлизации* алюминиевой проволокой. Технологический процесс включает в себя следующие операции: очистка детали в растворе «Лабомид-203» при температуре 80...100°C; дефектация; предварительная механическая обработка на вертикально фрезерном станке 6М12П; подготовка поверхности к металлизации; металлизация и фрезерование. Нанесение покрытия проводят с помощью электрометаллизатора ЭМ-12 проволокой СВАк-5 диаметром 2 мм при следующем режиме: ток дуги 300 А; напряжение 28...32 В; давление сжатого воздуха 0,4...0,6 МПа; дистанция металлизации 80...100 мм.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие дефекты характерны для корпусных деталей и как они проявляются?
2. Какие способы восстановления могут быть использованы при восстановлении посадочных отверстий корпусных деталей?
3. В чем заключается восстановление посадочных отверстий постановкой дополнительной ремонтной детали?
4. Посадочные отверстия каких корпусных деталей могут быть восстановлены пластическим деформированием?
5. В чем специфика электроконтактной приварки ленты при восстановлении корпусных деталей, изготовленных из чугуна?
6. Какие дефекты корпусных деталей могут быть устранены с помощью полимерных материалов?
7. Какие методы применяются при устранении нарушении целостности?
8. В чем особенность применения сварочных методов при заделке трещин в корпусных деталях?
9. В каких случаях целесообразно использовать полимерные материалы при заделке трещин и пробоин?

10. Какие методы используют в ремонтном производстве при восстановлении резьбовых отверстий в корпусных деталях?
11. Что такое резьбовая спиральная вставка?
12. Как и когда необходимо устранять коробление привалочной плоскости блока цилиндров?

## **2 Восстановление деталей типа «вал»**

Гладкие, шлицевые валы и другие детали типа «вал» составляют большую номенклатуру восстанавливаемых деталей. К таким деталям относят колеччатые и распределительные валы, валы коробок передач, карданные валы, валы и полуоси задних мостов, валики водяного насоса и т.д. Валы изготавливают из среднеуглеродистых, низколегированных сталей и подвергают термической обработке: улучшению, закалке ТВЧ, химико-термической обработке, нормализации. В процессе эксплуатации они подвергаются знакопеременным и динамическим нагрузкам, изгибу, скручиванию, трению при высоких удельных нагрузках и нагрузках при наличии абразива.

Характерный дефект деталей этого типа – *износ: посадочных поверхностей, шпоночных пазов, резьбы, шлицев, кулачков, а также нарушение формы (изгиб, скручивание)*. Валы с трещинами, как правило, выбраковываются.

Независимо от конструкции и назначения валов, можно выделить общие принципы их восстановления. Вначале валы очищают и проводят правку. После этого восстанавливают технологические базы (центровые отверстия), затем правят окончательно. После восстановления проводят черновую и чистовую механическую обработку. Основными требованиями, которые необходимо выполнить при восстановлении валов, являются обеспечение: размеров, шероховатости, допусков формы; параллельности боковых поверхностей зубьев шлицевой поверхности и шпоночных пазов оси вала; требуемых механических свойств восстанавливаемых поверхностей; получения качественного покрытия.

### **2.1 Восстановление посадочных поверхностей**

Шейки под неподвижные соединения (подшипники качения, шкивы и

др.) изнашиваются равномерно и незначительно (до 0,10...0,15 на диаметр). Износ посадочных поверхностей подвижных соединений (сальники, шестерни и др.) может достигать нескольких миллиметров и имеет неравномерный по диаметру, иногда даже односторонний характер. Даже при незначительных износах (0,05...0,08 мм) на шейках наблюдаются многочисленные риски, царапины, канавки. В зависимости от значения и характера износа и возможностей ремонтной базы, шейки деталей типа «вал» восстанавливают:

- слесарно-механическими способами: обработкой под ремонтный размер; постановкой дополнительной ремонтной детали;
- гальваническими покрытиями;
- наплавкой;
- электроконтактной приваркой металлического слоя;
- газотермическим напылением (металлизацией);
- полимерными материалами;
- пластическим деформированием.

При *обработке под ремонтный размер* допускается уменьшение диаметрального размера шеек на 5...10 % в зависимости от характера воспринимаемых валом нагрузок. Если требуется восстановление до нормального размера, то применяют *постановку ДРД* (втулок, колец), поверхность которой после напрессовки доводят механической обработкой для заданного размера. Размер проточки под дополнительную деталь должен обеспечить толщину ее стенки не менее 3...6 мм. Если эти детали воспринимают осевые нагрузки, то кроме напрессовки с натягом, необходимо их закреплять штифтами толщиной 6...8 мм или приваривать. Постановка ДРД возможна лишь тогда, когда это позволяет конструкция вала, а восстановить шейку до номинального размера невозможно или затруднительно.

При восстановлении малоизношенных шеек (до 0,15 мм) наносят *гальванические покрытия*. *Железнение* рекомендуется использовать при износе до 0,5...0,8 мм на диаметр, *хромирование* – до 0,3 мм. Шейки крупных валов восстанавливают *электроконтактным размерным железнением* (электронатира-

нием). Эти способы позволяют получить покрытия хорошего качества, минимизировать объем механической обработки или вовсе ее исключить, однако их целесообразно применять только при массовом восстановлении деталей в условиях специализированных предприятий.

Наиболее часто при восстановлении шеек с износом более 0,3 мм на сторону применяют дуговые способы *наплавки*: вибродуговую, в среде углекислого газа, плазменную, под слоем флюса. Выбор способа наплавки зависит от материала и геометрических параметров детали. Требуемые физико-механические свойства наплавленного слоя обеспечиваются соответствующим подбором электродного материала.

Так *вибродуговая наплавка*, хотя и позволяет восстанавливать детали малого диаметра (от 8 мм), приводит к снижению усталостной прочности до 60 % вследствие образования закалочных структур, пор и микротрещин в покрытии при его высокой скорости охлаждения. Это необходимо учитывать при выборе номенклатуры деталей. Повысить усталостную прочность можно последующим применением современных упрочняющих технологий (термомеханическое или ультразвуковое упрочнение), что усложняет технологический процесс и повышает себестоимость восстановления. Для наплавки применяют углеродистую проволоку (Св-08, Нп-65Г, Нп-30, Нп-50) диаметром 1...3 мм, обеспечивающую твердость покрытия 25...60 HRC.

Наиболее часто в ремонтном производстве используют *наплавку в среде углекислого газа*, вследствие его доступности и низкой стоимости. Способ также позволяет восстанавливать детали малого диаметра (начиная с 10 мм). Однако, вследствие диссоциации диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) происходит интенсивное выгорание углерода, легирующих компонентов, что ухудшает качество наплавленного металла. Поэтому для устранения этого явления рекомендуется применять электродный материал, содержащий 1...2 % раскисляющих элементов (марганец и кремний) – Св-08Г2С, Св-30ХГСМА, Св-15Х12НМВФБ диаметром 0,5...2,5 мм, а также порошковыми проволоками. Твердость наплавленного слоя составляет 220...290 НВ.

Хорошая производительность (4...5,5 кг/ч), возможность получать покрытия толщиной 0,2...6,5 мм и шириной 1,2...4,5 мм с твердостью 20...60 HRC, малая глубина проплавления основного металла (0,3...3,5 мм) позволяют рекомендовать *плазменную наплавку* для восстановления деталей диаметром от 12...15 мм, при снижении предела выносливости на 10...15 %. Недостатком считают высокую стоимость применяемых материалов: аргона и порошковых твердых сплавов.

Область применения *наплавки под слоем флюса* распространяется на детали, имеющие диаметр более 50 мм, так как высокие плотности тока (до 150...200 А/мм<sup>2</sup>), хотя и позволяют на порядок увеличить производительность процесса, по сравнению с ручной дуговой наплавкой, оказывают существенное термическое влияние на деталь, что увеличивает зону термического влияния, может привести к деформациям и прожогам. Кроме того, после наплавки обычно требуется последующая термическая обработка. Наплавка проволоками СВ-80А, Нп-30, Нп-40, Нп-60, Нп-30ХГСА под слоем плавящихся флюсов (АН-348А, ОСЦ-45) обеспечивает твердость 187...300 НВ. Использование керамических флюсов (АНК-18, АНК-30, ЖСН-1) с указанными проволоками позволяет повысить твердость до 40...55 HRC.

*Электроконтактной приваркой металлического слоя* (ленты, проволоки), имеющей ряд положительных моментов, рассмотренных ранее (см. п.1.1), восстанавливают поверхности неподвижных сопряжений при износе до 1,5 мм на диаметр. Перед приваркой шейку шлифуют до диаметра на 0,3 меньше номинального. Длина заготовки ленты равна длине окружности шейки, зазор в стыке ленты – не более 0,5 мм. Ширина ленты должна быть равна ширине восстанавливаемой шейки. Материал ленты зависит от требуемой твердости поверхности шейки, например лента из стали 40 обеспечивает твердость 40...45 HRC, а из стали 40Х – 55...60 HRC. Режим приварки ленты к шейке диаметром 20...100 мм: скорость сварки 0,75...1,3 м/мин; подача сварочных электродов 5...6 м/мин; усилие сжатия сварочных электродов 1...3 кН; сила тока 5...8 кА; продолжительность импульса сварки 0,06...0,08 с; продолжительность паузы

0,12...0,10 с; расход охлаждающей жидкости 1,0...1,6 л/мин. После приварки деталь шлифуют.

С целью повышения производительности процесса восстановления валов, имеющих высокую степень износа, электроконтактную приварку рекомендуется выполнять двумя проволоками из стали 15ГСТЮЦА диаметром 1,6 мм с дополнительной подачей порошка ПГ-СР2 с размером гранул 200...400 мкм. Твердость получаемого покрытия составляет 44...46 НРС. Восстанавливать и упрочнять поверхность также можно и с применением только одного порошка (*напекание*).

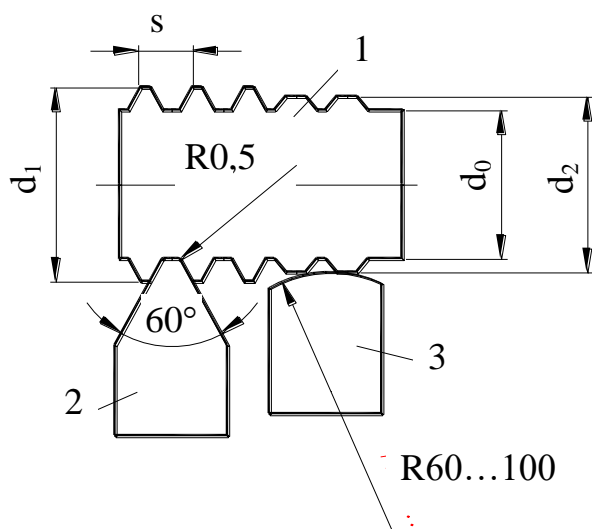
При восстановлении поверхностей неподвижных соединений *электродуговой металлизацией* (газотермическим напылением) используют малоуглеродистую проволоку из стали 08, 10, 15, 20. Для получения износостойких покрытий на шейках подвижных соединений рекомендуется проволока из высокоуглеродистых (У7, У7А, У8, У10) и легированных сталей. При *плазменном напылении* – порошковые композиции на основе никеля и титана (ПН85Ю15, ПН55Т45) и хромборникелевые (ПР-Н80Х13С2Р, ПГ-ХН80СР4), обеспечивающие твердость слоя 35...50 НРС. Перспективным способом, позволяющим получить высокие свойства покрытия, считают *детонационное напыление* порошков бронзы, карбидов тугоплавких металлов, оксидов. Однако, помимо того, что для улучшения сцепляемости покрытия с основным металлом требуются специальная предварительная подготовка поверхности, прочность покрытия снижается с увеличением его толщины, поэтому напыление следует применять при компенсации износа до 0,4...0,6 мм.

*Полимерные материалы* (эпоксидные композиции, анаэробные материалы), обеспечивающие хорошее качество ремонта при низкой себестоимости, также применяют при восстановлении шеек под подшипники. Технологический процесс заключается в подготовке поверхности, нанесения полимерного материала, отверждение и механической обработке до номинального размера. Наличие полимерной пленки между стальными поверхностями предотвращает фреттинг-коррозию – основной вид изнашивания неподвижных соединений.

При малых износах, в основном шеек под подшипники качения, применяют способы, основанные на *пластическом деформировании* (раздачу, высадку, накатку, электромеханическую обработку).

Шейки пустотелых валов можно восстанавливать *раздачей*, перед которой закаленные или цементированные валы подвергают отжигу или высокому отпуску. *Высадкой* (разновидность осадки) в специальных штампах восстанавливают шейки, расположенные на концах стальных валов. Слабонагруженные шейки под подшипники качения восстанавливают *накаткой* зубчатым роликом. Накатка деталей твердостью менее 32 HRC проводится без предварительной термической обработки при обильном охлаждении маслом. Скорость накатки 10...15 м/мин; продольная подача 0,4...0,6 мм/об. При большей твердости деталь подвергают отпуску.

При восстановлении посадочных мест под подшипниками на валах с износом до 0,15 мм эффективна *электромеханическая обработка*: высадка и сглаживание. Вал устанавливают в центрах токарновинторезного станка. При вращении детали к ней прижимается высаживающая пластина, имеющая продольную подачу. Через зону контакта детали и инструмента пропускается ток большой силы и низкого напряжения, который мгновенно нагревает металл до 800...900° С. Нагретый металл выдавливается, образуя выступы, аналогичные резьбе, увеличивая диаметр детали с  $d_0$  до  $d_1$ . Вторым проходом сглаживающего инструмента высаженную поверхность сглаживают до диаметра  $d_2$ , который больше  $d_0$  (рисунок 10).



1 – деталь, 2 – высаживающая пластинка 3 – сглаживающая пластинка,  
Рисунок 10 – Схема электромеханической обработки

Режимы обработки при высадке: скорость вращения детали 1,5...8 м/мин; подача 1...2 мм/об; число проходов 2...4; сила тока 400...500 А; напряжение 1...2 В; давление на инструмент при обработке закаленных деталей 900...1200 Н; незакаленных – 600...800 Н. При сглаживании: скорость вращения детали 5...8 м/мин; подача 0,3...1,5 мм/об; число проходов 1...2; сила тока 250...400 А; давление на инструмент

и 300...400 Н. Получаемая шероховатость поверхности соответствует классу частоту, получаемом при шлифовании. Одновременно значительно улучшаются механические свойства поверхностных слоев обрабатываемой детали за счет его закалки на глубину до 0,1 мм.

При большом износе в высаженную канавку вводят дополнительный материал – стальную проволоку диаметром 1,4 мм. При прохождении тока силой 1300...1500 А проволока нагревается до температуры 1000...1200° С, а под давлением ролика 400...500 Н деформируется и заполняет винтовую канавку. Сцепляемость проволоки с основным материалом достигается благодаря частичной сварки и диффузии. Возможен и другой вариант: после навивке проволоки диаметром 0,5 мм выполняют обычное сглаживание в 4...6 проходов.

При высокой производительности, отсутствии коробления деталей и низкой себестоимости восстановления, при использовании ЭМО возникают трудности в получении в процессе обработки сплошного контакта инструмента с поверхностью, кроме того, применяемые инструменты обладают недостаточной стойкостью.

Высокую частоту поверхности восстановленных валов и прочной поверхностный слой можно получить после *поверхностного пластического деформирования* (обкатка шариками или роликами, алмазное выглаживание, ультразвуковое упрочнение и т.д.)

Определенный интерес представляет разработанный в последнее время *безразборный метод* ремонта соединения. В ремонтном производстве известны специальные составы, предназначенные для уменьшения коэффициента трения и износа. Например модификаторы трения (тифлон, дисульфид молибдена и др.), формируют на поверхности трущихся деталей защитные пленки, обладающие легким сдвигом в плоскости скольжения, что снижает трение, но практически не защищает от изнашивания трущиеся пары. Кондиционеры металла типа ER (США) или ФЕНОМ (Россия), воздействуя непосредственно на металл трущихся поверхностей, создают защитный слой, снижающий трение и износ, защищающий от задиров. Однако эти препараты не восстанавливают изношенные поверхности пар трения, а формируют на поверхностях самовосстанавливающуюся пленку из чистого железа толщиной 250 мкм.



Компенсировать увеличение зазоров в результате изнашивания позволяют *ремонтно-восстановительные составы* (РВС) или *ревитализанты*. Препараты этого класса позволяют восстанавливать размеры изношенных деталей без разборки агрегата в режиме штатной эксплуатации. Известны композиции типа: медь–олово–серебро, медь–свинец–серебро (РиМет, ХАДО) и один из перспективных – металлокерамический защитный слой по РВС-технологии.

Ремонтно-восстановительный состав представляет собой добавляемую в смазочный материал смесь минералов и специальных добавок-катализаторов, которые в смазочном материале не растворяются, в химические реакции с ним не вступают и из-за малой концентрации не меняют его вязкость. РВС, попадая со смазочным материалом в зоны контакта, наращивает на поверхностях, подверженных износу, металлокерамический защитный слой. Основные показатели металлокерамического защитного слоя следующие: температура разрушения 1600°С; коэффициент трения до 0,003; твердость до 65 HRC; диэлектрик; химически нейтрален. При этом на поверхности детали сглаживается микрорельеф, уменьшаются зазоры в подвижных соединениях. Толщина металлокерамического защитного слоя зависит от энергии, выделяемой при трении: после выравнивания микрорельефа поверхностей оптимизируются зазоры, уменьшается коэффициент трения, соответственно уменьшается тепловыделение и реакция образования защитного слоя останавливается.

### **2.1.1 Восстановление коренных и шатунных шеек коленчатых валов автотракторных двигателей**

Коленчатый вал является высоконагруженной деталью двигателя. В процессе эксплуатации двигатель машины подвержен различным нагрузкам, в том числе и неблагоприятным, это пуск двигателя в холодных условиях, не качественное смазочное масло, работа в запыленных условиях и т. д.

При эксплуатации двигателя в результате действия высоких и непостоянных динамических нагрузок от давления газов и сил инерции возвратно-поступательно движущихся и вращающихся частей вал подвергается кручению и изгибу, отдельные поверхности (шатунные и коренные шейки и др.) – изна-

шиванию, появляются микротрещины которые могут привести к поломке коленчатого вала и выходу из строя всего двигателя.

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, то есть 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, который определяют следующим образом. Измеряют диаметры всех одноименных шеек и находят минимальный из них  $d_{min}$ . Затем рассчитывают теоретический ремонтный размер

$$d_p^T = d_{min} - a,$$

где  $a$  – припуск на шлифование,  $a = 0,08 \dots 0,1$  мм.

Затем по таблице выбирают ремонтный размер, так чтобы

$$d_p \leq d_p^T.$$

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 обрабо-

танними 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 предусматривает 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 течении 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 % 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 % 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 зависит от типа двигателя и конкретной конструкции коленчатого вала и шатунов.

Коренные и шатунные шейки, вышедшие за ремонтный размер восстанавливают наращиванием различными методами: *наплавкой под флюсом, плазменной, в среде защитных газов, широкослойной и т.д.); гальваническими покрытиями (железнением, хромированием); металлизацией; напеканием порошков; электроконтактной приваркой ленты; приваркой или приклеиванием полуколец; пластинированием* и т.д.

Наиболее часто (85 % объема) восстановления шеек коленчатых валов выполняют наплавочными способами и прежде всего наплавляют под слоем флюса. При этом можно выделить следующие основные варианты технологических процессов:

- наплавка без термической обработки;

- наплавка с последующей термической обработкой;
- термическая обработка, наплавка, термическая обработка;
- наплавка, упрочнение.

Наиболее распространенной считают наплавку пружинной проволокой второго класса под слоем легированного флюса, представляющего собой смесь, состоящую из плавленого флюса АН-348А (93,2 %), феррохрома (2,2 %), графита (2,3 %) и жидкого стекла (2,5 %). Этот метод несложен, однако резко снижает усталостную прочность наплавленных коленчатых валов из-за наличия огромного количества трещин.

Разработана наиболее прогрессивная технология наплавки изношенных коленчатых валов. Она предусматривает наплавку шеек валов проволокой Нп-30ХГСА под флюсом АН-348А с последующей механической обработкой и полным повторным циклом термической обработки (нормализация и закалка ТВЧ). Эта технология требует специального термического оборудования и целесообразна при большой производственной программе восстановления.

На Ярославском моторном заводе разработана и внедрена технология восстановления изношенных коленчатых валов двигателей ЯМЗ-240, их коренные опоры работают в паре с подшипниками качения и выполнены в виде беговых дорожек. Это и определило необходимость применения легированной высокоуглеродистой стали 60ХФА для обеспечения высокой твердости (не менее НРС 62), а также усталостной и контактной прочности. Перед наплавкой шатунные шейки предварительно шлифуют с занижением диаметра на 3 мм относительно номинального с целью удаления поверхностных дефектов в виде мелких трещин и т.д. Затем вал прогревают в печи шахтного типа до температуры 150...180° С. Непосредственно перед наплавкой и в процессе ее каждая шатунная шейка прогревается до температуры 350...400° С газовой горелкой. При этом рядом расположенные коренные опоры охлаждают водяным душем.

Наплавку ведут от галтелей к середине шейки на следующих режимах: проволока Нп-30ХГСА диаметром 1,8 мм; флюс АН-348А; сила сварочного тока 150...160 А; напряжение дуги 24...26 В; частота вращения 1 мин<sup>-1</sup>; подача

проволоки 87 м/ч; подача суппорта 4,5 мм/об; вылет электрода 20...25 мм; смещение с зенита, в сторону, обратную вращению 6...8 мм.

При предварительном, объемном подогреве коленчатого вала до температуры 150...160° С уменьшается перепад температур по сечению наплавляемой шейки. Вследствие этого замедляется скорость охлаждения поверхностных слоев и исключается трещинообразование.

После наплавки шейки подвергают высокому отпуску с нагревом ТВЧ до температуры 750...800° С. Затем их шлифуют и закаливают ТВЧ. Перед наплавкой, после нее и перед окончательным шлифованием валы правят наклепом. Затем их балансируют и полируют.

Шейки коленчатых валов восстанавливают многократной термической обработкой (технология предложена Алтайским моторным заводом для двигателя А-41). В данном случае проводят: шлифование шеек, подогрев ТВЧ, наплавку, высокотемпературный отпуск нагревом ТВЧ, правку, токарную обработку шеек, черновое шлифование, закалку, низкотемпературный отпуск шеек, чистовое шлифование и полирование шеек, дефектоскопию и балансировку вала. Усталостная прочность восстановленных по такой технологии валов составляет не менее 80 % новых.

Для повышения усталостной прочности восстановленных коленчатых валов разработаны и внедрены конструктивно-технологические мероприятия. Первое из них предусматривает наплавку цилиндрической части шейки и галтели проволоками разного химического состава. Так, галтель наплавляют проволокой Св-08 под флюсом АН-348, цилиндрическую часть – проволокой Нп-30ХГСА под смесью флюсов (30 % АН-348 + 70 % АНК-18). Твердость металла составляет соответственно 20...24 и 50...56 НРС.

Второе предусматривает наплавку цилиндрической шейки вала, исключая галтель (рисунок 11). В этом случае можно использовать порошковую проволоку ПП-АН-122 или ПП-АН-128; проволоку Нп-30ХГСА и смесь флюсов АН-348 и АНК-18.

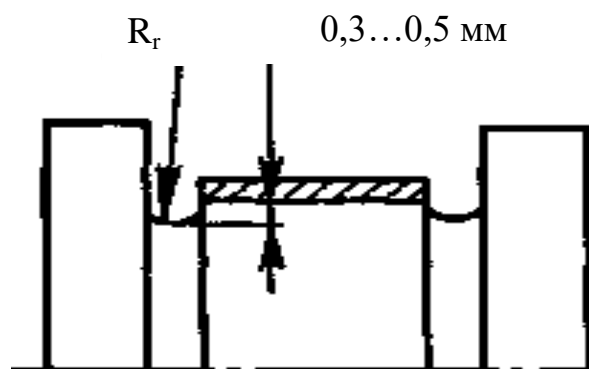


Рисунок 11 – Наплавка шеек с углублением и упрочнением галтелей

После наплавки и чернового шлифования шеек галтели шлифуют по заданному радиусу с углублением в тело шейки на 0,4...0,5 мм. Удаляют наиболее напряженные слои металла. Далее проводят упрочняющую дробеструйную обработку галтели в течении 1 мин под давлением 0,6 МПа, чистовое шлифование и полирование.

Для восстановления шеек валов используют электроконтактную припайку стальной ленты из стали 50ХФА, дуговую металлизацию порошковой проволокой ПП-ОМ-2.

К перспективным и эффективным способам восстановления относится плазменная наплавка. Рекомендуется комбинированный способ наплавки, предусматривающий одновременную подачу проволоки и порошка. Для коленчатых валов, изготовленных из стали 50Г (двигатель Д-240) рекомендуется применять проволоку Св-15ГСТЮЦА (75...80 %) и порошок ПГ-СР4 или ПГ-СР3 (20...25 %). При восстановлении коленчатых валов, изготовленных из стали 45 (СМД-14, А-41 и др.), шейки наплавляют композицией проволока Св-08МХ или Св-08Г2С (85 %) + порошок ПГ-СР4 (ГЗ %), а галтели – той же композицией, но в соотношении 75 и 11 %.

Технология восстановления шеек коленчатого вала приваркой стальных полуколец (рисунок 12), включает в себя: шлифование шеек; нанесение разгружающих выточек на галтелях в плоскости, перпендикулярной плоскости кривошипа; постановку и приварку на шейки вала в зоне их стыка специальных полуколец.

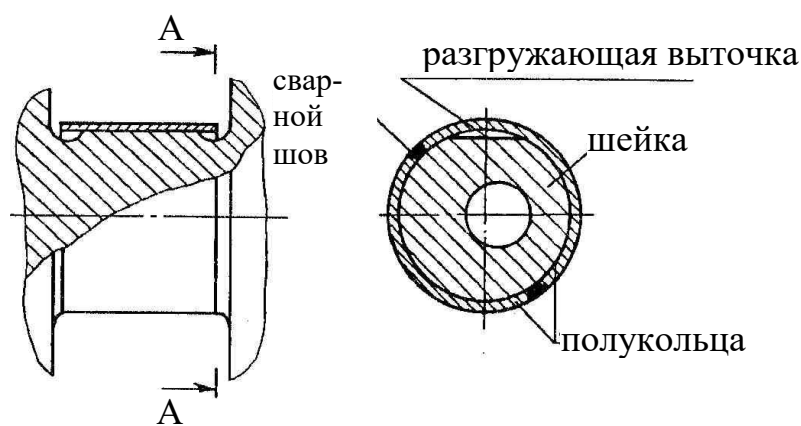


Рисунок 12– Схема восстановления шеек коленчатого вала двигателя приваркой стальных полуколец

Полукольца изготавливают в следующей последовательности: на вырубленных из листовой стали 45 толщиной 3 мм заготовках пробивают отверстия под масляные каналы, нагревают до температуры 820...880° С и изгибают в приспособлении. Затем подвергают закалке с охлаждением в масле и низкому отпуску. Термообработанные полукольца растачивают до необходимого диаметра и шероховатости.

Метод восстановления шеек чугунных коленчатых валов пластинированием заключается в установке с последующим механическим креплением на шейках валов стальной холоднокатанной термообработанной полированной ленты, изготовленной из стали 65Г (рисунок 13). Шейки предварительно шлифуют до требуемого размера, после этого на них фрезеруют два зеркально расположенных сегментных паза, оставляя перемычку между ними. На ленте, толщиной 0,4 мм, выполняют отверстия для масляных каналов и с помощью специального приспособления сворачивают в кольцо диаметром, меньшим диаметра перешлифованного вала. Затем свернутую заготовку надевают на подготовленную поверхность шейки вала и фиксируют торцами выступов относительно боковых поверхностей перемычки на валу. При очередном ремонте вала накладную ленту заменяют, причем сам вал не перешлифовывают.



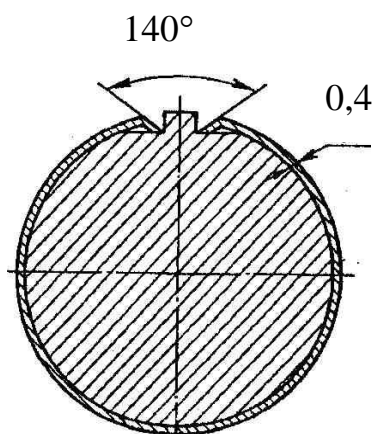


Рисунок 13 – Восстановление шеек коленчатого вала пластинированием

Оба способа позволяют получить предел выносливости восстановленного вала таким же, как у нового. Кроме того, при пластинировании существенно упрощается технологический процесс (полностью исключаются сварочно-термические воздействия на вал, шлифование и полирование шеек). Однако методы апробированы лишь для восстановления чугунных валов (двигатель ЗМЗ).

## 2.2 Восстановление наружной резьбы

Незначительные смятия, деформации отдельных витков резьбы устраняются калибровкой. При срыве более двух ниток резьбы применяют:

- нарезание резьбы ремонтного размера;
- наплавку и нарезание резьбы нормального размера;
- электроконтактную приварку сварочной проволоки, с последующей механической обработкой и нарезанием резьбы нормального размера;
- замену изношенной резьбовой части.

При *нарезании резьбы ремонтного размера* старую резьбу срезают и нарезают новую меньшего размера, например, вместо М16 нарезают М14. Это простой, доступный и дешевый способ. Однако он имеет серьезные недостатки: потребность в замене или ремонте сопряженной детали, нарушение взаимозаменяемости деталей соединения и уменьшение его прочности.

Для восстановления резьбы до нормального размера широко применяется *механизированная наплавка* (чаще вибродуговая; в среде  $\text{CO}_2$ , реже – под флю-

сом). Перед наплавкой старую резьбу срезают. После наплавки деталь протачивают и нарезают резьбу нормального размера. Припуск на обтачивание должен составлять 2...3 мм на сторону. Наплавка резьбы, как правило, оказывает нежелательное термическое воздействие на соседние закаленные участки детали (шейка под подшипник, шлицы и др.), затруднена на валах малых диаметров.

Этих недостатков лишен способ восстановления резьбы *электроконтактной приваркой проволоки*. Сущность его заключается в том, что сварочную проволоку (типа Св-08) диаметром, равным шагу резьбы, укладывают между витками очищенной резьбы, зажимают проволоку и деталь между роликами сварочной машины и приваривают проволоку по винтовой линии. Режимы приварки: плотность тока 300...400 А/мм<sup>2</sup>; длительность сварочного импульса 0,08...0,12 с; скорость вращения детали (20...25)d, мм/мин (d – диаметр детали). Зависимость между силой сварочного тока ( $I_{CB}$ ) и усилием сжатия роликов ( $P_{CЖ}$ ) находится в зависимости

$$P_{CЖ} = 0,64 \sqrt{I_{CB}} .$$

Для резьбы М14...М20  $I_{CB} = 4,5...5,0$  кА. После приварки деталь обтачивают и нарезают резьбу нормального размера.

При *замене* конец детали с изношенной резьбой отрезают, изготавливают новую часть детали, которую свертывают или сваривают с оставшейся частью. Затем нарезают резьбу нормального размера. При большом диаметре резьбы иногда ее не отрезают, а обтачивают, затем напрессовывают кольцо и нарезают резьбу нормального размера. Этот способ трудоемкий и поэтому применяется для восстановления резьбы на крупных дорогих валах, когда другие способы нельзя применить (например, изношена резьба ремонтного размера, а наплавлять ее нет возможности).

### **2.3 Восстановление нарушения формы (изгиба)**

Потеря валом своей первоначальной формы выражается в виде изгиба или скручивания. Изгиб устраняют правкой статическим или динамическим

нагрузением, с последующей (при необходимости) механической обработкой. Скрученные валы, как правило, выбраковывают.

*Правку статическим нагружением* (в холодном или нагретом состоянии) проводят с помощью прессы или различных приспособлений, прикладывая нагрузку, совпадающую по направлению с направлением требуемой деформации. В верхних слоях металла детали образуются напряжения сжатия, а в нижних – растяжения. Для осуществления правки необходимо, чтобы возникающие напряжения были больше предела текучести материала детали.

*В холодном состоянии* правку проводят у валов диаметром до 200 мм в том случае, если стрела прогиба не превышает 1 мм на 1 м длины вала. Для получения устойчивых результатов рекомендуется изгибать деталь под прессом на размер несколько больший, чем ее прогиб, прикладывая ее несколько раз и выдерживать в данном состоянии 1,5...2 мин. Прикладываемое усилие ( $P_d$ ) должно в 10...15 раз превышать остаточную деформацию.

$$P_d = \frac{3 \cdot f \cdot E \cdot I \cdot l}{l_1^2 \cdot l_2^2}, \text{ Н}$$

где  $f$  – стрела прогиба, мм ( $f = 10 \cdot \delta$ , где  $\delta$  – деформация вала до прогиба, мм);  $E$  – модуль упругости материала детали, Н/мм<sup>2</sup>;  $I$  – осевой момент инерции, мм<sup>4</sup>;  $l$  – длина вала, мм;  $l_1$  и  $l_2$  – расстояние соответственно от точки приложения нагрузки до опор, мм

Однако в процессе холодной правки в деталях возникают внутренние напряжения, постепенно релаксирующие в процессе работы, что приводит к деформации восстановленных деталей. Кроме того, в результате холодной правки наблюдается снижение усталостной прочности на 15...20 %, зачастую имеет место поломка вала.

Для повышения качества холодной правки применяют:

- выдерживание детали под прессом в течении длительного времени;
- двойную правку детали, заключающуюся в первоначальном перегибе детали с последующей правкой в обратную сторону;
- стабилизацию правки последующей термообработкой.

Последний способ (нагрев до температуры 400...500° С и выдержка в течение 0,5...1 часа) считается наиболее эффективным. Однако такая операция неприемлема для деталей, подвергнутых в процессе изготовления закалке ТВЧ. В этом случае рекомендуется нагревать детали до температуры 180...200° С при выдержке 5...6 ч.

*Статическая правка в нагретом состоянии* (600...800° С) проводится при необходимости устранения больших деформаций и характеризуется снижением усилий деформирования и равномерностью деформаций по сечению. Нагреву подвергают как всю деталь, так и ее отдельную часть. Так как в результате правки с подогревом изменяется структура и механические свойства металла, то после правки проводят термическую обработку.

*Правка динамическим нагружением* (чеканкой, наклепом) целесообразно проводить для незначительно изогнутых ответственных деталей.

Правка заключается в частых и несильных ударах по вогнутой стороне детали пневматическим молотком с закругленным бойком или ручным молотком со сферическим бойком в результате чего в поверхностных слоях создаются напряжения сжатия, устраняющие деформацию детали.

В месте максимального прогиба под вал ставят металлическую опору с прокладкой из твердого дерева или меди (рисунок 14, а).

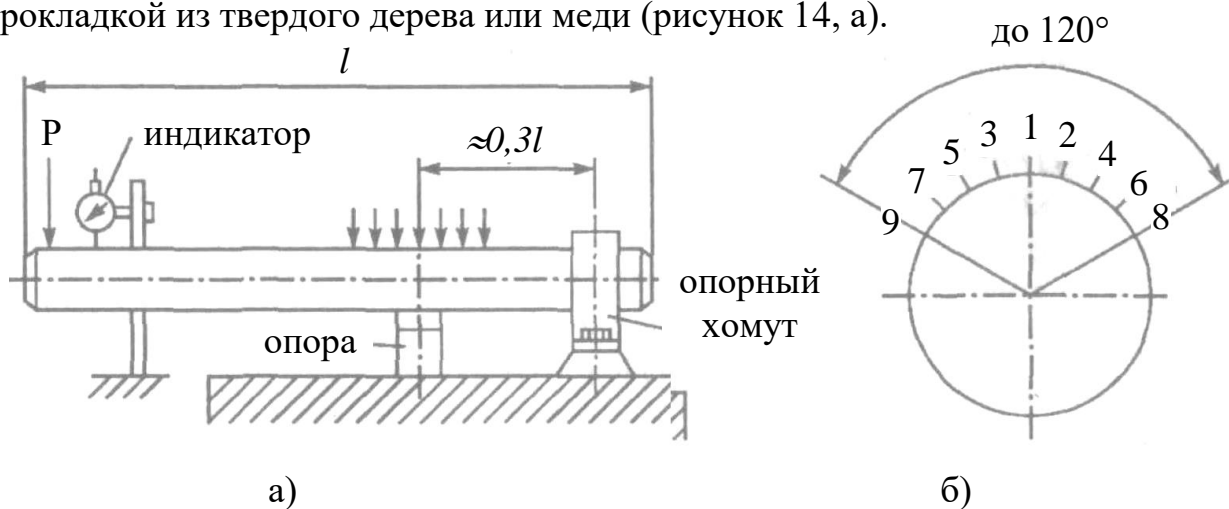


Рисунок 14 – Схема правки вала

Конец вала, ближайший к месту изгиба, закрепляют в хомуте, так чтобы масса консоли способствовала удлинению вогнутой части вала. Затем участок

вала над опорой подвергают чеканке по дуге окружности около  $120^\circ$  (рисунок 14, б). При этом сжатые элементы удлиняются. Значение, на которое опускается конец вала, контролируют индикатором.

При правильной обработке достигаются: высокое качество правки, определяемое ее стабильностью во времени; высокая точность правки (до 0,02 мм); отсутствие снижения усталостной прочности; возможность правки за счет ненагруженных участков детали. Однако правка динамическим нагружением требует высокой квалификации исполнителя.

## **2.4 Восстановление шпоночных пазов**

Шпоночные соединения служат для передачи крутящего момента от вала к ступице зубчатого колеса, шкива, втулки и, наоборот, от этих деталей – к валу и отличаются простотой, удобством сборки, разборки и ремонта. Главные их недостатки – ослабление из-за наличия шпоночных пазов сечения деталей и уменьшение жесткости при кручении, часто приводящее к разрушению деталей соединения. Соединительной деталью является стандартная шпонка, фиксирующая сопрягаемую деталь в осевом положении на валу.

В процессе эксплуатации детали шпоночных соединений под действием динамических нагрузок изнашиваются. Одна из основных причин, вызывающих нарушение правильности распределения нагрузки и смятие шпонки, – увеличение зазора в соединении. К смятию приводит также неправильное расположение шпоночного паза на валу. Перекос осей пазов вызывает перекас охватываемой детали на валу и изнашивание деталей соединения.

При износе шпоночного паза по ширине более 0,065...0,095 мм его восстанавливают следующими способами:

- слесарно-механическими: установкой шпонки ремонтного размера; установкой ступенчатой шпонки; фрезерованием паза номинального размера на новом месте;
- наплавкой с последующим фрезерованием;

*Шпонку ремонтного размера* устанавливают при небольшом износе, предварительно фрезеруя шпоночный паз до выведения следов износа. Ширину шпоночной канавки в сопрягаемой детали также увеличивают и при сборке устанавливают шпонку ремонтного размера. Увеличение ширины паза допускается не более чем на 15 %.

При установке специально изготовленной *ступенчатой шпонки* (рисунок 15), изношенный паз вала фрезерованием углубляют и расширяют, а шпоночный паз сопряженной детали не обрабатывают. Однако такой способ не обеспечивает высокой точности и качества ремонта, и пользоваться им следует в исключительных случаях.

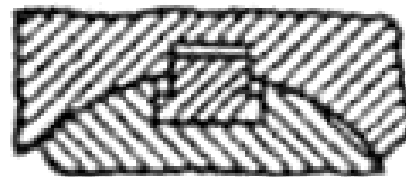


Рисунок 15 – Установка ступенчатой шпонки

Если на чертеже детали отсутствуют указания о фиксированном положении шпоночного паза, то допускается его *фрезерование заново на новом месте* (не более одного на поперечном сечении) без заделки изношенного паза (или с заваркой изношенного паза). Новый паз выполняют параллельно изношенному пазу в диаметральной плоскости под углом к старому пазу 90, 135 или 180°. Однако менять положение паза на валу нельзя, если шпонка служит одновременно и для фиксации сопрягаемой детали в строго заданном положении.

При значительном износе шпоночный паз ремонтируют посредством *наплавки* грани (рисунок 16) с последующим фрезерованием. При обработке необходимо выдерживать размеры паза, регламентированные стандартом. Для восстановления шпоночного паза этим способом может быть использована *вибродуговая наплавка* или наплавка в среде углекислого газа, не вызывающие термических деформаций и снижения твердости соседних закаленных участков ремонтируемой детали.

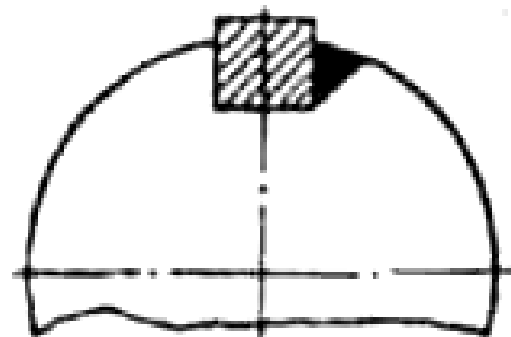


Рисунок 16 – Наплавка граней

## 2.5 Восстановление шлицевых поверхностей

Основное назначение шлицевого соединения – передача крутящего момента. Преимущественно шлицы изнашиваются по боковой поверхности. Их износ по ширине составляет от 0,4...0,6 мм до 3...4 мм. У шлицевых валов, центрируемых по наружному диаметру, износ по этой поверхности составляет 0,1...0,2 мм, но может достигать 0,6...0,7 мм.

Изношенные шлицевые валы восстанавливают (в зависимости от величины износа) следующим способом:

- пластическим деформированием (раздачей);
- комбинированным способом: электроконтактной наплавкой с одновременной осадкой;
- наплавкой;
- заменой шлицевой части детали.

*Раздачу* выполняют проталкиванием вала через вращающиеся ролики специальной многороликовой головки, установленной на столе пресса. Ролики диаметром 60...80 мм имеют деформирующий выступ (клин) с углом 86...90°, который, внедряясь в шлиц, раздает его по ширине. При износе более 0,6 мм проводят предварительную нормализацию детали при нагреве до температуры 800...850° С, а после деформирования шлицы калибруют или подвергают механической обработке. При меньшем износе раздачу шлицев выполняют в холодном состоянии роликами, снабженными ребордами для одновременного калибрования.

При износе шлицев по толщине более 2-х мм применяют *комбинированный способ*. Вдоль шлицев к их вершинам электроконтактным способом приваривают стальную проволоку или ленту. В процессе приварки шлиц разогревается и деформируется под действием усилий сварочных роликов, в результате чего уменьшается его высота и увеличивается ширина. Этим обеспечивается получение припуска под последующую механическую обработку шлицевых поверхностей. Одновременно восстанавливают два противоположных

шлица со скоростью 0,5...0,8 м/мин. Способ характеризуется высокой производительностью.

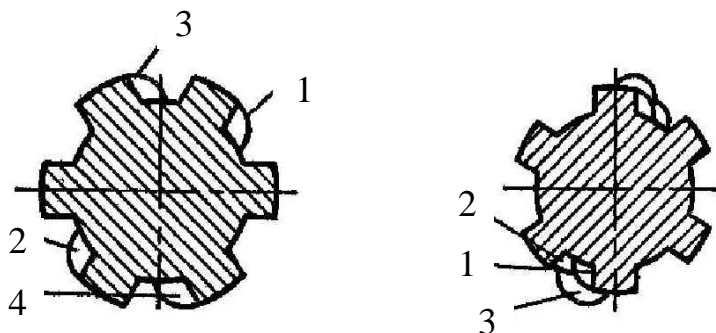


Рисунок 17 – Последовательность наплавки

При восстановлении шлицев наиболее часто применяют различные способы механизированной дуговой наплавки: вибродуговую, плазменную, в среде углекислого газа или под слоем флюса. Наплавочные мате-

риалы и режимы выбирают исходя из технических требований и размеров детали. Наплавку выполняют продольными валиками или по винтовой линии (при восстановлении мелких шлицев). Первый способ считается более экономичным. У шлицевых валов (диаметром до 45...50 мм), имеющих ширину шлицев до 5...6 мм, канавки обычно заправляют полностью. У крупных шлицев наплавляют только изношенную часть. Для уменьшения деформации вала при продольной наплавке шлицы наплавляют поочередно с диаметрально противоположных сторон (рисунок 17). Наложение валиков в 3-4 слоя предупреждает образование закалочных структур в переходной зоне. Затем наплавленные поверхности фрезеруют до нормальной толщины шлицев, проводят термообработку (при необходимости), шлифованием снимают наплывы металла по наружному диаметру шлицев. Главным недостатком следует считать возможную деформацию вала в результате термического воздействия при наплавке шлицев.

При замене *шлицевой части* стачивают внутренние шлицы в отверстие сопрягаемой детали и растачивают его на диаметр больше высоты шлицев на 0,5...1,5 мм. Затем, по размерам вала изготавливают шлицевую втулку, нагревают и осаживают ее по валу. Втулку запрессовывают в расточенное отверстие, используя в качестве оправки шлицевый вал. Втулку дополнительно крепят штифтами или приваривают в нескольких местах. Данный способ применяют крайне редко ввиду его нетехнологичности и высокой стоимости.



## 2.6 Восстановление кулачков (на примере распределительного вала)

Кулачки распределительных валов автотракторных двигателей изнашиваются по высоте на рабочем участке профиля. В результате изменяются высота подъема клапанов, что приводит к снижению коэффициента наполнения цилиндра свежим воздухом, увеличению количества остаточных газов, что вызывает падение мощности и экономичности двигателя. Кроме того, нарушается кинематика движения клапана, растут динамические нагрузки на клапаны и детали механизма привода, что ускоряет их изнашивание. Выбраковочный параметр кулачков – их высота от затылка до вершины.

Для устранения этого дефекта используют:

- механическую обработку (шлифование на эквидистантный профиль);
- наплавку с последующей обработкой до нормального размера;
- электроконтактную пайку пастообразным припоем

При износе кулачков по высоте до 0,3 мм их *шлифуют на эквидистантный профиль* по копиру. Методом шлифования кулачки распределительного вала рекомендуется восстанавливать только один раз, так как при дальнейшем шлифовании значительно уменьшается радиус вершины кулачка. В результате заострения кулачка заметно нарушаются фазы газораспределения и резко возрастает изнашивание кулачка.

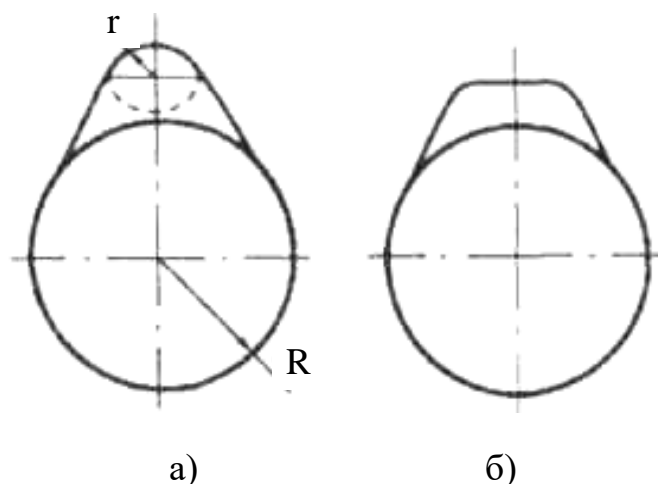
Кулачки *наплавляют* ручной дуговой сваркой, наплавкой в среде углекислого газа или вибродуговым способом с использованием копировального приспособления, с охлаждением вала в процессе наплавки. При ручной электродуговой наплавке на боковые стороны кулачков устанавливают защитные экраны из меди или графита. Распределительный вал помещают в ванну с водой на призмы или подставки так, чтобы половина диаметра вала была в воде. Наплавляют кулачки в такой последовательности 1, 7, 2, 5, 3, 6, 4, 8. На вершину кулачка наплавляют слой большей толщины, чем на остальную поверхность. Применяют порошковую проволоку, электроды Т-590 и Т-620. Твердость наплавленных кулачков не ниже HRC 45. После наплавки их шлифуют в два

приема на копировально-шлифовальных станках 3А438. При черновой обработке глубина резания 0,01...0,02 мм на один оборот шпинделя станка и при чистовой – 0,005...0,007 мм. Для шлифования используют круги твердостью СМ, СМ1 или СМ2 с зернистостью 46...60. Частота вращения шлифовального круга 1033 мин<sup>-1</sup> и изделия – 32 мин<sup>-1</sup>. Шероховатость поверхности шлифованных кулачков не более  $R_a = 0,63$  мкм.

Перспективный способ восстановления кулачков – электроконтактная пайка пастообразным припоем. Метод заключается в нанесении припоя на изношенную поверхность кулачка с целью восстановления его профиля до номинального. Для этого используют припои марок ПГ-СР. при этом ПГ-СР2 применяют для получения поверхностных слоев с твердостью <45 НРС<sub>Э</sub>, ПГ-СР3 – для поверхностей с большей твердостью.

Состав пастообразного припоя формируется на 90 % (по объему) из порошкообразного припоя марки ПГ-СР с размерами частиц 40...60 мкм и 10 % консистентного связующего, состоящего из солидола и вазелина (60 и 40 % по объему). Размер частиц 40...60 мкм является оптимальным для получения качественного паяного слоя. При размере частиц порошкообразного припоя менее 40 мкм образуется пылевидная смесь, которая при добавлении связующего неравномерно перемешивается с ним, что снижает качество паяного слоя. При размере частиц более 60 мкм поверхностный слой получается прерывистым и неравномерным.

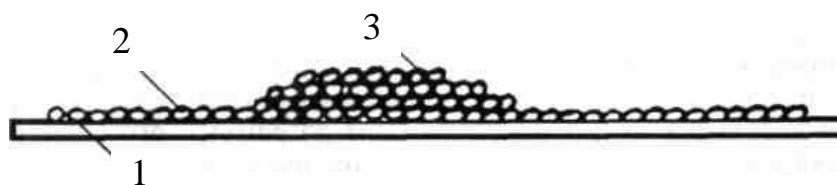
Перед восстановлением кулачков распределительный вал тщательно очищают от загрязнений. Затем сопоставляют размеры чертежного и изношенного кулачков (рисунок 18) с целью определения количества пастообразного припоя, необходимого для восстановления исходного профиля.



$r$  и  $R$  – радиусы профиля и окружности кулачка

Рисунок 18 – Профиль кулачка: а) исходный; б) изношенный

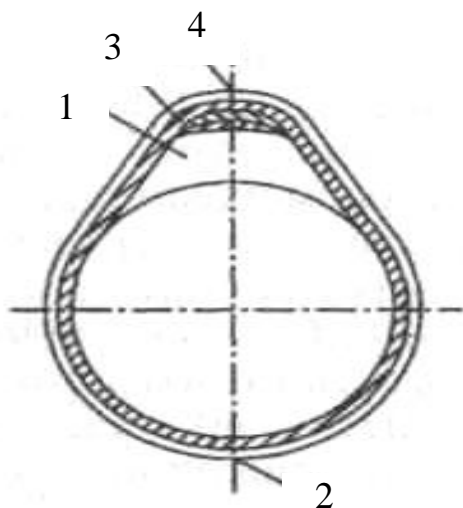
После этого изготавливают формирующую стальную ленту 1 (рисунок 19), ширина которой равна ширине кулачка. Опытным путем установлено, что для обеспечения формирования качественного паяного слоя на восстанавливаемой поверхности толщина стальной ленты должна быть 0,5...0,7 мм. На поверхность наносят пастообразный припой. Смесь располагают в средней части ленты выступающим массивом 2, а на участках ленты между ее средней частью и концами – тонким слоем 3 толщиной 30...50 мкм.



1 – стальная лента; 2 – выступающий массив смеси;  
3 – тонкий слой смеси

Рисунок 19 – Схема расположения пастообразного припоя на поверхности ленты

При толщине слоя смеси менее 30 мкм в паяном слое могут возникать «лыски» при приложении давления от дисковых электродов 1 (рисунок 20) вследствие выдавливания припоя из пространства между кулачком 2 и лентой.

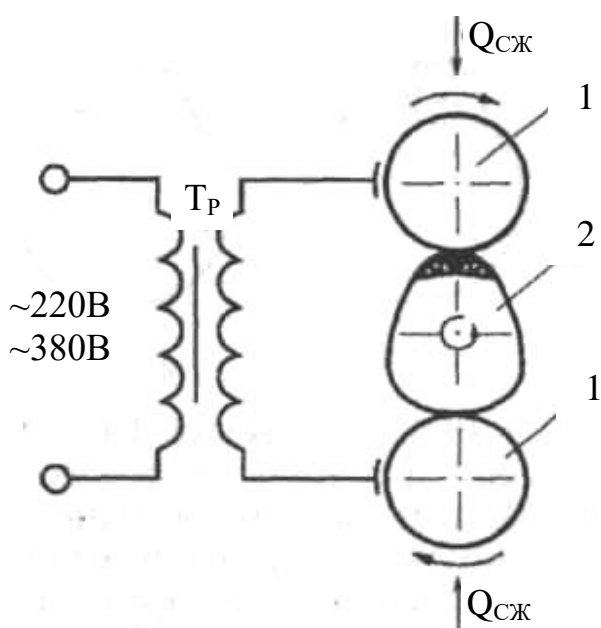


1 – электрод; 2 – кулачок;  
3 – лента; 4 – массив смеси

Рисунок 20 – Поперечное сечение восстанавливаемого кулачка

При толщине слоя более 50 мкм увеличивается расход смеси, а качество паяного шва ухудшается из-за неполного расплавления припоя. Ленту 3 с нанесенным припоем устанавливают на изношенный кулачок 2 таким образом, чтобы массив смеси 4 заполнил изношенную зону кулачка. Концы ленты сваривают с образованием шва. К наружной поверхности ленты подводят дисковые электроды и прижимают (см. рисунок 21) с усилием сжатия  $Q_{сж} = 800$  Н. На дисковые электроды от трансформатора  $T_p$  подают напряжение 3,5...4,5 В, обеспечивающее силу тока 5000...6000 А. Кулачок приводят во вращение с переменной скоростью, пропорциональной отношению  $r/R$  (см. рисунок 18). Широкие поверхности восстанавливают по винтовой линии с продольным перемещением кулачка. Скорость вращения и перемещения кулачка выбирают, исходя из условия перекрытия паяных швов на 30...40 %. Обкатывание кулачка 2 (см. рисунок 21) дисковыми электродами 1 производят до полного затвердевания припоя при одновременном жидкостном охлаждении зоны контакта между электродами и лентой. После восстановления кулачок шлифуют до полного

удаления формирующей стальной ленты.



1 – электрод; 2 – кулачок

Рисунок 21 – Схема приварки

удаления формирующей стальной ленты.

кулачка. Скорость вращения и перемещения кулачка выбирают, исходя из условия перекрытия паяных швов на 30...40 %. Обкатывание кулачка 2 (см. рисунок 21) дисковыми электродами 1 производят до полного затвердевания припоя при одновременном жидкостном охлаждении зоны контакта между электродами и лентой. После восстановления кулачок шлифуют до полного

Профильную часть кулачков восстанавливают электрошлаковой приваркой проволоки ПГ-ХН80СР2 с последующим шлифованием.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие дефекты характерны для деталей типа «вал»?
2. В чем заключаются общие принципы восстановления валов?
3. Когда для восстановления посадочных поверхностей валов применяются слесарно-механические способы восстановления?
4. Когда посадочные поверхности валов целесообразно восстанавливать нанесением гальванических покрытий?
5. Какие способы восстановления рекомендуется использовать при значительных износах шеек валов?
6. В чем преимущества электроконтактной приварки при восстановлении шеек валов?
7. Как восстанавливают шейки пустотелых валов пластическим деформированием?
8. В чем заключается принцип электро-механической обработки?
9. Какие способы применяют при восстановлении наружной резьбы?
10. Какими методами устраняют изгиб валов?
11. Какие способы применяются для восстановления шпоночных пазов?
12. В чем заключается технология восстановления шпоночного паза постановкой «ступенчатой шпонки»?
13. Когда допустимо фрезерование шпоночного паза на новом месте? Как этот технологический процесс реализуется?
14. Какие наплавочные способы рекомендуется применять при восстановлении шпоночных пазов?
15. Какие способы используют для восстановления шлицев?
16. Чем определяется выбор способ восстановления шлицевых поверхностей?
17. Какова последовательность наплавки кулачков?
18. Какой способ восстановления кулачков считается прогрессивным?

### **3 Восстановление полых цилиндров**

Основным конструктивным признаком для деталей этой группы является наличие концентрических наружных и внутренних поверхностей. Кроме того, они могут иметь гладкие, ступенчатые, зубчатые и шлицевые, фланцевые и сложные поверхности. Полые цилиндры изготавливают из модифицированного, ковкого и специального чугуна, углеродистых сталей, медных сплавов. В процессе эксплуатации они подвергаются механическим нагрузкам, механическо-

му и молекулярно-механическому износу. Наиболее часто встречающимися дефектами этих деталей является *износ внутренних и наружных посадочных поверхностей, задиры и кольцевые риски на трущихся поверхностях*.

При восстановлении полых цилиндров необходимо обеспечить размеры и шероховатость восстановленных поверхностей, твердость и прочность сцепления покрытия с основным металлом, а также соосность и симметричность относительно общей оси, допустимую цилиндричность и круглость.

Типичными представителя группы являются: втулки, ступицы колес, гильзы цилиндров, поэтому остановимся именно на этих деталях.

*Ступицы* колес тракторов и автомобилей изготавливают из серого или ковкого чугуна. При наличии трещин и изломов эти детали выбраковываются.

Изношенные резьбовые отверстия рассверливают и нарезают в них резьбу ремонтного размера. Посадочные места восстанавливают постановкой дополнительной ремонтной детали – втулки (см. п. 1.1).

*Втулки*, имеющие износ внутренней поверхности восстанавливают пластическим деформированием: осадкой и обжатием в холодном (изготовленные из медных сплавов) и нагретом (стальные) состоянии в специальных приспособлениях гидравлическими прессами.

При *осадке* уменьшение внутреннего диаметра втулки происходит за счет уменьшения ее высоты. Допускается уменьшение высоты втулки на 8...10%. Для сохранения формы отверстий, канавок и прорезей в них вставляют стальные вставки. *Обжатие* применяется для уменьшения внутренних размеров путем уменьшения наружных (бронзовые втулки верхней головки шатунов и шкворней). Далее наружную поверхность омедняют или приваривают к ней стальную ленту электроимпульсной контактной приварки.

Более рациональной считается технология восстановления начальных размеров втулок методом *диффузионной металлизации* с насыщением поверхности втулок цинком. Его проводят газовым контактным способом в смеси порошка цинка, хлорида аммония и глинозема.

### 3.1 Восстановление гильз цилиндров автотракторных двигателей

Основными дефектами гильз цилиндров автотракторных двигателей: *износ внутренней рабочей поверхности, риски и задиры; износ нижней поверхности опорного бурта; износ посадочных поясков; кавитационные и коррозионные повреждения наружной поверхности, отложения накипи.*

Технология ремонта гильз цилиндров зависит от их конструкции, которая у автотракторных двигателей различна: цилиндры могут быть отлиты и расточены непосредственно в блоке или запрессованы в отверстия блока. Все современные тракторные, комбайновые и двигатели грузовых автомобилей, как правило, изготавливают со сменными гильзами. В целях увеличения сроков службы гильзы двигателей отливают из легированного чугуна СЧ 21-40 и подвергают поверхностной закалке до получения твердости не ниже 40 HRC<sub>Э</sub>.

*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  $R_a = 2,5..1,25$  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 шероховатость 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 должна быть не более 0,03 мм, шероховатость поверхности соответствовать  $R_a = 0,4$  мкм. При окончательном хонин-

говании 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 тоже 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°.

Гильзы цилиндров, вышедшие за ремонтный размер восстанавливают: постановкой легкоъемных тонких пластин; железнением; хромированием; электроконтактной приваркой ленты; термопластическим обжатием; индукционной центробежной наплавкой; газопламенным или плазменным напылением с последующим оплавлением ТВЧ; дуговой наплавкой.



При восстановлении *постановкой пластин* гильзу растачивают и хонингуют под определенный размер. Затем в нее с помощью специального приспособления запрессовывают вставки изготовленные из холоднокатаной, термообработанной калиброванной ленты из стали: У8А, У10А, 70С2ХА, 40КХНМ, 0Х17Н7ГТ толщиной 0,5...1,0 мм, твердостью 45...55 НРС. На одну гильзу (двигатель ЯМЗ) используют четыре вставки. После запрессовки гильзу подвергают черновому и чистовому хонингованию. При повторном восстановлении изношенные пластины выпрессовывают и заменяют новыми.

Ресурс восстановленных этим способом гильз равен ресурсу новых гильз. Недостатком способа следует считать дефицитность и высокую стоимость лент.

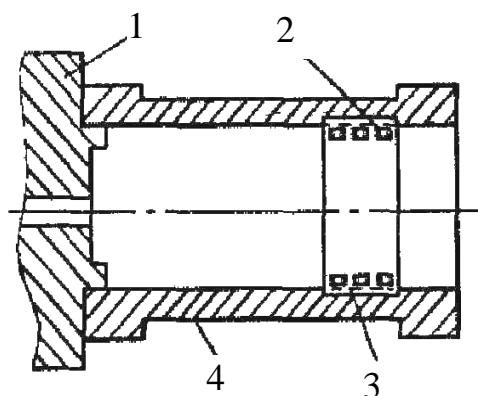
При *электроконтактной приварке* используют ленту из стали 40, 45, 50, что существенно снижает себестоимость восстановления. Высокая твердость поверхности достигается за счет самозакалки ленты при ее приварке. Вместо ленты возможно напекание порошков.

*Термопластическое обжатие* позволяет компенсировать износ внутренней рабочей поверхности за счет структурных превращений и роста зерна чугуна при нагреве гильзы токами ТВЧ.

При этом способе гильзу устанавливают в охлаждаемую водой форму, внутрь вводят индуктор ТВЧ. Так как форма ограничивает расширение гильзы при ее нагреве, то происходит пластическое деформирование в радиальном направлении по направлению к оси гильзы, что в конечном итоге приводит к уменьшению внутреннего диаметра на 0,75...0,9 мм.

Способ отличается сложностью технологического оборудования, необходимостью изготовления форм для каждого типоразмера гильз.

*Индукционная наплавка* позволяет повысить ресурс отремонтированных



1 – кулачки вращателя; 2 – индуктор;  
3 – шихта; 4 – гильза

Рисунок 22 – Схема индукционной наплавки гильзы

двигателей на 80 %. Перед наплавкой гильзу в верхней наиболее изношенной части растачивают на глубину 0,5 мм, закрепляют в патроне автоматизированной установки и вращают с частотой 750...950 мин<sup>-1</sup>. В расточку подают шихту (флюс и порошок ПГ-ХН80СР4), которая под действием центробежных сил равномерно распределяется по поверхности гильзы. Внутри гильзы вводят индуктор ТВЧ и расплавляют шихту (рисунок 22). После охлаждения гильзы до 200...300° С вращение прекращают. Затем проводят высокотемпературный отпуск, расточку и хонингование. Твердость наплавленной поверхности составляет 55...58 HRC. К недостаткам способа стоит отнести высокую стоимость прирабочих материалов (порошка).

При восстановлении рабочей поверхности гильзы цилиндров *железными* используют сплавы Fe-P, Fe-Ni-P, с помощью которых получают железо-фосфорные покрытия толщиной до 1 мм и микротвердостью 7000...8000 МПа. Сплав фосфора с железом обеспечивает высокую износостойкость зеркала цилиндра, так как для него характерен рост микротвердости покрытия почти в два раза с повышением температуры. Высокая износостойкость получаемого покрытия может частично компенсировать недостатки, присущие гальваническим способам получения покрытия.

Для дуговой наплавки гильз используют порошковую проволоку ПП-АН-124-О, затем проводят механическую стандартную обработку. Этот способ крайне ограниченно применяется в ремонтном производстве в силу негативных явлений, возникающих при сварке и наплавке чугуновых деталей.

У моноблоков цилиндры восстанавливают постановкой «сухой гильзы», изготовленной из марганцовистого чугуна. В расточенный блок запрессовывают гильзу с натягом 0,08...0,12 мм и обрабатывают ее под нормальный размер.

*Кавитационные повреждения* чаще всего устраняют нанесением на предварительно подготовленную и подогретую до температуры 60 °С поверхность композиции на основе эпоксидной смолы. Разработан более простой метод электроконтактной приварки стальной пластины. Пластина из стали 10 или 20 толщиной 0,3 мм должна на 5...10 мм перекрывать поврежденный участок.

*Посадочные верхний и нижний пояски* восстанавливают электроконтактной приваркой ленты, металлизацией, нанесением полимерных материалов, гальваническим железнением, электроконтактным нанесением (электронатира-нием) железцинкового сплава с последующей механической обработкой шлифованием до нормального размера.

Изношенный *торец опорного бурта* подрезают до выведения следов износа перед последней операцией хонингования.

Одним из перспективных методов повышения износостойкости новых и восстановленных цилиндров и гильз двигателей в 1,5-2 раза является *финишная антифрикционная безабразивная обработка* (ФАБО). Сущность ФАБО заключается в том, что поверхности трения деталей покрывают тонким слоем (1...3 мкм) бронзы или меди, вследствие чего они приобретают высокие антифрикционные свойства. Структура образовавшейся пленки пористая, что позволяет хорошо впитывать и удерживать смазку. Рабочую поверхность обрабатывают прутком или бруском из медных сплавов с использованием поверхностно-активных веществ, содержащихся в СОЖ. Также используют металлоплакирующие среды в виде присадок (хлорид меди  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), добавляемые при хонинговании в СОЖ.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие дефекты характерны для группы деталей «полые цилиндры»?
2. Какими способами восстанавливают втулки верхней головки шатуна?
3. От каких факторов зависит технологический процесс восстановления гильз цилиндров автотракторных двигателей?
4. Какими способами восстанавливают гильзы, вышедшие за ремонтный размер?
5. Какими способами можно повысить долговечность гильзы?

## **4 Восстановление деталей механических передач**

Детали механических передач (зубчатые колеса, звездочки, шкивы) – массовые детали машин, достаточно дорогие и дефицитные. Из-за сложности технологии их, как правило, не восстанавливают, а заменяют новыми, что зна-

чительно повышает стоимость ремонта машин и приводит к потерям металла. Вместе с тем для устранения некоторых дефектов этих деталей разработано несколько вариантов технологий, приведенных ниже.

#### 4.1 Зубчатые колеса (шестерни)

Зубчатые колеса (шестерни) изготавливают преимущественно из легированных цементированных сталей 25ХГТ, 20ХНМ, 40Х и др. Твердость рабочих поверхностей зубьев составляет 50...60 HRC, что достигается применением термической и химико-термической обработки. Работая в условиях больших динамических нагрузок, зубья зубчатых колес испытывают одновременное воздействие изгибающих моментов и контактных напряжений, подвергаются ударным нагрузкам, а при загрязнении смазочного материала – гидроабразивному изнашиванию. Изнашивание зубьев резко усиливается при перекосе и не параллельности валов.

В результате воздействия этих негативных факторов возникают следующие дефекты: *усталостное разрушение (питтинг) и износ зубьев по толщине; износ торцевых поверхностей зубьев (у зубчатых колес непостоянного зацепления), приводящий к уменьшению их длины; выкрашивание; скалывание и поломка зубьев; износ внутренней посадочной поверхности.*

Наиболее распространенным дефектом зубчатых колес является износ зубьев по толщине и длине. Шестерни с предельно изношенными зубьями, имеющие обломы, сколы, трещины, выбраковывают. Допускается износ зубьев по толщине 0,2...0,5 мм и выкрашивание цементированного слоя на двух несмежных зубьях не более 1/4 их длины или на двух смежных зубьях – меньше 1/5 их длины. При большем износе шестерни выбраковывают.

Для восстановления зубьев разработано несколько методов:

- замена части детали;
- автоматическая наплавка без последующей термообработки;
- автоматическая наплавка с последующей термообработкой;
- пластическое деформирование.
- комбинированный способ.

*Замену части детали* применяют при ремонте зубчатых колес или их

блоков, когда один из венцов блока сильно изношен, а остальные имеют допустимые износы и нецелесообразно выбраковывать дорогостоящую деталь. В этом случае изношенный венец удаляют. Затем изготавливают новый зубчатый венец из стали той же марки, что и восстанавливаемая деталь, напрессовывают его на проточку и приваривают или стопорят винтами. Если изношен венец, приклепанный к ступице, то его заменяют, срезая заклепки. Способ отличается высокой себестоимостью восстановления и его целесообразно применять только в условиях единичного производства.

При *автоматической наплавке без последующей термообработки* изношенных торцов каждый зуб наплавляется с принудительным формированием слоя в охлаждаемой водой медной форме – кристаллизаторе (рисунок 23).

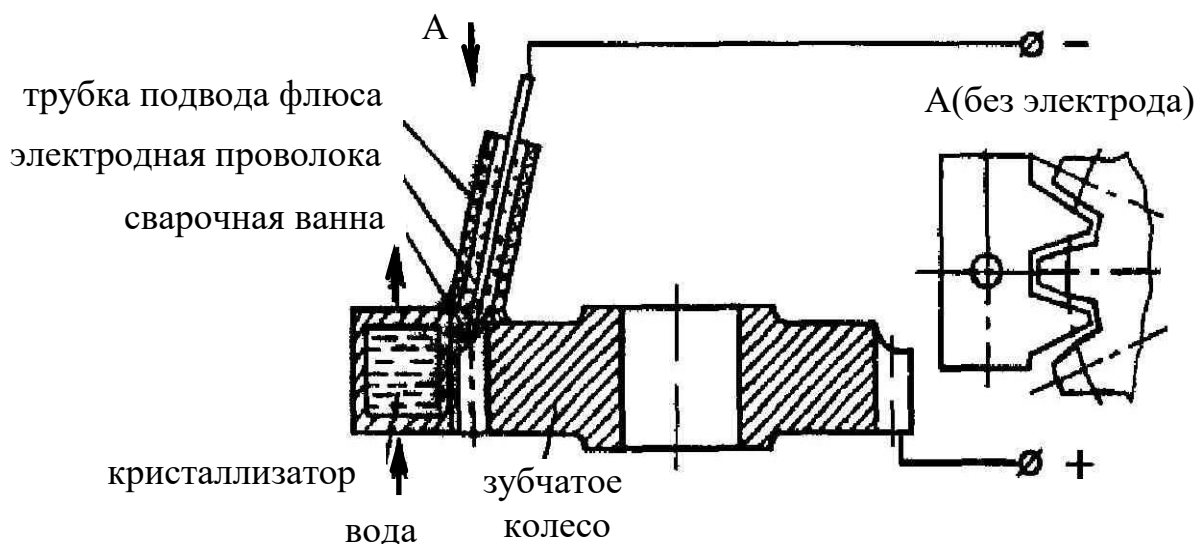


Рисунок 23 – Наплавка торцов зубьев в кристаллизаторе

Наплавка выполняется высокоуглеродистой проволокой Нп-65, диаметром 1,8...2 мм под слоем флюса АН-60. Высокая скорость наплавки, интенсивный отвод тепла в медную форму и тело зубчатого колеса сводят до минимума термическое влияние дуги на материал зубьев, что исключает повторную термическую обработку. Наплавленную часть зубьев шлифуют по длине (торцу) и окружности выступов, а затем электрохимическим способом закругляют их торцы и обрабатывают по толщине. При износе зубьев по длине более 4 мм после электрохимического закругления их торцов наплавленную часть зубьев шлифуют по боковым поверхностям.

Изношенные зубья колес среднескоростных и тихоходных открытых передач при модуле более 8 восстанавливают электродуговой наплавкой рабочих поверхностей пружинной проволокой I или II класса. Толщину восстанавливаемых зубьев контролируют шаблоном, охватывающим 3...5 зубьев. При наплавке принимают припуск на последующую механическую обработку профиля. В некоторых случаях после наплавки не прибегают к механической обработке восстановленного профиля, а поворачивают колесо на 180° при установке.

Более высоких механических свойств (твердости) можно добиться при *автоматической наплавке* (под слоем флюса или в среде CO<sub>2</sub>) торцов зубьев *с последующей термической обработкой*.

В первом случае наплавку ведут ленточным электродом из стали У8А под слоем флюса АН-348А. Затем проводят отпуск, нагревая ТВЧ до температуры 730...750 °С и выдерживая в подогретом песке. Далее обтачивают колесо по торцам и вершинам зубьев, нарезают зубья и закругляют их торцы. После механической обработки их нагревают ТВЧ до 800...950° С и закаливают с охлаждением в масле до твердости 58...60 HRC.

Перед наплавкой в среде углекислого газа зубчатые колеса, для исключения образования холодных трещин и улучшения структуры околошовной зоны, нагревают до температуры 200° С. Наплавку ведут проволокой Нп-30ХГСА. Затем проводят механическую обработку, закалку в масле и низкотемпературный отпуск. Твердость наплавленного слоя 50...65 HRC.

Восстановление торцов может быть выполнено аргоно-дуговой наплавкой неплавящимся электродом с подачей присадочной стальной проволоки, но этот метод не получил распространения из-за высокой стоимости аргона.

При восстановлении зубчатых колес *пластическим деформированием*, износ зубьев компенсируют за счет пластического перемещения предварительно нагретого металла с нерабочих участков на изношенные. Зубчатое колесо нагревают до температуры 1100...1200 °С в нейтральной среде (соляной ванне), укладывают в матрицу штампа и прессуют под прессом с ускоренным ходом и усилием 4000...6300 кН, выдавливая на нерабочей части кольцевые канавки и

перемещая металл к изношенным поверхностям. Затем деталь отжигают и проводят механическую и химико-термическую обработки зубчатых колес, как и при изготовлении новых.

Восстанавливают зубчатые колеса и ротационным деформированием, при котором изношенный зубчатый венец, нагретый ТВЧ, раздается пуансоном или роликами и одновременно обкатывается зубчатыми накатниками, формирующими зубчатый венец с минимальными припусками на последующую обработку.

Нарушение механических свойств при нагреве требует обязательного проведения термической обработки после восстановления пластическим деформированием, кроме того, так как для зубчатых колес необходима высокая износостойкость поверхностных слоев при вязкой сердцевине, то после восстановления необходимо химико-термическая обработка, что несколько осложняет технологический процесс.

Разработан *комбинированный способ* (осадка и наплавка) восстановления зубчатых колес. Перед наплавкой детали нагревают до температуры 250...300°C. Наплавку ведут проволокой Нп-30ХГСА под слоем флюса АН-348А на специальной установке, созданной на базе наплавочного станка У-653 без кристаллизатора и ограничения сварочной ванны. Для получения припуска по толщине зубьев наплавленный венец нагревают ТВЧ до температуры 1150...1200°C и осаживают в открытом штампе на гидравлическом прессе с усилием 1600...2500 кН. После этого зубчатый венец подвергают нормализации, формируют размеры отверстия ступицы прошивкой на гидравлическом прессе в холодном состоянии, а затем выполняют обработку резанием, химико-термическую и финишную обработки.

При таком способе восстановления обеспечиваются заданные качественные показатели по прочности соединения и плотности наплавленного металла, хорошая обрабатываемость обычным режущим инструментом, достаточное количество наплавленного металла для формирования полного профиля зубьев по длине и толщине и удовлетворительная обрабатываемость химико-термическим способом с обеспечением твердости зубьев в пределах 57...61 HRC. Способ имеет аналогичные недостатки указанные выше.

Способы, применяемые для восстановления посадочных поверхностей изложены в п.п. 1.1, 2.4, 2.5.

## 4.2 Звездочки цепных передач

Звездочки, применяемые в цепных передачах сельскохозяйственных машин имеют шаг 15,875; 19,05; 25,4; 38,0 и 41,3 мм. Их изготавливают из серого или высокопрочного чугуна и стали. Во время работы цепных передач изнашиваются *зубья звездочек по толщине и ширине, поверхности ступиц, шпоночные пазы, резьбовые отверстия*. Звездочки выбраковывают, если износ по толщине зубьев превышает 40...50 % первоначальной толщины. Если износ зубьев по толщине в зависимости от шага составляет 0,8...1,5 мм, то звездочки подлежат восстановлению. Известно несколько способов восстановлений износа зубьев:

- слесарно-механический (перекомплектовка, замена части детали);
- наплавка с последующим фрезерованием;
- пластическим деформированием.

Наиболее часто используют *перекомплектовку*, то есть звездочки с симметричной ступицей поворачивают на  $180^\circ$ , включая в работу неизношенную часть зубьев. Также можно поступить и для звездочек с несимметричным расположением ступицы. В этом случае срезают часть ступицы с удлиненного конца и наплавляют или приваривают наставку с другой стороны.

*Замену части детали* (срезание изношенного венца и установка вновь изготовлена) может быть применена в исключительных случаях, так как это способ экономически невыгоден и применим только для уникальных деталей.

При восстановлении звездочек *пластическим деформированием* из изношенных звездочек штамповкой получают заготовки, на которых накатывают зубья номинальных размеров. Обработку давлением осуществляют в открытых штампах на ковочном молоте с ограничением диаметра матрицы по диаметру выступов звездочки. Перед штамповкой звездочку с технологическим пальцем, установленным в отверстии ступицы, нагревают в электропечи до температуры  $950...1000^\circ \text{C}$ . После штамповки венца ступицу с технологическим пальцем



обжимают в штампе на гидравлическом прессе, а затем технологический палец выпрессовывают. Остывшие звездочки помещают в галтовочный барабан и очищают от окалины, а затем на протяжном станке обрабатывают отверстие ступицы и шпоночный паз до номинальных размеров. Затем устанавливают на вал суппорта накатной установки, токами высокой частоты нагревают венец до температуры  $1200 \pm 50^\circ \text{C}$ , и накатывают зубья номинальных размеров. Зубчатый венец закалывают, а затем при необходимости рассверливают отверстие и нарезают резьбу под стопорный болт. Восстановленные звездочки по всем параметрам соответствуют новым, и имеют износостойкость 1,4...1,6 раза больше по сравнению с фрезерованными зубьями. При восстановлении звездочек пластическим деформированием необходимо обеспечить выполнение следующих требований: при деформации не должно быть нарушено деление зубчатого венца; толщину венца уменьшают настолько, чтобы обеспечить свободный вход детали между ребордами накатного инструмента с учетом торцового биения и температурного расширения при нагревании.

Сложность и многооперационность технологического процесса, необходимость проведения термической обработки органичивают область применения этой технологии при восстановлении звездочек.

Способы, применяемые для устранения других дефектов изложены в п.п. 1.1, 1.3, 2.4.

### **4.3 Шкивы**

Шкивы изготавливают литьем из чугуна марки СЧ-20, алюминиевых сплавов, сварными из стали, а также из пластмасс. Чугунные шкивы из-за опасности разрыва от действия центробежных сил применяют при окружной скорости до 30 м/с. Для снижения инерционных нагрузок, особенно в передачах с большими скоростями шкивы выполняют из алюминиевых сплавов.

Основным дефектом этих деталей является *износ поверхности, соприкасающейся с приводным ремнем* (в шкивах под клиновидные ремни это поверхности канавок). Также в процессе эксплуатации на поверхности шкивов могут возникнуть *нарушения целостности (трещины и изломы)*, износ посадочных

поверхностей (в зависимости от способа установки: шпоночного паза, шейки, шлиц). Способы, применяемые для восстановления посадочных поверхностей изложены в п.п. 2.1.

Наружная поверхность шкивов ременных передач в основном изнашиваются, если радиальное и осевое биение шкивов больше допустимых пределов, нарушена параллельность валов, ослаблены или чрезмерно натянуты ремни, сечение клиновых ремней не соответствует профилю канавок шкивов. Значительный износ канавок шкива клиноременной передачи приводит к утопанию ремня (опусканию последнего на дно канавки), приводящее в ряде случаев к излому буртиков шкива и нарушению балансировки. Для устранения этого дефекта используют *слесарно-механический* способ: обтачивают поверхности обода и стенок канавок, а дно канавок углубляют. Профиль и размеры всех канавок должны быть одинаковыми, что контролируют специальным шаблоном, соответствующим профилю ремня. При правильном проведении технологических воздействий шаблон не должен касаться дна канавки.

Нарушения целостности на поверхности шкивов устраняют *сварочными способами*. Для чугуновых шкивов используют:

- газовую сварку цветными сплавами;
- электродуговую сварку специальными электродами (см. п. 1.2).

Чугунные шкивы перед заваркой равномерно нагревают по всему диаметру, чтобы свести к минимуму внутренние напряжения на завариваемом участке, вызывающие образование трещин в других местах детали.

При *газовой заварке* трещин цветными сплавами в качестве присадочного материала используют латунь. Предварительно с кромок трещин снимают фаски так, чтобы угол разделки был  $70...80^\circ$ , затем их подвергают грубой обработке с образованием насечек и зачищают. Подогрев ведут пламенем газовой горелки до температуры  $900...950^\circ \text{C}$ . На поверхность наносят слой флюса, нагревают в пламени горелки конец латунной проволоки, которым натирают нагретые кромки трещины так, чтобы латунь покрыла поверхности фасок тонким слоем. Конец латунной проволоки периодически погружают во флюс. По-

сле нанесения тонкого слоя латуни трещину полностью заваривают. Затем пламя горелки медленно отводят от восстанавливаемой поверхности, а шов покрывают листовым асбестом. При правильно выбранном температурном режиме процесса латунь покрывает поверхности фасок ровным и плотным слоем. Чрезмерно высокая температура приводит к образованию окиси цинка, которая покрывает белым налетом околошовную зону. При недостаточной температуре на фасках образуются шарики латуни. После окончания заварки трещин шкив погружают в нагретый песок для медленного равномерного остывания.

Трещины в шкивах, изготовленных из алюминиевых сплавов, устраняют:

- газовой сваркой;
- электродуговой сваркой специальными электродами;
- неплавящимся вольфрамовым электродом в среде аргона.

*Газовую* заварку трещин в алюминиевых шкивах проводят ацетилен-кислородным нейтральным пламенем с использованием флюса АФ-4А. Предварительно поверхность трещины зачищают металлической щеткой. Подготовленную деталь нагревают до 250...300°С. На присадочный пруток и завариваемые кромки трещины наносят флюс в пастообразном состоянии. Около трещины кладут кусочки дополнительного присадочного металла (сплавы алюминия), нагревают завариваемый участок до температуры плавления. Затем из основного жидкого металла специальным крючком удаляют оксиды алюминия и другие добавки, вводят в расплавленную сварочную ванну кусок дополнительного металла и перемешивают, тем самым, обеспечивая надежное сплавление дополнительного и основного металлов. После заварки температуру детали выравнивают в течение 1...2 мин в электропечи при температуре 250...300° С, а затем шкив охлаждают на воздухе. При этом способе заварки отпадает необходимость в вырубке металла при подготовке трещины к заварке.

При ручной заварке трещин в шкивах из алюминиевых сплавов применяют электроды ОЗА-2 (сплавы алюминия) и ОЗА-1 (технический алюминий) с покрытием из флюса АФ-4А. Сварку ведут на постоянном токе обратной полярности, силу тока выбирают из расчета 35...45 А на 1 мм диаметр электрода.

Для заварки также применяют неплавящиеся вольфрамовые электроды, работающие в среде аргона. В качестве присадочного материала используют сплавы алюминия. Расстояние до сопла сварочной горелки не должно быть менее 5...10 мм, а вылет вольфрамового электрода 1...5 мм. Во избежание коробления и образования трещин в шве используют предварительный подогрев места заварки или всего шкива по диаметру до температуры 250...300°C. Во время заварки трещин электрод следует перемещать только прямолинейно, без поперечных колебаний, перпендикулярно к поверхности завариваемой трещины. После заварки для улучшения свойств сварного шва и уменьшения внутренних напряжений деталь следует нагреть до температуры 250...350°C, погрузить в нагретый песок для медленного охлаждения.

Все восстановленные шкивы должны быть тщательно отбалансированы.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие дефекты характерны для зубчатых колес, звездочек, шкивов?
2. Какими способами можно устранить износ зубчатого венца?
3. Какие виды термической обработки применяют для восстановленных зубчатых колес?
4. В чем заключается восстановление зубчатых колес методом пластического деформирования?
5. Что такое комбинированный способ?
6. Когда выбраковываются звездочки зубчатых передач?
7. Какой способ восстановления звездочек считается рациональным?
8. Как и почему изнашиваются шкивы ременных передач?
9. Какие способы используют для заделки трещин шкивов?

## 5 Восстановление упругих элементов

К упругим элементам машин относятся пружины, рессорные листы и торсионы. Как правило эти детали изготавливают из стали 60С2А, 60СА, 60С2ГФ, 65Г, 50ХГФ, 50ХФА и подвергают термической обработке.

Пружины бракуют при наличии на поверхности витков проникающей коррозии, надломов, трещин, износа от трения о смежные детали, неровностей и неконцентричности витков; при отклонении от прямолинейности образующей

пружины в свободном состоянии более 3 мм на длине 100 мм; при отклонении от перпендикулярности опорных торцов и образующей пружины в свободном состоянии более 3 мм на длине 100 мм; при усилиях (нагрузках) пружин, сжатых (растянутых) до рабочей длины (высоты), менее допустимых значений, приведённых в технических требованиях. Рессорные листы подлежат выбраковке при обломах, трещинах, и износах, превышающих допустимые (определяется по техническим условиям).

Характерным повреждением упругих элементов является *потеря упругости*, которая может быть восстановлена следующими способами:

- поверхностным пластическим деформированием;
- термической и химикотермической обработкой
- термомеханическим способом.

При поверхностно пластическом деформировании (дробеструйной и ультразвуковой обработке, накатке роликами) в результате наклепа поверхностных слоев, повышается твердость и возникают остаточные напряжения сжатия, возвращающие детали первоначальную форму.

*Дробеструйную обработку* пружин клапанов и подвески проводят стальную дробь диаметром 0,6...0,8 мм, а листовые пружины и торсионы – дробью диаметром 0,8...1,2 мм в течении 4...12 мин, подаваемой к поверхности сжатым воздухом или струей жидкости. При гидродробеструйной обработке упрочнение поверхностей проводят стальными шариками диаметром 0,6...1,0 мм в потоке СОЖ (например, трансформаторного масла).

Первому способу присущи ряд недостатков: высокие локальные температуры (до 650 °С); сравнительно высокая шероховатость обработанной поверхности; активный перенос материала дроби на обрабатываемую поверхность, уменьшающий коррозионную стойкость некоторых материалов; нестабильность режима упрочнения из-за интенсивного износа дроби. Гидродробеструйная обработка обеспечивает более стабильное качество.

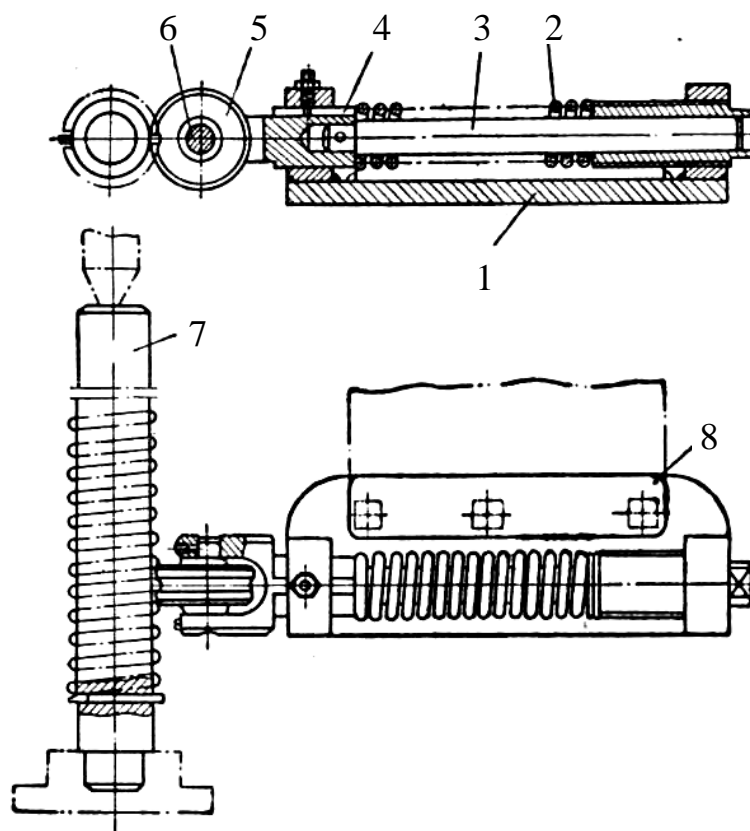
При *ультразвуковой обработке* к упрочняемой поверхности прижимают стальной или твердосплавный шар, вибрирующий с частотой  $2 \cdot 10^4$  Гц, кото-

рый пластически деформирует поверхность импульсно и многократно незначительной статической силой при отсутствии трения качения. Среднее давление, создаваемое в поверхностном слое детали, в 3...9 раз меньше, чем при обкатывании шариком.

По сравнению с другими способами поверхностного пластического деформирования ультразвуковая обработка в наибольшей степени изменяет свойства поверхностного слоя: упрочнение на 40... 180 %, изменение шероховатости  $R_z = 0,8...0,4$  мкм при исходной  $R_z = 20...6,3$  мкм и остаточные напряжения до 1100...1200 МПа, глубина наклепа составляет 0,30...0,65 мм.

Восстановление упругих свойств пружин, например клапанных, проводят *накаткой роликами* с помощью специального приспособления (рисунок 24), которое закрепляют вместо резца в резцедержателе суппорта токарного станка.

Коническую оправку 7 с несколькими отверстиями закрепляют в патроне станка, надевают на нее пружину, потерявшую упругость, и подпирают конец оправки центром задней бабки станка. Пружину на оправке закрепляют крепежным штифтом, который вставляют в отверстие оправки между первым и вторым рабочими витками пружины со стороны патрона. Снижают тарировочную пружину 2 приспособления до длины накатываемой пружины под нагрузкой. Подводят суппорт к оправке с пружиной и прижимают ролик 5 к витку восстанавливаемой пружины, пока тарировочная пружина не сожмется на 1-2 мм. Шаг подачи суппорта (шаг накатки) выбирают в зависимости от величины потери упругости. Пружину накатывают при давлении ролика 2...4 кН и 80...120 об/мин шпинделя станка, при 2-3 двойных проходах. После накатывания клапанные пружины динамически обжимают, для чего между шпинделем и плитой сверлильного станка устанавливают две оправки, а между ними пружину и мгновенно сжимают ее до соприкосновения витков.



1 – плита; 2 – тарировочная пружина; 3 – хвостовик; 4 – державка; 5 – ролик;  
6 – палец; 7 – оправка; 8 – планка

Рисунок 24 – Приспособление для накатки пружин

*Термическая обработка* восстанавливаемых упругих элементов как самостоятельный способ их восстановления сводится к их закалке и отпуску. Так рессорные листы, потерявшие упругость, отжигают, гнут по шаблону и вместе с ним закаливают. Затем проводят среднетемпературный отпуск и обрабатывают дробью вогнутую сторону для стабилизации достигнутого результата.

*Химико-термический способ* восстановления упругости пружин, обеспечивающий их сквозную прокаливаемость, заключается в их нагреве со скоростью 225...275 °C/с до температуры 880...920 °C в порошковой смеси дисперсностью 20...50 мкм, содержащей компоненты в следующем соотношении, %: феррованадий, ферросилиций, феррохром, ферромарганец и ферромolibден по 10...14; ферротитан и алюминий по 2...8; графит – остальное с последующим охлаждением в масле.

Применяют комбинированную обработку нагревом и пластическим объемным деформированием путем обкатывания.

Упругость спиральных пружин восстанавливают *термомеханическим* способом с помощью установки ОРГ-27530. Пружину сжимают до соприкосновения витков и через нее пропускают ток силой 420 А в течение 18 с (значения приведены для восстановления пружин клапанов и сцеплений). В течение времени нагрева температура детали достигает 830...850 °С. Отключают подачу тока, а пружину медленно (в течение 17 с) растягивают из расчета, чтобы ее длина увеличилась на 3,5 мм по сравнению с длиной новой пружины. Затем пружину сбрасывают в закалочную емкость с маслом АС-8. Однако способ не обеспечивает длительного сохранения жесткости пружин в эксплуатации.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой дефект характерен для упругих элементов?
2. Какие способы могут быть применены при восстановлении упругих свойств пружин?
3. Какие виды механической обработки применяются при восстановлении рессорных листов?
4. Какие процессы протекают в поверхностных слоях упругих деталей при дробеструйной обработке?
5. Почему гидродробеструйная обработка обеспечивает более высокие характеристики восстановленной детали?
6. Как проводится ультразвуковая обработка?
7. Какой вид термической обработки применяется при восстановлении упругих элементов?
8. Как реализуется химико-термический способ восстановления?
9. В чем особенность восстановления спиральных пружин термомеханическим способом?
10. Какое оборудование применяется при восстановлении?

### **6 Восстановление деталей рамных конструкций**

Рамы сельскохозяйственной техники – наиболее нагруженные несущие элементы, выполненные из проката разного профиля и соединенные сваркой, болтами и заклепками.

Основные дефекты: *изгибы и скручивание продольных балок и поперечных связей; ослабление и обрыв болтовых и заклепочных соединений; разрушение сварных швов; износ отверстий и опорных поверхностей; трещины и разрушение продольных балок, лонжеронов, кронштейнов.*



В процессе возникновения дефектов отдельных элементов возможна деформация всей рамы, что служит причиной нарушения работы передаточных механизмов, расположения рабочих органов, а это, в свою очередь, приводит к снижению качества работы.

Если ослабла одна заклепка в каждом сопряжении или же при небольших изгибах полок и износе привалочных поверхностей, раму ремонтируют без разборки. В остальных случаях ее разбирают.

Разобранные элементы правят под прессом или с помощью гидравлических и винтовых приспособлений в холодном или подогретом состоянии. Наиболее эффективна правка с нагревом до  $500...600^{\circ}\text{C}$  пламенем газовой горелки. Нагрев проводят на площади в 1,5-2 раза больше деформированного участка.

У ослабнувших заклепок головки удаляют пламенем газовой горелки ручным или пневматическим зубилом. Старую заклепку удаляют, а на ее место ставят новую и расклепывают горячим или холодным способом. Более эффективна холодная клепка. Ее преимущество заключается в том, что тело заклепки заполняет все отверстие независимо от его формы и плотно соединяет элементы рамы между собой. Нагретая заклепка при остывании уменьшается в объеме, в результате чего образуется зазор, который способствует ослаблению соединения рамы в период эксплуатации.

Искажение геометрической формы заклепочных и резьбовых отверстий устраняют механической обработкой (рассверливанием) под ремонтный или увеличенный размер. Если требуется восстановить резьбовое отверстие до нормального размера, то его заваривают, используя подкладную медную пластину для отвода тепла, затем рассверливают и нарезают необходимую резьбу

Опорные и привалочные поверхности при их износе  $0,5...3$  мм шлифуют, устраняя тем самым коробление. При большем износе наплавляют вручную электродом Э-42 и обрабатывают до нормальной высоты.

Трещины и изломы элементов рамы ликвидируют дуговой или газовой сваркой. Одним из способов сварки рамных конструкций является полуавтома-

тическая сварка проволокой в среде углекислого газа. Сварку ведут с применением сварочных проволок Св-08Г2С, Св-10ГА и других диаметром 0,8...2 мм. Предварительно трещину и прилегающие к ней места очищают от загрязнений стальными щетками или шлифовальным кругом, засверливают края трещины на расстоянии 5...10 мм от конца сверлом 4...5 мм.

Если толщина свариваемых деталей менее 5 мм, то трещину заваривают без разделки кромок. При толщине детали более 5 мм производят разделку под углом 90...100° на 2/3 толщины профиля детали шлифовальным кругом.

Сварку начинают с засверленных концов трещины. Режим сварки (диаметр электрода и величину сварочного тока) устанавливают в зависимости от толщины стенок элементов металлоконструкции.

Если трещина превышает половину ширины балки, а также при трещинах рам, изготовленных из профильного проката, заварку проводят с применением усилительных накладок, изготовленных из стали 3. Длину накладки выбирают такой, чтобы она на 100...150 мм перекрывала трещину, толщина ее должна быть близка к толщине основной детали при установке накладки с одной стороны или половине толщины детали при установке накладок с двух сторон. По высоте накладки не должны выступать за габариты основной детали. Накладки приваривают только продольными швами. Накладки могут быть приварены и кольцевыми швами, для чего в них просверливают отверстия диаметром 20...40 мм таким образом, чтобы поврежденное место находилось между ними, и затем по периметру этих отверстий приваривают усиливающую накладку.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие дефекты встречаются у рам с.-х. техники?
2. В каких случаях рама подлежит разборке?
3. Как проводят правку элементов рам?
4. Почему горячая правка более эффективна?
5. Каким образом устраняют ослабление заклепочных соединений?
6. Как устраняют износ опорных поверхностей?
7. Из каких операций состоит подготовка трещины к завариванию?
8. В каких случаях производят разделку кромок?
9. Когда при заварке трещин используют усиливающие элементы?
10. Какими швами могут быть приварены накладки?

## 7 Восстановление высокоточных (прецизионных) деталей

К высокоточным деталям и соединениям относят детали, обрабатываемые по 4–6 квалитетам точности (прецизионные детали гидравлических распределителей, топливной аппаратуры дизелей и т.д.). Основным видом эксплуатационных отказов этих деталей (до 80 %) являются дефекты, образующиеся в результате изнашивания рабочих поверхностей в результате абразивного и гидроабразивного износа.

### 7.1 Прецизионные детали гидравлической системы

Характерный дефект гидрораспределителя – *износ подвижных сопряжений прецизионных пар*, проявляющиеся при износе и отклонении от правильной геометрической формы золотников и поясков золотниковых отверстий корпусов. В практике ремонтного производства для устранения этих дефектов используют *метод ремонтных размеров, перекомплектование* и методы основанные на нанесении покрытий (*хромирование и электроискровую обработку*).

Так как в большинстве случаев такие соединения имеют большое число размерных групп (до 20), то при незначительном износе в паре корпус-золотник проводят подбор золотника по отверстию корпуса (в процессе перекомплектования) с последующей совместной притиркой 5-микронной пастой.

При большем износе используют следующую технологию: *шлифование* поясков до выведения следов износа, *хромирование* и *шлифование* до нормального размера. Шлифование проводят на круглошлифовальных станках при окружной скорости золотника 15...20 м/мин и поперечной подаче шлифовального круга 0,002...0,003 мм/об. После шлифования притупляют острые кромки. Отклонение от геометрической формы не должны превышать 0,003 мм, чистота поверхности пояска должна соответствовать требованиям для нового изделия.

После шлифования золотники сортируют на размерные группы через каждые 0,004 мм. Восстановленные золотники и отверстия корпуса подбирают по размерным группам таким образом, чтобы золотник входил в отверстие на 2/3 своей длины, затем их совместно притирают с использованием масла.

Отверстие в корпусе под золотник хонингуют алмазными брусками в два приема при следующих режимах: окружная скорость хонинговальной головки 20...25 м/мин, радиальная подача при черновой обработке 0,006 мм/двойной ход, при чистовой – 0,003 мм/двойной ход, удельное давление брусков – 0,3...0,5 МПа. Припуск на хонингование составляет 0,02...0,06 мм, причем на чистовое хонингование – 0,005...0,008 мм. Затем проводят притирку чугунами притирами на вертикально-сверлильном станке при частоте вращения шпинделя  $300 \text{ мин}^{-1}$ , 60 двойных ходов притира в минуту. Черновую притирку проводят 30-микронной пастой, чистовую – 5-микронной. (кромки кольцевых канавок должны быть острыми).

Для восстановления прецизионных поверхностей наиболее перспективным является метод *электроискровой обработки* (ЭИО). К основным особенностям ЭИО следует отнести локальность обработки, высокую прочность сцепления нанесенного материала с основой, отсутствие нагрева детали, возможность использования любых токопроводящих материалов, отсутствие необходимости специальной предварительной подготовки поверхности.

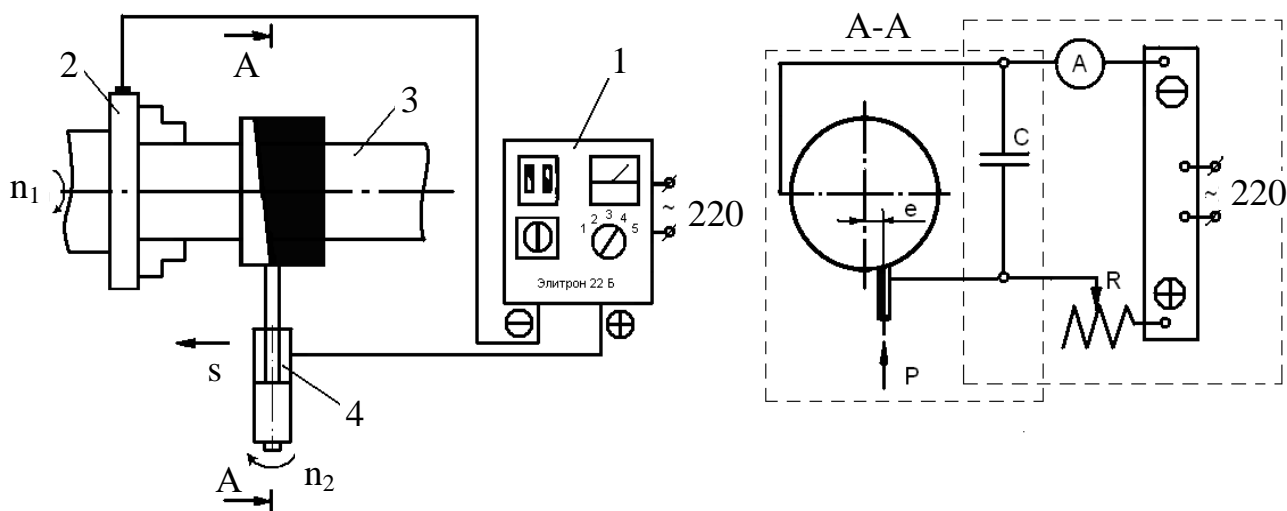
Метод электроискровой обработки, являющийся ресурсосберегающей и экологически чистой технологией, основан на использовании действия импульсного электрического разряда, проходящего между электродами в газовой среде. Сущность его состоит в том, что при искровом разряде в газовой среде заряженного конденсатора происходит преимущественное разрушение материала электрода (анода) и перенос продуктов эрозии на поверхность детали (катод). Характерной особенностью поверхности является одинаковое расположение шероховатости во всех направлениях. Вследствие кратковременности разряда (10...1000 микросекунд) и его локальности нагретые микрообъемы металла детали мгновенно охлаждаются за счет его теплопроводности. Происходит сверхскоростная закалка микрообъемов поверхностного слоя детали, образуется слой высокой твердости.

При проведении ЭИО электрод, вибрирующий или не вибрирующий, поджимается к поверхности детали удельным давлением значительно мень-

шим, чем при наплавке трением. При вращении наплавляемой детали и вращающегося электрода неровности противоположных поверхностей совершают относительные перемещения. Вследствие трения торца электрода о поверхность детали происходит их разогрев и пластическая деформация под нагрузкой  $P$ .

В основу кинематической модели данного процесса, осуществляемого на установке «Элитрон-22БМ», положено продольное перемещение вращающегося электрода относительно вращающейся детали, аналогичное перемещению резца при токарной обработке (рисунок 25).

Наплавка проводится с заданной частотой вращения детали  $n_1$  и подачи электрода  $S$ , обеспечивающими взаимное перекрывание наплавляемых полос в поперечном и продольном направлении, которое характеризуется коэффициентами перекрытия в строке  $K_C$  и между строками  $K_M$ .



1 – блок управления; 2 – токарно-винторезный станок; 3 – деталь;  
4 – электроимпульсная установка (генератор импульсов)

Рисунок 25 – Принципиальная схема электроискровой наплавки

Наплавка проводится с заданной частотой вращения детали  $n_1$  и подачей электрода  $S$ , обеспечивающими взаимное перекрывание наплавляемых полос в поперечном и продольном направлении, которое характеризуется коэффициентами перекрытия в строке  $K_C$  и между строками  $K_M$ . Для обеспечения нормативной сплошности (70 %) и толщины покрытия:  $K_C = K_M \approx 0,25$ . Если величины смещения оси электрода относительно оси детали  $e$ , угловой скорости вра-

щения электрода  $\omega_2$  и давления  $P$  считать постоянными, то необходимая частота вращения детали будет равна:

$$n_1 = \frac{K_C \cdot D_{\text{Л}}}{2\pi R t_{\text{имп}}},$$

где  $n_1$  – частота вращения детали;  $D_{\text{Л}}$  – радиус детали, мм;  $R$  – диаметр лунки (зависит от энергетических режимов ЭИО), мм;  $t_{\text{имп}}$  – длительность одного импульса, мин.

Для обеспечения коэффициента перекрытия  $K_M$  продольная подача электрода на один оборот детали должна быть равна –  $S = K_M \cdot D_{\text{Л}}$ .

На эрозию электрода, а, следовательно, и на толщину и качество получаемых слоев большое влияние оказывают следующие параметры процесса: энергия единичного разряда, длительность импульсов тока, длительность существования короткого замыкания, частота подачи импульсов тока, а также взаимное сближение и перемещение электрода и детали.

Энергия единичного импульса  $W_p$

$$W_p = \frac{C_p \cdot U_{\text{хх}}^2}{2},$$

где  $W_p$  – энергия единичного импульса, Дж;  $C_p$  – величина емкости накопительных конденсаторов, мкФ;  $U_{\text{хх}}$  – напряжение холостого хода, В.

Исходя из энергетических характеристик генераторов, кинематики работы электродов, их механических и теплофизических свойств, можно осуществлять выбор материала электрода и технологических режимов процесса ЭИО для нанесения покрытий необходимой толщины и качества, с заданными механическими свойствами.

При восстановлении поясков золотниковых отверстий корпусов гидрораспределителей описанным выше методом (ЭИО), покрытие наносят электродом из меди М1б диаметром 4...5 мм. При следующих параметрах режима: ток 3,8 А; напряжение 96 В; время обработки 1 см<sup>2</sup> поверхности 1,5...2 мин; угол наклона электрода к оси отверстия 20...30°. После этого отверстия разворачи-

ют и притирают каждое из них притиром в течении 3...5 мин до получения шероховатости  $R_a$  не более 1,6 мкм.

## 7.2 Прецизионные детали топливной аппаратуры

Надежность работы топливной аппаратуры определяется прежде всего работой прецизионных деталей – плунжера и его втулки, нагнетательного клапана и седла, корпуса и иглы распылителя и т.д. Характерными дефектами этих деталей являются *износы* в местах сопряжений деталей.

У плунжерной пары наблюдаются износы: плунжера напротив впускного и отсечного окон и втулки у впускного и отсечного окон. При изменении зазора в плунжерной паре с 2 до 14 мкм (предельное значение) мощность двигателя снижается на 20 %, а удельный расход топлива увеличивается на 3 %. Износ плунжерных пар оказывает влияние на изменение угла опережения впрыскивания топлива в цилиндры двигателя.

Нагнетательный клапан изнашивается по разгрузочному пояску клапана, направляющей и конусной поверхностям. Седло клапана также изнашивается по направляющей и конусной поверхностям. На конуса клапана и конусной фаске седла образуется кольцевая канавка. Все эти дефекты вызывают нарушение закономерности процесса впрыска.

В процессе работы форсунки изнашиваются направляющие поверхности иглы и корпуса распылителя форсунки и их уплотнительные конусные поверхности. Закоксовываются и неравномерно изнашиваются в области кромок сопловые (распыливающие) отверстия. На поверхностях уплотнительного конуса иглы и фаски корпуса распылителя образуются кольцевые канавки. Такой износ деталей вызывает подтекание и плохое распыливание топлива, кроме того, увеличение диаметра сопловых отверстий приводит к возрастанию объема впрыскиваемого топлива.

Для восстановления таких деталей разработано достаточно большое количество способов восстановления: *селективная подборка* (без увеличения

начальных размеров детали); *гальваническое хромирование* или *никелирование*; *диффузионная металлизация*; *изготовление ремонтной детали*; *повторная цементация с последующей закалкой и механической обработкой*; *повторное азотирование*; *обработка холодом*; *восстановление втулок горячим пластическим деформированием*. В ремонтной практике применяю первые три способа.

*Селективной подборкой* ремонтируют до 20 % плунжерных пар и 40...50 % клапанных пар и распылителей. Детали прецизионных пар раскомплектовывают, очищают в бензине или дизельном топливе и замеряют. Затем производят сортировку на размерные группы и проводят подборку. Например, плунжер подбирают таким образом, чтобы он мог войти во втулку на 1/3 своей длины от усилия руки. Спаренные детали притирают с помощью пасты НЗТАМЗ и тонкой пасты ГОИ на доводочных бабках до тех пор, пока одна деталь полностью не войдет в другую. Затем пару тщательно промывают дизельным топливом и доводят ручной притиркой с помощью пасты НЗТАМ1. в хорошо промытой и притертой паре плунжер должен свободно опускаться под действием собственной массы в любом положении на всю длину хода. После этих операций детали испытывают на гидравлическую плотность, по которой их маркируют, консервируют и упаковывают.

*Гальваническое хромирование* применяется при восстановлении плунжерных и клапанных пар, распылителей форсунок и позволяет наносить покрытие толщиной до 100 мкм (на диаметр) твердостью 60...52 HRC.

Технологический процесс восстановления этим способом заключается в следующем. Плунжерные пары раскомплектовывают, очищают от загрязнений. Отверстие во втулке обрабатывают до выведения следов износа с помощью специального самоустанавливающегося приспособления и чугунных разжимных притиров. Для втулок плунжеров черновую доводку проводят на станке 3821 алмазным притиром АС6 100/80. Частота вращения притира  $750 \text{ мин}^{-1}$ , число двойных ходов  $120...140 \text{ мин}^{-1}$ , давление прижима 0,7...0,8 МПа, время обработки 16...20 с, съем металла 25...30 мкм. Для последующей предварительной доводки используют станок 3820, чугунный притир и пасту КТ10/7 30%-й



концентрации. Режим обработки: частота вращения притира  $500 \text{ мин}^{-1}$ , число двойных ходов  $100...120 \text{ мин}^{-1}$ , давление разжима  $0,20...0,22 \text{ МПа}$ , время обработки  $40...45 \text{ с}$ , съём металла  $5...7 \text{ мкм}$ . Доводят окончательно отверстия в течение  $30 \text{ с}$  на этом же станке применением стального притира и пасты КТЗ/2 20%-й концентрации. Частота вращения притира  $315 \text{ мин}^{-1}$ , число двойных ходов  $100...120 \text{ мин}^{-1}$ , давление разжима  $0,16...0,18 \text{ МПа}$ , съём металла  $1...3 \text{ мкм}$ .

Торцы втулок обрабатывают на станке 3806Н1 сначала с пастой КТ100/80 60%-й концентрации, а затем – КТ10/7 30%-й концентрации при частоте вращения диска  $40 \text{ мин}^{-1}$ . Время на каждую операцию  $6 \text{ с}$ , суммарный съём металла  $15...20 \text{ мкм}$ . После обработки шероховатость поверхности втулки (по диаметру  $8,5 \text{ мм}$ )  $0,032...0,040 \text{ мкм}$  и торца  $0,08 \text{ мкм}$ . Готовые втулки очищают и сортируют на размерные группы через  $0,5 \text{ мкм}$ . (Отверстие во втулке не восстанавливают до нормальных размеров, а компенсируют износ за счет увеличения размеров плунжера при хромировании).

Перед хромированием плунжер, для придания ему правильной геометрической формы и шероховатости, притирают на плоскопроводочном станке и притупляют острую кромку его торца. После хромирования детали подвергают механической обработке.

Плунжеры сначала шлифуют на станке 3В182 кругом на основе синтетических алмазов 1А1350Х50Х127Х5 АС-100/80-МВ1-100, ведущий круг ПП 250х100х127 15А12-СМ1В. Частоты вращения шлифовального и ведущего кругов соответственно  $1890$  и  $49 \text{ мин}^{-1}$ , поперечная подача  $0,42 \text{ мм/мин}$ , время шлифования  $4 \text{ с}$ , съём металла  $25...30 \text{ мкм}$  на диаметр. Затем доводят на станке 3А814 чугуном притиром с применением пасты КТ10/7 30%-й концентрации (содержание по массе абразивного порошка). Частоты вращения верхнего и нижнего дисков  $40$  и  $40,2 \text{ мин}^{-1}$ , время обработки  $10...12 \text{ с}$ , съём металла  $3...5 \text{ мкм}$ , давление в гидросистеме  $0,6 \text{ МПа}$ . Для снятия огранки используют доводочную бабку ОВ193, чугуном притир и пасту КТ10/7. Частота вращения шпинделя  $200 \text{ мин}^{-1}$ , продолжительность обработки  $36 \text{ с}$ , съём металла  $4...6 \text{ мкм}$ . В результате этой операции шероховатость поверхности должна быть  $R_a =$

0,06...0,08 мкм, овальность и конусность плунжера – соответственно до 0,5 и 1,5 мкм. Окончательно плунжеры доводят на плоскодоводочном станке ЗА814 чугуном притиром с помощью пасты КТЗ/2 20%-й концентрации при частотах вращения верхнего и нижнего дисков соответственно 40 и 40,2 мин<sup>-1</sup>, времени доводки 6...8 с и съеме металла 1...3 мкм.

Шероховатость прецизионных поверхностей после окончательной доводки 0,03...0,040 мкм, овальность и конусность до 0,5 мкм. Готовые плунжеры измеряют на оптикаторе, разбивают по размерным группам (через 1 мкм) и укладывают в кассеты. После каждой из перечисленных операций их промывают в бензине и продувают сжатым воздухом. Окончательно плунжерную пару обрабатывают совместной доводкой пастой М1 и контролируют гидравлическую плотность.

При *диффузионной металлизации* одновременно с упрочнением поверхностных слоев металла увеличиваются (для втулок уменьшаются) начальные размеры деталей. При изготовлении прецизионных применяют стали с высоким содержанием углерода (ХВГ, ШХ15 и Р18), а также малоуглеродистые легированные стали (18Х2Н4ВА и 12ХНЗА), подвергаемые цементации. Прецизионные детали топливных насосов типов НД, ЯЗГА и КамАЗ выполняют из малоуглеродистых легированных сталей 25Х5МА с последующим азотированием. При высоком содержании углерода или азота в сталях можно получить в процессе их насыщения карбидные, нитридные и комплексные покрытия с необходимыми свойствами. В результате диффузионного насыщения линейные размеры деталей изменяются на 70...80 мкм. На поверхности образуются покрытия микротвердостью 16000...18000 МПа, основной структурной составляющей которых служат карбиды хрома.

Плунжерные пары, поступающие в ремонт, раскомплектовывают, очищают от грязи и дефектуют. Детали с ржавчиной и местным износом (20...30 мкм) выбраковывают. Если износ не превышает 15 мкм, то их не подвергают предварительной механической обработке, остальные шлифуют (доводят) до выведения следов износа. Металлизацию проводят в вакуумных печах СЭВ-5,5/13И2, СНВ3.6.3/13И1 при температуре 1150...1200° С в течение 5...6 ч.

Для повышения несущей способности диффузионного слоя подпятник плунжера, контактирующий с регулировочным болтом толкателя, следует закалить ТВЧ. Температура нагрева 840° С, время выдержки 7...10 с, охлаждающая среда – индустриальное масло И20А.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ





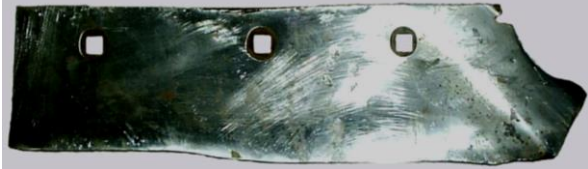
1. Какие дефекты присущи прецизионным деталям?
2. На каком принципе основана электроэрозионная обработка?
3. Какими способами восстанавливают прецизионные детали топливной аппаратуры?
4. Как проводится селективная подборка?
5. В чем заключается особенность механической обработки восстановленных деталей?
6. Какими механическими свойствами обладают поверхности деталей восстановленных диффузионной металлизацией?

## **8 Плоские детали (плужные лемеха)**

### **8.1 Дефекты плужного лемеха**

Наработка до первого отказа у плужных лемехов составляет от 5...10 га на песчаных почвах и до 40...60 га на черноземах, при этом основными причинами отказа служат износ лемеха в области носка, полевого обреза и лезвия. Действительно, в условиях интенсивного абразивного изнашивания, которому подвергается лемех в процессе работы, лезвие изменяет свою геометрическую форму, образуется затылочная фаска, закругляется и изнашивается носок; происходит изнашивание пятки рабочей поверхности; формируется лучевидный износ и уменьшается ширина лемеха. Помимо этого, при столкновении лемеха с каменными включениями могут возникнуть изгибы, скручивание и разрушение (поломка) (таблица 2).

Таблица 2 – Дефекты плужного лемеха

Наименование дефекта	Коэффициент повторяемости	Вид
Износ по ширине	0,05	
Износ носка	0,3	
Образование лучевидного износа в области, примыкающей к полевому обрезу лемеха (эллипсоид износа)	0,84	
Сквозное протирание в области, примыкающей к полевому обрезу лемеха	0,12	
Образование трещин	0,03	
Образование затылочной фаски	0,5	
Изгибы, скручивание, прогибы	0,81	
Разрушение	0,03	

Как правило, первый отказ регламентируется закруглением и износом носка на величину более 45 мм и лучевидным износом. Одним из главных факто-

ров, ограничивающих ресурс плужного лемеха, следует считать появление лучевидного износа в области, примыкающей к полевому обрезу (рисунок 26).



Рисунок 26 – Лучевидный износ носка лемеха, осложненный сквозным протираем

Количество отказов лемехов по этой причине составляет около 84 % от поступивших на реставрацию. Значительные потери металла в отмеченной части лемеха, вплоть до сквозного протираем, приводят к изгибам носка и его изломам. Нужно отметить, что остальные геометрические параметры часто соответствуют допустимым нормам.

Другим дефектом, сравнимым с вышеописанным, считается износ носка лемеха. Коэффициент его повторяемости составляет примерно 0,3 при наличии износа более 45 мм. Такая величина является допустимой. В противном случае, нарушается устойчивость плуга, и возникает эффект выталкивания агрегата из земли. Кроме того, создаются значительные трудности с заглублием.

## 8.2 Методы устранения дефектов плужных лемехов

В связи с наличием разнообразных по природе и характеру проявления дефектов, предлагается классификация, базирующаяся на универсализации технологических процессов. Под универсализацией в данном случае понимается возможность восстановления определенного количества дефектов – от одного до различного их сочетания у конкретной детали (рисунок 27).



Рисунок 27 – Схема методов устранения дефектов плужных лемехов

Следует отметить, что указанные методы могут переплетаться и дополнять друг друга.

### 8.2.1 Методы восстановления, позволяющие устранить один дефект

Эта группа способов позволяет устранять какой-либо один дефект: *трещины, затупление лезвия, скручивание, лучевидный износ*, в том случае, когда остальные геометрические параметры лемеха удовлетворяют агротехническим требованиям.

Технология *заваривания* трещин состоит в зачистке места сварки до металлического блеска, разделке с обеих сторон детали V-образных канавок и последующей заварки. Разделка канавок обусловлена обеспечением необходимой прочности. Последующая зачистка швов производится только с тыльной стороны во избежание сложностей при крепеже. Устранение трещин носит частный характер и в целом не решает проблему восстановления плужных лемехов.

При затуплении, лемеха *затачивают* под углом 15...23° (угол

самозатачивания) до обнажения твердого слоя. Операция заточки может быть заменена операциями: обрубки режущей кромки под этим же углом в штампе; оттяжкой; прокаткой лезвия после нагрева; обрезкой воздушно-плазменной струей.

Лемеха с изношенным наплавленным слоем «Сормайта» *оттягивают* до тех же размеров, что и перед первой наплавкой, а затем повторно *наплавливают* твердым сплавом с тыльной стороны слоем толщиной 1,4...2 мм. Оставшийся от предыдущей наплавки сплав этому процессу не мешает. Достигнув предельного состояния по ширине, эти детали требуют восстановления другими способами. Прокатка лезвия и обрезка плазменной струей как методы восстановления не находят своего применения. Между тем, при работе на песчаных и супесчаных почвах необходимость заточки вообще отсутствует, так как этот процесс является самоорганизующимся.

При нарушении размерной стабильности лемеха – возникновении прогибов, изгибов, скручивания, проводят *правку*: холодную и горячую.

Прогиб лемеха устраняют ударами молота на наковальне в холодном состоянии, так как он имеет, как правило, незначительную величину от 1 мм до 7,75 мм. В большинстве случаев необходимость в устранении прогиба отсутствует, так как он устраняется при креплении лемеха к стойке.

Лемеха, имеющие изгибы и скручивания значительной величины, а также закаленное лезвие, подвергаются *правке в нагретом состоянии* до температуры выше температуры рекристаллизации (примерно около 1000° С). Перед деформированием деталь следует отжечь для улучшения пластических свойств. После правки лезвие необходимо подвергнуть закалке с соответствующим видом отпуска (может быть выбран в зависимости от состава почвы).

Применение правки (холодной или горячей) также не решает проблему восстановления лемехов из-за малого коэффициента повторяемости дефектов. Более того, представленная технология горячей правки достаточно сложна. Холодное же деформирование способствует образованию остаточных напряжений, что может привести к разрушению лемеха в период его работы.

На почвах с небольшим удельным сопротивлением в области носка образуется лучевидный износ. При этом нередко геометрические параметры детали удовлетворяют технологическим условиям вспашки. Часто имеет место сквозное протирание, являющееся следствием неправильной эксплуатации. В итоге лемех достигает предельного состояния при малом изменении линейных размеров. Способ, который бы обеспечил высокую износостойкость истираемой поверхности, требует применения электродных материалов, дающих повышенную твердость. Использование таких электродов без дополнительных мер приводит к высоким значениям остаточных напряжений и растрескиванию поверхности. Известно, что при наплавке твердосплавными электродами, возможно применение технологических слоев для получения целостности слоя, позволяющего обеспечить качественное восстановление.

Способ *двухслойной наплавки* состоит в наплавке *1-го слоя малоуглеродистыми* электродами для электродуговой сварки и последующим *наваривании 2-го слоя электродом, обеспечивающим высокую твердость поверхности* (рисунок 28), позволяющую повысить износостойкость к абразивному изнашиванию.

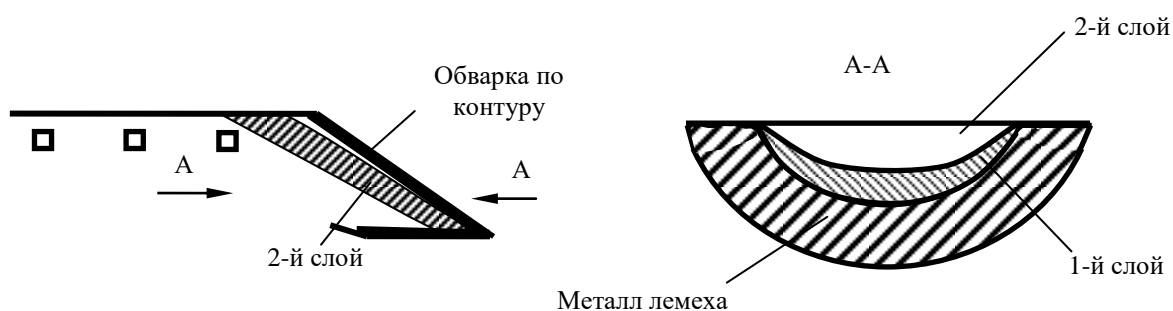


Рисунок 28 – Схема двухслойной наплавки

Для различных типов почв возможно применение разнообразных технологических приемов, например: 1) наплавка первого слоя и без его охлаждения второго; 2) наплавка первого слоя, его охлаждение, затем наплавка второго. Возможна обварка контура носка при пахоте на почвах с высокой изнашивающей способностью. Предварительные испытания лемехов, восстановленных таким образом, дали положительные результаты.

Для указанной технологии приняты следующие режимы наплавки: для



электрода Э-42А диаметром  $d = 4$  мм; сила сварочного тока  $I = 120...130$  А; напряжение на дуге  $U = 20...24$  В, скорость наплавки  $v_H = 0,25$  см/с; для электрода Т-590 диаметром  $d = 3...4$  мм; сила сварочного тока  $I = 120...150$  А; напряжение на дуге  $U = 18...20$  В. Если остаточная толщина изношенного лемяха около 2 мм, то рекомендуется использовать электроды Э-42А диаметром 3 мм и соответственно параметры режима должны быть скорректированы под принятый диаметр.

Электродом Э-42А наплавляется промежуточный слой, выполняющий в некоторой мере, функции упругого элемента. Наличие в стержне этого электродного материала углерода  $C < 0,1$  % позволяет снизить склонность к последующего износостойкого покрытия к растрескиванию. Возможно, применение электродов и других марок, содержанием углерода не более 1 %.

Наплавка поверхностного слоя может производиться электродами, обеспечивающими высокую твердость поверхности, например Т-590, Т-690, ОЗШ-3 и другие. Однако, как показали эксперименты, следует избегать наплавочных материалов, которые содержат легирующие элементы, способствующие образованию трещин в наплавленном слое. Оптимальным с этой точки зрения является электрод Т-590.

Применение ручной наплавки связано с рядом особенностей: возможность реализации технологий восстановления в мастерских небольших предприятий; не дефицитность наплавочных материалов, их сравнительно невысокая стоимость; отсутствие необходимости в высокой квалификации сварщика.

Источником питания сварочной дуги могут быть любые сварочные агрегаты постоянного тока, обеспечивающие необходимые режимы наплавки: выпрямители типа ВД и преобразователи ПС, ПД, ПСГ, ПСО.

Общий технологический процесс включает все необходимые операции и составлен таким образом, чтобы была возможность его выполнения в условиях мастерских производителей с.-х. продукции (рисунок 29).



Рисунок 29 – Схема общего технологического процесса восстановления лемеха

При дефектации плужных лемехов визуально и с помощью измерительных инструментов выявляют дефекты: износ по ширине, изгиб, коррозия, трещины, обломы, износ по толщине, абразивный износ рабочей поверхности (рисунок 30, а), сквозное протирание (рисунок 30, б).

Наработка  
4 га

Лемеха после  
эксплуатации



а)

Наработка  
10 га



Рисунок 30 – Дефекты лемеха: а) – абразивный износ рабочей поверхности (начальный период образования лучевидного износа), б) – сквозное протирание

Допустимые размеры лемехов при дефектации для восстановления по технологии двухслойной наплавки: ширина лезвийной части – до 90 мм, длина носка – до 180 мм. Лемеха не выбраковываются, если в области лучевидного износа имеется сквозное протирание с выходом и без на полевой обрез, хотя согласно существующим технологическим условиям на ремонт плугов, наличие такого порока обуславливает его выбраковку.

Если необходимо, то лемех правят, методами горячего деформирования от температуры не менее 1200° С при усилии на боек не менее 1000 кН.

Зачищают поверхность лучевидного износа в области полевого обреза с выходом на неизношенную часть лемеха на 40...50 мм под наплавку. Возможно, использовать машинку шлифовальную МР-500 или щетку по металлу.

Износ поверхности лучевидного износа устраняется двухслойной наплавкой. Первый слой наваривают, используя выпрямитель сварочный ВДГ-302, электродом со стержнем из малоуглеродистой стали, например, Э42А, диаметром 3...4 мм с силой сварочного тока 120...140А, напряжением 20...24 В, скорость наплавки 0,15 м/мин, постоянным током обратной полярности (возможна наплавка и переменным током). Валики наплавляются вдоль лучевидного износа (рисунок 31) с определенным интервалом времени для остывания первого слоя. Необходимость охлаждения диктуется мерами технологического порядка: избежание коробления носка, удаление шлаковой корки, смена электрода. По-

этому на сварочном столе одновременно следует проводить наплавку до шести лемехов, что позволяет увеличивать производительность.

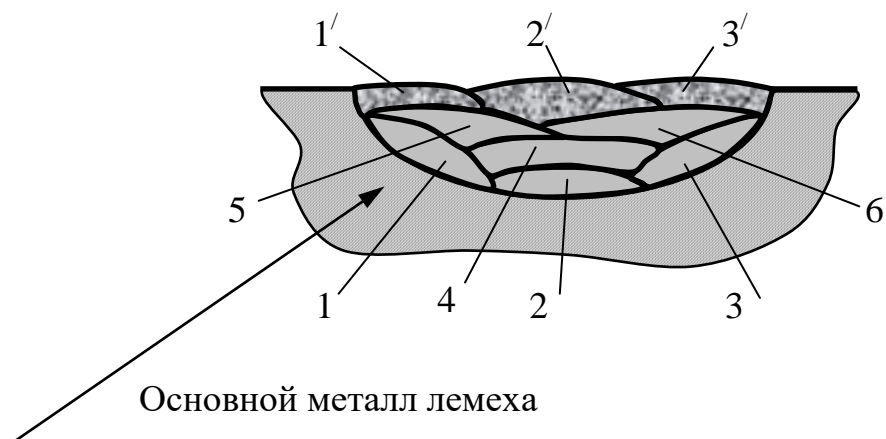


Рисунок 31 – Схема двухслойной наплавки (цифрами обозначены: 1, 2, 3, 4, 5, 6 – валики, наплавленные малоуглеродистым электродом, 1', 2', 3' – валики, наплавленные электродом Т-590)

Способ двухслойной наплавки имеет ряд технологических приемов:

- без применения дополнительных воздействий;
- с применением наплавочного армирования и обварки носка;
- с совмещенной термической обработкой.

При выборе варианта технологии необходимо учитывать: тип почвы, технологические возможности предприятия и эффективность восстановления.

Устранение лучевидного износа со сквозным протиранием при восстановлении лемехов считалось невозможным. Между тем, производственный опыт показал, что сквозное истирание лемеха устраняется обваркой места износа начиная с краю отверстия, постепенной заправкой всего дефекта электродом 3 мм при силе сварочного тока 120 А. Процесс заправки можно упростить, используя дополнительные стальные пластины, с размерами несколько превышающими размеры отверстий. После устранения сквозного истирания, заправляют лучевидный износ до остаточной глубины 1...3 мм под наплавку износостойкого слоя. Проверка на наличие пор, раковин, непроваров на поверхности наплавленного слоя осуществляется визуальным осмотром. Указанные дефекты не допускаются.

Наплавка второго слоя производится аналогично, но при этом необходимо использовать электроды, обеспечивающие высокую твердость поверхности, например, Т-590 диаметром 3...4 мм, сила сварочного тока до 150 А, скорость 0,20 м/мин. Производится заправка оставшегося износа до уровня рабочей поверхности лемеха (рисунок 32). Наплавленный слой позволяет повысить износостойкость к абразивному изнашиванию и увеличить наработку восстановленного лемеха.



Рисунок 32 – Наплавка второго слоя электродом Т-590

После остывания восстановленный лемех подвергают визуальному контролю на наличие непроваров, пережогов, пор. Эти дефекты не допускаются. Проводится контроль твердости поверхности, используется прибор по определению твердости ТЭМП-4 ТЕХНОТЕСТ, твердость должна быть не менее НРС 57. Последующей механической обработки не требуется. Восстановленные лемеха должны быть законсервированы согласно ГОСТ 9.014 – 76.

Предлагаемая технология позволяет проводить восстановление и упрочнение изношенных лемехов, при этом увеличивается ресурс, повышается износостойкость (рисунок 33), за счет высокой твердости наваренного поверхностного слоя, так как твердость и стойкость к абразивному изнашиванию находятся в функциональной зависимости. Практика показала снижение количества разрушений деталей восстановленных двухслойной наплавкой против наплавленных только электродом Т-590 как 70 % к 14 %.

Восстановленный  
лемех двухслой-  
ной наплавкой

Наработка  
более  
35 га



Рисунок 33 – Восстановленный лемех после эксплуатации

Описанный технологический процесс может быть реализован сварщиком невысокой квалификации на любом сельскохозяйственном предприятии, имеющим сварочную технику. Данный способ рекомендуется применять на песчаных, супесчаных и суглинистых почвах Нечерноземной части РФ.

### 8.2.2 Методы восстановления, позволяющие устранить два дефекта

В зависимости от гранулометрического состава почвы, условий эксплуатации сочетание двух дефектов у лемехов может выражаться наличием: *износа по ширине и затупления лезвия; износов по ширине и области, примыкающей к полевому обрезу (торцу); износ носка и образование лучевидного износа; износ по ширине и трещины, изгибы, прогибы; износов по ширине и носка; износов по ширине и толщине.* Поэтому выбор и использование технологии восстановления зависят, прежде всего, от сочетания дефектов, состояния и технических возможностей ремонтно-производственной базы.

В 80-х годах прошлого века в ряде стран для упрочнения рабочих органов было предложено использовать *металлокерамику* на основе оксида алюминия. Вставки из керамики крепили в открытых пазах с помощью эпоксидного клея. При относительно высокой износостойкости наблюдалась недостаточная стойкость керамики к ударным воздействиям и низкая прочность клеевого соединения. Дальнейшее усовершенствование технологии восстановления лемехов металлокерамическими пластинами наплавкой и пайкой, позволило считать это направление перспективным для обработки некаменистых почв.

Сущность процесса заключается в том, что с лицевой стороны лезвия припаиваются твердосплавные пластины со сплошным или прерывистым расположением, на предварительно подготовленные поверхности лезвия и обла-

сти, примыкающей к полевому обрезу. Пайка производилась водородно-кислородным пламенем, с использованием флюса Ф-100 и листового припоя ЛБ3 толщиной 1 мм. Помимо высокой стоимости и дефицитности керамических материалов, применение восстановленных керамикой лемехов для обработки каменистых почв малоэффективно в силу того, что эти материалы обладают низкой ударной вязкостью, и слабо противостоят динамическим воздействиям при столкновении с каменистыми включениями. Таким образом, метод может применяться ограничено, кроме того, использование керамики, по мнению ряда специалистов, не всегда экономически эффективно. Как способ восстановления вызывает серьезные сомнения.

Изношенные по ширине и затупившиеся лемеха плугов, *оттягивают* в нагретом состоянии ручной ковкой или на молоте специальными бойками. Указанный метод является самым распространенным. Даже заводами-изготовителями предусмотрены меры по повышению ремонтпригодности лемеха путем выштамповки запаса металла с тыльной стороны, так называемого «магазина». Оттяжка требует наличия дополнительного материала с тыльной стороны «магазина», что усложняет процесс изготовления лемеха. Кроме того, после оттяжки необходима дополнительная термообработка (закалка, отпуск), а это не всегда проводится в ремонтных мастерских.

При большом износе по ширине лемех оттягивают в нагретом состоянии быстрыми ударами ручным молотом или на пневматическом молоте специальными бойками. Во время оттягивания лемеха кузнечным способом лезвие по всей его длине нагревают в горне на ширину 60...70 мм до 900...1000° С. Лемех кладут на наковальню рабочей поверхностью и частыми ударами оттягивают при температуре более 800° С (при меньшей могут появиться трещины) сначала носок, а затем лезвие до нормальных размеров. Оттянутую часть выравнивают гладилкой. В процессе и конце оттяжки лемех проверяют по шаблону. После оттяжки и закалки его затачивают на обдирочно-шлифовальном станке. Лемеха, изготовленные из сталей Л53, Л50, Ст.5 нагревают до 780 ...820° С и закалывают, погружая лезвие в воду на 5...6 с,

затем отпускают на воздухе после повторного нагрева до 300...350° С. Лемеха закаливают на 1/3 их ширины. Твердость рабочей зоны лемеха после закалки проверяют переносным твердомером ТЭМП-4, если производство имеет массовый характер.

Возникают серьезные трудности с определением температур оттяжки и термической обработки в условиях предприятий товаропроизводителей. Данный метод не приемлем для восстановления лемехов, имеющих лучевидный износ без его предварительного устранения.

При образовании лучевидного износа и нарушении геометрии носка поверхность лемеха восстанавливается путем *ручной или полуавтоматической наплавки* электродного материала в виде валиков шириной 3...4 мм, наносимых на изношенную поверхность носовой части.

Во избежание коробления восстанавливаемой области и для увеличения производительности одновременно возможно восстанавливать до 4 лемехов. После наплавки восстановленные лемеха подвергаются оттяжке за счет «магазина». Для упрочнения восстановленного лемеха рекомендуется использовать наплавочное армирование – наваривание валиков на рабочую поверхность малоуглеродистым электродом (рисунок 34).

Основным фактором, ограничивающим применимость этого способа, является сложная технологическая цепочка: поэтапная заправка износа с периодическим охлаждением; оттяжка; упрочнение наплавочным армированием с периодическим охлаждением. При использовании «магазина» повторно применить описанный способ не представляется возможным. Значительные термические воздействия, имеющие циклический характер, по-видимому, скажутся отрицательно на дальнейшей работоспособности лемеха.



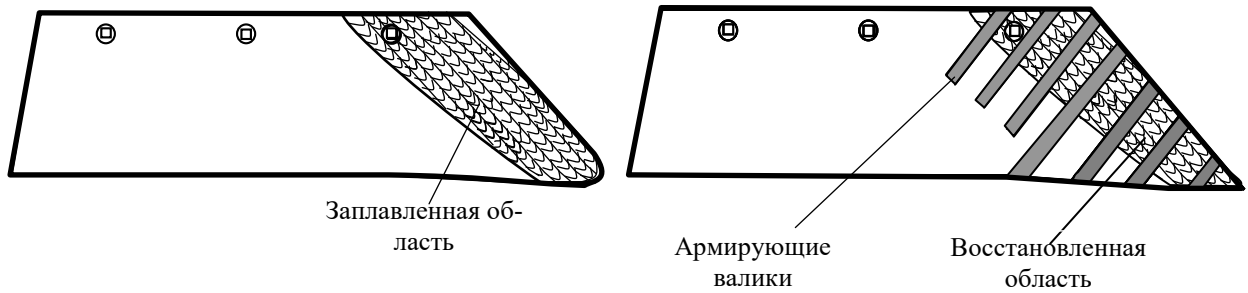


Рисунок 34 – Лемех после заправки лучевидного износа с последующим армированием

Значительные возможности по продлению долговечности лемехов заключены в методе по *креплению дополнительных элементов*, когда другие способы не могут быть применены по определенным причинам. Данные методы нашли достаточно широкое внедрение в практике эксплуатации лемехов в производственных условиях.

Метод можно разделить на два технологических приема (варианта): первый – *приварка элемента вдоль полевого обреза*; второй – *приварка элемента параллельно лезвию лемеха* (рисунок 35, а, б). Применение технологии по первому варианту производится, когда имеется износ полевого обреза по торцу, а износ носка лемеха не превышает 45 мм (рисунок 35, а).

В большинстве случаев, когда в области полевого обреза имеется лучевидный износ, требуется его предварительная заправка.

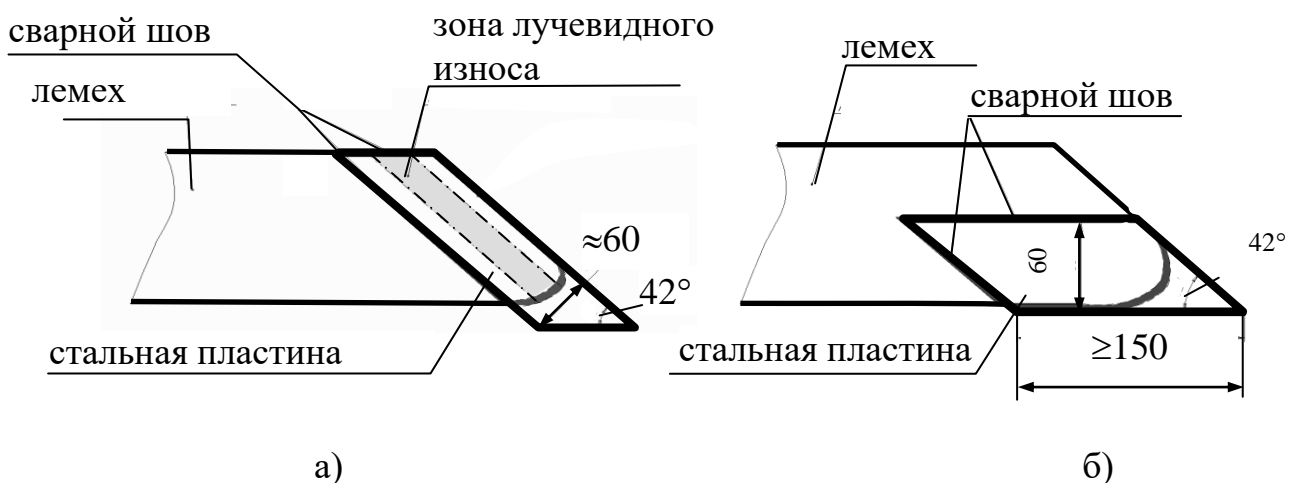


Рисунок 35 – Схема приварки дополнительных элементов

В случае износа носка лемеха более 75 мм и предварительного использо-

вания «магазина» можно восстановить деталь приваркой дополнительного элемента по второму варианту (рисунок 35, б). В этом случае приварку элемента следует производить параллельно лезвию лемеха.

Лемеха, восстановленные этим способом, увеличивают тяговое сопротивление пахотного агрегата, расход топлива. Так как основные сведения по этому способу взяты из практического опыта, то ряд моментов остаются открытыми: геометрические размеры элементов, влияние способа на проявление дефектов в процессе пахоты (в особенности изгибов).

### **8.2.3 Методы восстановления, позволяющие устранить три и более дефектов**

При эксплуатации лемехов на почвах, имеющих большую изнашивающую способность возможно образование трех и более дефектов.

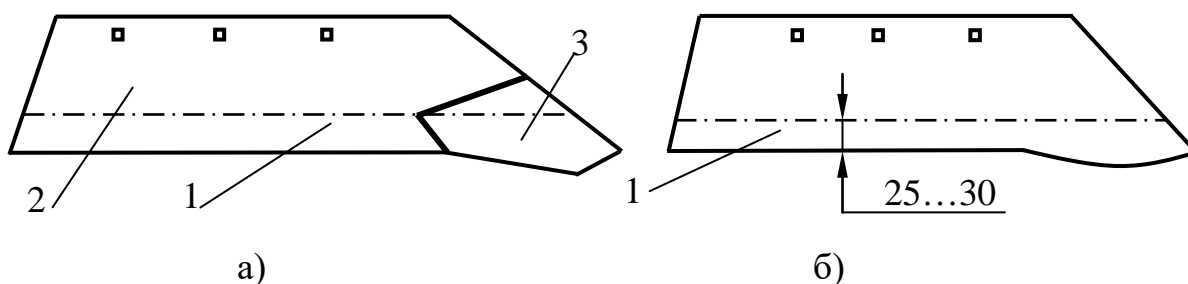
При практическом использовании процесса *электроконтактной приварки* (ЭКП) для достижения оптимальных свойств наносимого слоя температура нагрева частиц порошка должна составлять 0,6...0,9 от температуры плавления. Предложено использовать при восстановлении лемехов ЭКП узкий ролик, применение которого позволяет наносить покрытия на поверхности деталей, практически неограниченной длины, ширина наносимого слоя за один проход может составлять 3,0...4,0 мм. Износостойкость таких деталей, восстановленных порошками ФБХ-6-2, КБХ, в 3,3–3,6 раза выше, чем у новых, при этом их усталостная прочность снижается всего на 11 %. Указанная технология не находит широкого применения при восстановлении рабочих органов почвообрабатывающих машин из-за сложности и дороговизны процесса.

Изношенные самозатачивающиеся, а также обычные лемеха для повышения долговечности можно *наплавить твердым сплавом*. Технология наплавки включает в себя операции приварки износившейся части, оттяжки, наплавки, заточки лезвия лемеха. Оттягивают лемеха кузнечным способом в последовательности: сначала носок, а затем прямолинейную часть лезвия. В результате вдоль тела лемеха образуется канавка шириной 25...30 мм и

глубиной 1,5...2 мм. Канавку очищают на точиле до удаления ржавчины и окалины. Оттянутые лемеха контролируют шаблоном. Лемеха наплавляют прутком из твердого сплава «Сормайт-1» при прямом его нагреве восстановительным пламенем и порошками типа ПГ-СР. В качестве флюса применяют обезвоженную буру.

В ремонтных мастерских восстанавливают изношенные режущие части лемехов или наплавляют новым твердым сплавом, обеспечивая самозатачивание лезвия. В качестве твердых сплавов используют ПГ-СР, «Сормайт-1», УС-25, смешивая их с флюсами.

С целью увеличения срока службы возможно нанесение твердых сплавов на лемех по двум вариантам: первый – приварка *стальной накладки на износившийся носок с последующей наплавкой ее и лезвия твердым сплавом* (рисунок 36, а), второй – после промежуточной эксплуатации – *оттяжка износившейся прямолинейной части лезвия режущих органов с последующей ее наплавкой твердым сплавом* (рисунок 36, б).



1 – наплавленный слой; 2 – лемех; 3 – накладка носка лемеха

Рисунок 36 – Технология восстановления лемеха наращиванием поверхности: а) – приварка накладки с последующей упрочняющей наплавкой; б) оттяжка с последующей упрочняющей наплавкой

Восстановленные таким методом лемеха имеют низкую стойкость в условиях ударного воздействия, меньшую жесткость и износостойкость, кроме того, сложно в процессе эксплуатации производить оттяжку, увеличиваются затраты времени на снятие и установку детали, возникают термические деформации и, как следствие, нарушение геометрических параметров лемеха.

Способами *вставок* восстанавливают изношенную геометрию лемехов.

ГОСНИТИ разработал технологию восстановления лемехов марки П702Б способом замены изношенных частей *приваркой вставок*. Для изготовления вставок выпускается клиновой прокат ремонтных профилей 30Р, 85Р (ГОСТ 7531–78) и 50Р (ТУ 84–354–72).

Лемеха, подлежащие восстановлению, загружают в печь, где их отжигают при температуре 860° С. Нагретые лемеха правят на фрикционных прессах с усилием не менее 1600 кН и одновременно обрубает изношенные части в 2-х ручьевом штампе Ш–1668–00–ГОСНИТИ. Лезвие обрубается на расстоянии 90 мм от спинки лемеха параллельно ей, а носок под углом. Зенкуют отверстия на вертикально–сверлильном станке. Вставки носка изготавливают из клинового проката ремонтного профиля 85Р на кривошипном прессе с усилием в 600 кН. Вставки лезвия выполняют из клинового проката ремонтного профиля Р30 на пресс–ножницах Н5222А. Лезвие приваривают к остову сварочным аппаратом под слоем флюса с тыльной стороны лемеха, а носок полуавтоматом в углекислом газе с обеих сторон (рисунок 37, а).

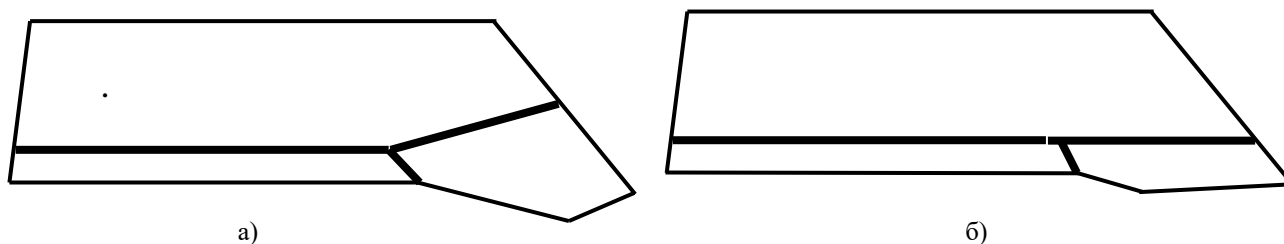


Рисунок 37 – Варианты восстановления плужных лемехов ремонтными вставками: а) – по технологии ГОСНИТИ; б) – по технологии ЧИМЭСХ

Далее лемех наплавляют твердосплавными порошками на высокочастотных установках с тыльной стороны лезвия, возможна приварка к остову деталей лезвия и носка, наплавленных твердыми сплавами. Наплавленный лемех после остывания затачивают на обдирочно–шлифовальном станке. В лемехах изношенных по толщине, зенкуют отверстия под крепежные болты.

С целью сохранения жесткости восстановленного лемеха необходимо с тыльной его стороны на носовой части приварить пленку размерами 15x20x40

мм вместо ребра жесткости, которое при восстановлении нарушается. Кроме этого, лицевую сторону лемеха необходимо закалить.

Для сохранения прочности лемеха Челябинский институт механизации и электрификации сельского хозяйства предложил делать носок меньшего размера из клинового проката ремонтного профиля 50Р и обрубать лемех по прямой на всю длину (рисунок 37, б). Это позволило упростить штампы для правки и обрубки лемеха и вырубки вставки носков, а также процесс его сварки. Но по этой технологии возможно восстановление меньшего числа лемехов.

Однако метод приварки вставок имеет недостатки: носовая часть лемеха ослабляется; во время работы, особенно в тяжелых условиях, лемеха гнутся, геометрические параметры восстановленного лемеха несколько отличаются от нового; восстановленные лемеха могут использоваться только на глинистых и суглинистых почвах. Это связано с тем, что после отжига тело лемеха имеет твердость НВ 1500...1700 вместо НВ 3000 согласно технологическим условиям.

Износ лемеха компенсируют накладные элементы, с последующим его удалением путем отсекаания носовой части и его прямолинейного участка на ширину 25 мм. Далее производится двухсторонняя приварка накладных элементов носка и лезвия. Причем накладной носок подвергают горячей формовке, копируя лицевую часть изношенной заготовки.

При эксплуатации на почвах с низкой влажностью – засушливые районы, из-за высоких удельных давлений наблюдается интенсивный износ основного металла, значительно опережающий износ наплавленного слоя, что ускоряет износ носка. Недостаток способа является то, что при достаточно сложном нагружении лемеха, он быстро выйдет из строя при таком способе восстановления.

Технологический процесс восстановления (рисунок 38, а) отличается от рассмотренных выше тем, что соответствующие вставки вырубают из листового проката из стали 40Х, 50Х, 65Г толщиной 10 мм для носка, 6...8 мм – для лезвия и 5...6 мм – для накладной пластины, которую приваривают для повышения жесткости носка. После приварки вставок носок лемеха упрочняют с тыльной стороны износостойкими материалами с толщиной наплавленного слоя 2,5...3 мм, длиной – 60 ...70 мм.

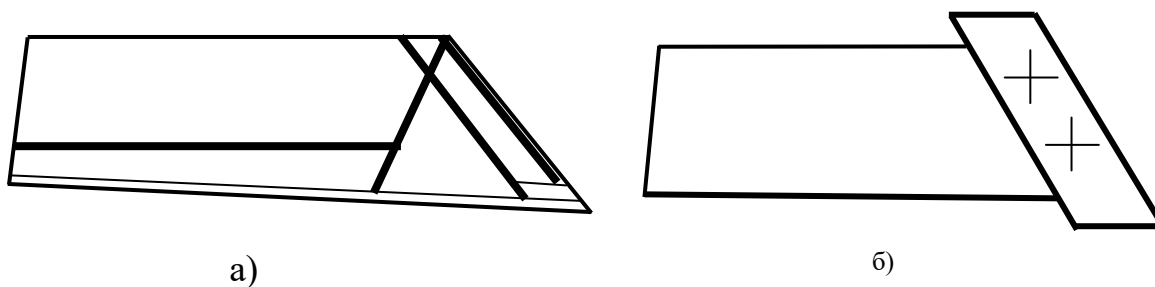


Рисунок 38 – Варианты восстановления плужных лемехов ремонтными вставками по технологиям: а) ЦОКТБ ГОСНИТИ; б) – МГАУ им. В.П. Горячкина

Технология восстановления изношенного лемеха (рисунок 38, б) включает операции: правка (при необходимости); оттяжка лезвия и носка с помощью газопламенной горелки; сверление двух отверстий на носке лемеха для крепления долота; наплавка лезвия лемеха и заточка; термообработка.

Технологический процесс восстановления с использованием аппаратов для воздушно – плазменной резки и сварочных полуавтоматов (сварка остова со вставками сварочной проволокой в среде углекислого газа) позволяет восстанавливать лемеха различных марок, возможна автоматизация процесса.

Сложность указанных процессов, необходимость наличия специального оборудования, а так же увеличение тягового сопротивления плуга при эксплуатации таких лемехов – не позволяет этим технологиям широко использоваться в ремонтных мастерских сельских товаропроизводителей.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие дефекты присущи плужным лемехам?
2. Какие дефекты встречаются у плужных лемехов при эксплуатации на песчаных и супесчаных почвах?
3. Каковы выбраковочные параметры лемеха?
4. Какие методы используются при устранении одного дефекта лемеха?
5. Какие методы восстановления применяют при износе носка?
6. Как можно устранить изгиб лемеха?
7. В чем заключается метод двухслойной наплавки?
8. Как достигается эффект самозатачивания?
9. Какие методы используются при устранении двух дефектов лемеха?
10. В чем заключается технология восстановления постановкой металлокерамических пластин?

11. Какие методы используются при устранении трех дефектов лемеха?
12. Какие методы постановки ремонтных вставок предложены в настоящее время?
13. В чем заключается восстановление лемеха с одновременным упрочнением?
14. Какие материалы и почему используются при изготовлении ремонтных вставок?
15. Какие сварочно-наплавочные методы применяются при восстановлении плужных лемехов?

## **9 Детали ходовой системы**

### **9.1 Детали ходовой системы гусеничных машин**

Ходовая система гусеничных машин работает при воздействии больших контактных нагрузок и сил трения в условиях интенсивного абразивного, коррозионного и окислительного изнашивания. Наиболее сильно проявляется первый вид изнашивания, при котором поверхности деталей разрушаются из-за микрорезания и вырывания микрообъемов материала детали твердыми частицами почвы. Существенное влияние на работу деталей ходовой системы оказывает температура, так как с ее изменением изменяется вязкость масла.

При эксплуатации гусеничных ходовых систем наблюдается интенсивный абразивный износ гусениц, ведущих и ведомых колес, опорных катков и поддерживающих роликов, а также повреждения и износ коленчатых осей, внешних балансиров и осей качения. Наиболее ответственным звеном ходовой системы гусеничных тракторов является ведущее колесо – гусеница. Износ элементов этого звена ухудшает качество работы, что непосредственно отражается на КПД всех механизмов трактора.

Интенсивность износа сборочных единиц ходовых систем тракторов существенным образом зависит от типа почвы, на которой их эксплуатируют. Причем степень влияния типа почвы неодинакова для различных сборочных единиц и составных частей. Так, например, сравнительно слабое влияние оказывает тип почвы на интенсивность изнашивания внешних рабочих поверхностей гусеницы, ведущих колес и опорных катков при использовании гусеницы с

резинометаллическими шарнирами. Более сильное влияние тип почвы оказывает на интенсивность износа звеньев с различным числом проушин.

*Гусеницы* тракторов работают в тяжелых условиях, подвергаясь абразивному изнашиванию и ударным нагрузкам. Вследствие износа пальцев и проушин звеньев шаг гусеницы становится больше шага ведущего колеса, и тяговое усилие передается только через одно-два звена, а шарниры остальных звеньев, находящихся в зацеплении, оказываются разгруженными. Такие шарниры раскрываются, в зазоры попадают абразивные частицы и, по мере перемещения звена, они в месте контакта с зубом ведущего колеса защемляются и разрушаются. При этом под воздействием контактных нагрузок и сил трения интенсивность изнашивания пальцев и проушин возрастают, особенно на песчаных почвах. У звеньев гусениц изнашиваются *отверстия проушин* (до 30...31 мм и более), *беговые дорожки*, *цевочное зацепление* и *почвозацепы*. Звенья гусениц выбраковываются главным образом в результате износа проушин, цевок и беговых дорожек, так как износ почвозацепов, как правило, не достигает предельных значений. В 75...80 % случаев звенья выбраковываются из-за износа отверстий проушин, что объясняется следующим. Как правило, к моменту наступления предельного состояния цевки и беговые дорожки гусениц большинства звеньев изношены примерно на 50 % от предусмотренной нормы. Поэтому для гусениц, эксплуатирующихся на суглинистых и песчаных почвах, основным выбраковочным параметром служит износ проушин звеньев. Беговые дорожки и цевки большинства звеньев, проушины которых достигли предельного состояния, практически не требуют восстановления. Отверстия проушин имеют, как правило, односторонний износ, причем крайние проушины изнашиваются значительно больше средних.

Необходимо отметить, что при эксплуатации гусеничных тракторов происходит неравномерный износ левой и правой гусеницы. На пахоте механизаторы чаще применяют правые повороты, когда правая гусеница отстает, а левая забегает. В итоге левая гусеница проходит больший путь, больше изнашивается и удлиняется. Средний шаг звеньев увеличивается, поэтому при прямолиней-



ном движении трактор будет уводить в сторону менее изношенной гусеницы, то есть (в данном случае) вправо. Один из простых и действенных путей предупреждения неравномерного износа гусениц – выбор соответствующих способов движения агрегата, при которых чередуются левые и правые повороты. Рекомендуется регулярно проверять гусеницы тракторов на величину и равномерность износа. Для тракторов тягового класса 3 допустимая разность среднего шага звеньев правой и левой гусениц – не более 2...3 мм.

При износе пальцев и проушин звеньев гусениц также нарушается нормальное зацепление. При большом износе этих деталей зацепление полностью нарушается и требуется замена гусениц.

Устранение износа проушин – основного дефекта – возможно несколькими приемами: *механизированной наплавкой; способом пластической деформации (обжатием); установкой вкладышей; заливкой жидким металлом; индукционной наплавкой.*

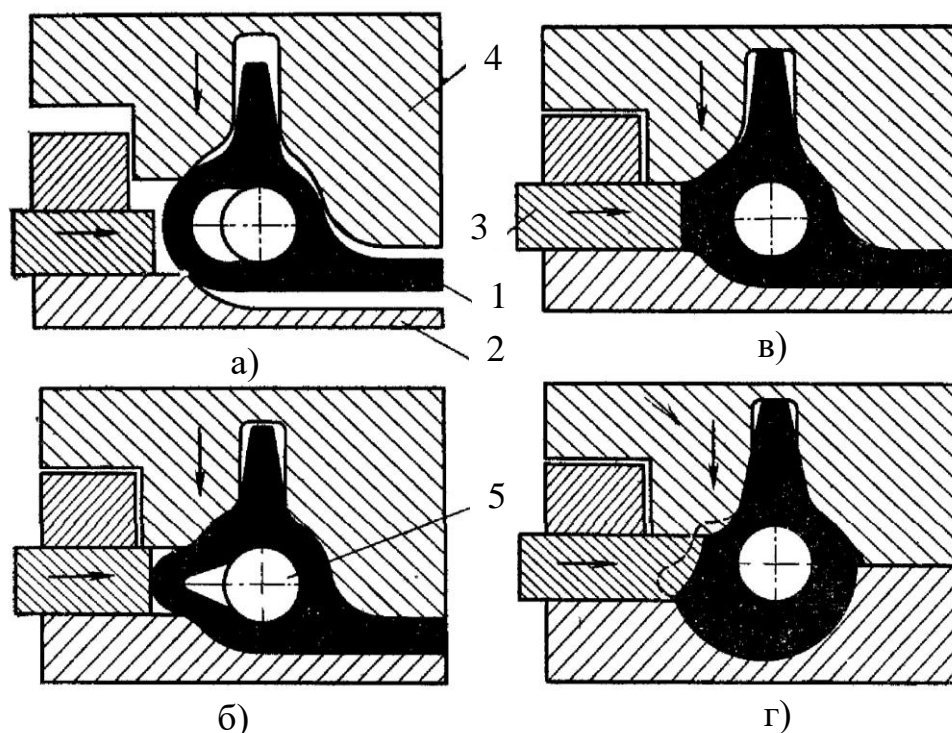
*Механизированная наплавка лежачим электродом* проушин проводится на универсальной установке У–203. Наплавляют только изношенную часть пластинчатым электродом с толстым покрытием, который вводится в отверстие звена гусеницы под палец. Наплавку проводят с охлаждением водой. При этом способе затруднительно получить ровную поверхность наплавленного металла. В связи с этим необходимо формировать направленный слой с помощью пуансона одновременно с наплавкой, пока металл находится еще в пластическом состоянии. Пуансон на конце имеет калибрующую рабочую часть из твердого сплава и перемещается непосредственно за электродом с помощью гидравлической приводной станции.

Наплавку проушин также проводят *одно или много электродной проволокой с одновременным формированием направляемого металла водоохлаждаемым медным формирующим устройством.* Мундштук вводится в отверстие проушины и фиксируется на расстоянии от формирующего устройства. После включения охлаждения удерживающего и формирующего устройства и источника питания начинают наплавку. Мундштук и формирующее устройство непрерывно перемещаются вверх, а расплавленный металл электродных проволок и проушины смешивается и заполняет изношенное пространство. После

наплавки всех проушин одной стороны формирующее устройство перемещают вертикально вниз до выхода из проушин, разворачивают звено на 180 и процесс повторяют. Таким образом, внутренняя поверхность проушины восстанавливается до номинальных размеров, сохраняя соосность и параллельность с номинальным межосевым расстоянием

Восстановление звеньев гусениц *способом пластической деформации* выполняется в специальных штампах различной конструкции на прессах большой мощности (рисунок 39).

Для восстановления принимаются звенья с толщиной передней стенки на дуге 120 не менее 8 мм, толщиной цевки и беговой дорожкой не менее 7 мм. Звенья предварительно нагревают. Нагрев звена проводят в течении 10 минут до 250...300° С, а затем 20 минут в соляной электродной печи с расплавом соли бария при температуре 1000...1050° С. Это позволяет избежать больших затрат энергии, потерь металла в результате окисления поверхности и выгорания легирующих элементов. Кроме того, такой режим нагрева растворяет карбиды, обеспечивает стали Г13Л пластичность, исключает поверхностное обезуглероживание.



1 – звено; 2, 4 – матрицы; 3 – дополнительный пуансон;  
5 – технологический палец

Рисунок 39 – Схема формирования проушин звеньев гусениц пластическим деформированием: а)...г) – этапы формирования

Звено восстанавливают в закрытом секционном штампе с автоматическим регулируемым рабочим объемом каждой секции с двумя пуансонами (основным и дополнительным) штамп работает от двенадцати шпиндельного гидравлического пресса с усилием на шпинделях 6 МН.

Звено укладывают в матрицу, а в отверстие вводят технологический палец. Блок основных пуансонов, перемещаясь в вертикальной плоскости, поднимает верхнюю и нижнюю ветви в вертикальной плоскости, и вытесняет металл к передней стенке проушины. Окончательно формируют проушины дополнительные пуансоны. Время деформации звена в штампе 5...6 с. После обжатия звенья закаливают в холодной воде.

Способ пластической деформации считается перспективным благодаря упрочнению, экономии металла, возможности механизации и автоматизации процесса, высокой производительности труда.

*Заливкой жидким металлом* восстанавливают проушины звеньев гусениц тракторов 3-го тягового класса. Гусеничные звенья или цепи с места хранения ремонтного фонда поступают в ванну для замачивания, где они выдерживаются около 4...5 часов для размягчения загрязнений перед очисткой. В моечной машине их моют раствором при температуре 80...90° С, а затем обдувают сжатым воздухом для удаления раствора из впадин. Перед заливкой защищают торцы проушин на обдирочно-шлифовальном станке, прожигают технологическое отверстие диаметром 10...12 мм угольным электродом. Устанавливают звено проушиной вверх, вставляют технологический палец, диаметр которого на 0,2...0,4 мм больше номинального диаметра отверстия и торцевой прижим, способствующий формированию вкладыша во время заливки. Заливку проводят через прожженное технологическое отверстие из тиглей, в которых плавятся заготовки из стали марки 45Л, 50Л или 55Л с нагревом ТВЧ. Шихтой могут служить изношенные пальцы с добавлением на одну плавку (60 кг) 500...700 г ферромарганца и 250...300 г чугуна. После заливки выпрессовывают технологический палец. Так как металл заливают в холодное звено, то его сплавление с проушиной не происходит.

Восстановление звеньев гусеницы *способом установки вкладышей* рекомендуется для проушин с износом более 8 мм. Из полосовой стали 45 или 50 с помощью специального штампа на прессе или молоте изготавливают вкладыши их закаливают в масле с нагревом ТВЧ до температуры 800...830° С. Звено гусеницы устанавливают на контователь проушинами вверх, вставляют технологический палец, а в образовавшийся зазор – вкладыш. При повороте звена на 180° вкладыш под действием собственного веса и веса пальца прижимается к изношенной поверхности проушины. В таком положении их приваривают по торцу к звену. Восстановление звеньев гусеницы постановкой вкладышей – кропотливый, малопроизводительный процесс.

Разработана технология *индукционной наплавки* звеньев гусениц. Предварительно в проушины устанавливают песчаные стержни, а их торцы закрывают. Подготовленное звено вводят в индуктор. На поверхность проушин укладывают присадочный материал в виде прутков. Затем опускают индуктор вместе со звеном в слой песка, находящегося в результате продувания через него сжатого воздуха в псевдосеженном состоянии. При нагреве проушины и присадочного материала ТВЧ кварцевый песок наливает на поверхность и образует огнеупорную оболочку. В процессе дальнейшего нагревания металл проушины и присадочного материала расплавляется и заполняет объем между песчаным стержнем и огнеупорной оболочкой. После этого отключают индуктор, выводят из него звено и закаливают.

У ведущих колес в процессе работы появляются такие дефекты: *износ зубьев по толщине; отверстий под болты крепления; торцевых поверхностей и впадин зубьев*. Наиболее характерным является износ зубьев и впадин.

Наибольшему износу подвергаются обод во впадине между зубьями и зубья у основания. Причем в 98...88 % случаев имеет место односторонний износ и только в 1...2 % – двусторонний (при перестановке ведущего колеса с одной стороны трактора на другую). Вследствие износа ведущие колеса теряют до 12 кг металла. Износ венцов более чем 8 мм наблюдается у 75...80 % ведущих колес тракторов тягового класса 3. Ведущие колеса изнашиваются и по наруж-

ной поверхности. Их выбраковывают при диаметре менее 584 мм и ширине бурта менее 18 мм. Интенсивный износ ведущих колес тракторов объясняется недостаточно высокой твердостью поверхности, которая во многих случаях значительно ниже, чем требуется.

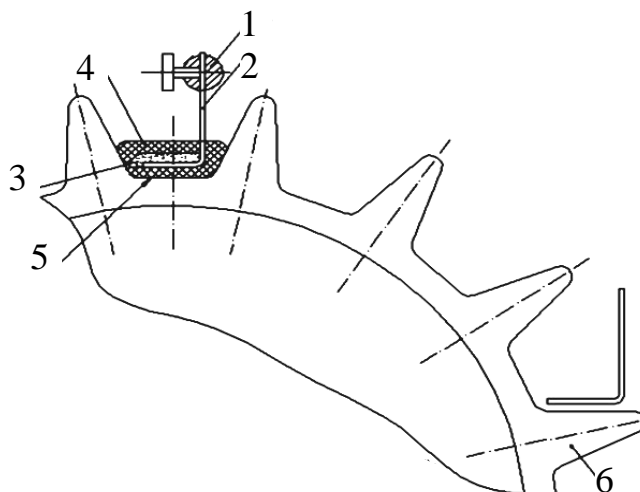
Ведущие колеса при их одностороннем износе переставляют с одной стороны на другую (метод перекомплектовки).

При значительном износе, приводящем к нарушению зацепления ведущего колеса с гусеницей, применяют *ручную и механизированную дуговую наплавку, постановку дополнительной ремонтной детали (накладки), замену части детали (приварка секторов), заливку жидким металлом, термитную наплавку.*

При *ручной дуговой наплавке* зубья наплавляют по шаблону вначале вдоль кромок с обеих сторон шаблона, а затем, сняв шаблон, по всему профилю. Способ малопроизводителен и не всего позволяет получить требуемого качества восстановления.

Для компенсации износа зубьев ведущих колес по профилю на глубину свыше 10 мм, необходимо проводить многослойную наплавку, что снижает производительность процесса. Избежать этого можно используя метод *электродуговой наплавки* неподвижным плавящимся электродом (НПЭ) под флюсом с применением дополнительного присадочного материала (ДПМ).

Разработанная технология заключается в следующем: зубчатое колесо устанавливается в специально разработанную для этой цели установку, которая позволяет вести наплавку двух боковых поверхностей зуба и впадины зубчатого колеса, поворачивая колесо относительно своей оси (рисунок 40).



1 – электродержатель; 2 – электрод (НПЭ); 3 – дополнительный присадочный материал (ДПЭ); 4 – флюс; 5 – впадина; 6 – зуб

Рисунок 40 – Схема наплавки венца ведущего колеса

Наплавляемая поверхность в процессе наплавки должна быть горизонтальной. Вначале наплавляют поверхность впадины, для чего над ней устанавливают электрод на расстоянии 3...4 мм от наплавляемой поверхности. Пространство между ним и наплавляемой поверхностью заполняют флюсом. Затем насыпают расчетное количество присадочного материала. В зависимости от величины наплавляемого слоя за один проход берется (100...300) % ДПМ от расплавляемой массы НПЭ, что позволяет наплавить за один проход слой толщиной 6...8 мм. Далее засыпают слоем флюса толщиной 30...40 мм и после включения сварочного источника электрод вместе с присадочным материалом расплавляются, образуя наплавленный слой. Время расплавления составляет около 30 секунд. Ток наплавки – 750 А; напряжение дуги – 38 В. В качестве электродного материала используют пластины из стали Ст-3 Г-образной формы, толщиной 2...3 мм и шириной равной ширине наплавляемой поверхности. Для обеспечения износостойкости наплавленного слоя на уровне технических требований наплавку осуществляли с использованием смеси флюсов АН-348А (75...80%) и керамического флюса АНК-18 (25...20%). В качестве дополнительного присадочного материала использовали крупку из проволоки СВ08Г2С диаметром 1,2 мм, нарубленную на специализированном станке.

После наплавки одной впадины колесо поворачивают в установке вокруг оси на шаг зубьев колеса и в такой же последовательности производят наплавку остальных впадин колеса. После уточнения толщины 1-го наплавленного слоя впадин производят наплавку 2-го слоя, при этом только корректируется необходимое количество ДПМ. Наплавку зубьев производят по той же технологии, при этом уже горизонтально располагают боковую поверхность зуба.

Способ восстановления изношенных зубьев *приваркой накладок* отличается высокой трудоемкостью, так как необходимо изготовить накладки, соответствующие изношенной части зубчатого венца, что достаточно сложно из-за неравномерного износа зубьев, то есть, необходима подгонка к каждому зубу. Несколько облегчает этот процесс использование штампованных накладок толщиной 5...10 мм, изготовленные по профилю нового венца ведущего колеса.

При *приварке секторов* зубья удаляют, отрезая их по копиру кислородной резкой. Колесо с обрезанными зубьями укладывают в шаблон и приваривают полуавтоматической сваркой сектора, изготовленные штамповкой или литьем и соответствующие по форме и размерам новым. Способ, как и приведенный выше, также отличается высокой трудоемкостью.

Предложен способ восстановления зубьев ведущих колес *термитной наплавкой*. Предварительно колесо подогревают до температуры 650...750° С. В качестве термитной смеси используют шихту следующего состава: 55 % железной окалины; 22 % алюминия; по 11 % оксида марганца и ферромарганца; 1 % графитового порошка. При воспламенении смеси температура достигает 2300...3000° С и расплавленная шихта заполняет графитовые формы, выполненным по форме нового зуба. Одновременно наплавляют все зубья. Время наплавки составляет 1 мин. Твердость наплавленного слоя – 200...220 НВ. К недостаткам следует отнести неоднородность наплавленного металла.

Характерными дефектами *опорных катков* является: *износ обода; износ шпоночных канавок; износ посадочных отверстий под оси; трещины на ободке и ступицах; деформации колпака уплотнения.*

Основным дефектом опорного катка является *износ обода*, составляющий

3...15 мм на сторону. Коэффициент повторяемости данного дефекта для ремонтнопригодных катков равен единице. Ободья катков изнашиваются неравномерно наблюдается: эллипсоидность, конусность, бочкообразность, огранка, лыски, трещины. Причем эллипсоидность и бочкообразность обода встречается у 90 % катков, поступающих в ремонт.

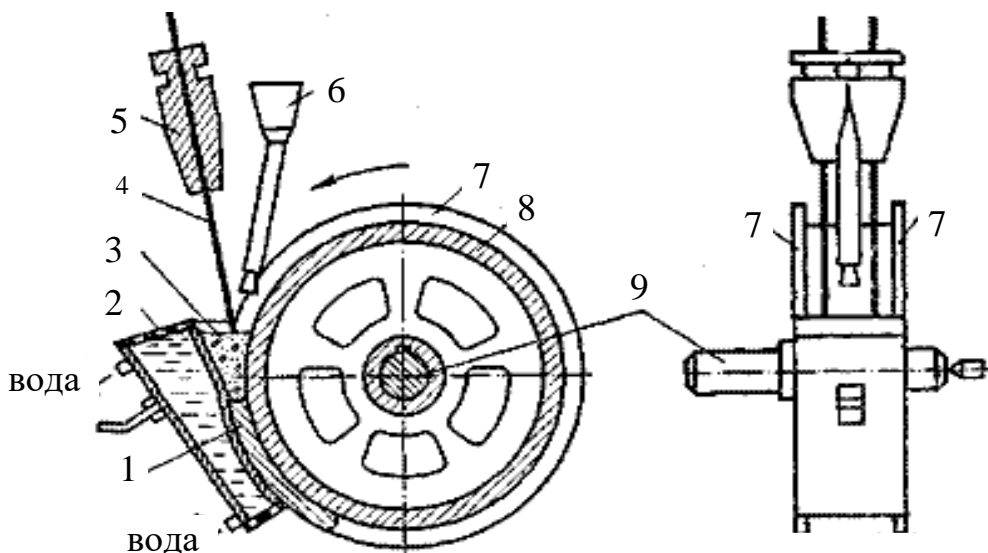
На ремонтных предприятиях применяют различные способы восстановления изношенных ободьев опорных катков: *бандажирование (постановка дополнительной ремонтной детали ручным и механизированным способами); наплавка под слоем флюса; широкослойная наплавка (колеблющимся электродом или лентой); широкослойная наплавка с применением дополнительного присадочного материала; электрошлаковая наплавка; заливка жидким металлом.*

При восстановлении постановкой дополнительной ремонтной детали (*бандажирование*) беговые дорожки протачивают. Из полосой стали изготавливают стальные кольца (бандажи) и нагревают их до температуры 300...400° С, затем их напрессовывают на беговые дорожки и приваривают с обеих торцов. Однако этот способ не обеспечивает хорошего качества, так как при работе происходит постепенное отделение бандажа от опорного катка вследствие удлинения бандажа и разрушения сварных швов. Для устранения этого недостатка рекомендуется усиливать сварные шва предварительной проточкой на внутренней стороне бандаже глубоких фасок.

*Электрошлаковая наплавка* для восстановления обода катка наиболее производительна из всех видов наплавки. Этот вид наплавки основан на использовании теплоты, выделяющейся при прохождении электрического тока через расплавленный флюс от электрода к восстанавливаемой детали. Благодаря этой теплоте флюс находится в жидком перегретом состоянии, а электродная проволока и поверхность наплавляемых катков расплавляются.

Расплавленный металл формируется кристаллизатором в наплавленный слой обода катка (рисунок 41).





1 – наплавленный слой; 2 – охлаждаемая форма; 3 – наплавочная ванна;  
 4 – электродная проволока; 5 – мундштук; 6 – дозатор легирующих добавок;  
 7 – медные габаритные диски; 8 – изношенный каток; 9 – оправка

Рисунок 41 – Схема восстановления опорных катков электрошлаковой наплавкой

Для осуществления процесса электрошлаковой наплавки разработаны специализированные установки: ОКС-7755 (наплавочная); ОКС-7746 (для плавки флюса); ОКС-7873 (для обмазки обода катка под наплавку). Процесс наплавки проводят при напряжении 36...40 В и силе тока 800...900 А, наплавочным материалом служат два проволочных электрода диаметром 3 мм и присадочные порошки.

Способ позволяет за один проход восстановить обод до номинального размера независимо от величины износа обода катка и получить заданную твердость наплавляемого слоя металла за счет присадочных компонентов – сормайта, ферромарганца и др.

Недостатками этой технологии является неравномерная твердость наплавленного металла, наличие непроваров и выступов на поверхности обода. Непровары устраняют сваркой вручную, а для достижения необходимой шероховатости обода проводят обдирочное шлифование или подводную электроконтактную обработку наплавленной поверхности, что значительно увеличивает трудоемкость восстановления.

При *наплавке под слоем флюса* в качестве присадочного материала используют проволоку марки У-8, Св-30ХГСА или ОВС диаметром 1,6...2 мм и флюс АН-348А. Наплавку на одном катке ведут одновременно четырьмя электродами за 2...4 прохода. Высокую производительность и износостойкость обеспечивает наплавка порошковой лентой, содержащей по 50 % железного порошка и «Сормайта» и изготовленную из стали 08 шириной 40 мм и толщиной 2,5 мм. Рекомендуемая марка флюса АН-60.

Высокой производительностью обладает способ восстановления поверхностей катков электродуговой наплавкой колеблющимся электродом (*широко-слойной*) при котором присадочная лента плавится электродом, совершающим колебательные движения по ее ширине. В качестве наплавочных материалов рекомендуется использовать порошковую проволоку ПП-ТН250 и присадочную ленту ПЛ-АН101, что позволяет повысить износостойкость восстановленных деталей в 1,6...1,7 раза. Толщина наплавленного слоя может достигать 8 мм.

Более прогрессивной является технология восстановления ободьев катков *заливкой жидким металлом*. Технологический процесс включает очистку и покрытие поверхности обода катка огнеупорной краской, нагрев обода ТВЧ до температуры 1100...1150° С, последующую установку катка в металлический кокиль. Между поверхностью изношенного обода катка и внутренней поверхностью кокиля получается зазор, в который заливается жидкий чугун. Для реализации процесса восстановления ободьев катков заливкой жидким металлом разработан комплект оборудования, включающий шестипозиционную установку УНК-6 и роторную установку для зачистки и нанесения лакового покрытия на обод катка. Нагрев обода катка осуществляют высокочастотной установкой И32-100/2,4, плавку металла проводят в двух индукционных печах ИСТ-0,16.

Диффузионное соединение залитого слоя с основным металлом обода катка зависит от равномерности нагрева обода, температуры нагрева и температуры жидкого чугуна. Шероховатость поверхности соответствует  $R_a = 80$  мкм, твердость – 320...390 НВ. Заливаемый металл содержит, % (массовая доля): углерода 2,8...3,2, кремния 1,6...2,2, марганца 0,7...0,9, серы 0,04...0,05, хрома 0,2...0,3, меди 0,2...0,4 и фосфора до 0,1.

Основные достоинства этого способа: высокая производительность, хорошее качество восстановленной поверхности детали, возможность восстановления сильно изношенных деталей, применение недефицитных и недорогих материалов, хорошая прирабатываемость с сопряженной поверхностью беговой дорожки звеньев гусениц и, как следствие этого, увеличение срока службы этих деталей. К недостаткам способа следует отнести: высокую энергоемкость процесса, затруднение повторного восстановления деталей, повышенную хрупкость металла восстановленного слоя.

*Поддерживающие ролики* изнашиваются от трения беговой дорожки гусеницы по ободу ролика. При слишком тугом проворачивании на оси, особенно в зимнее время, когда загустевает смазка и поддерживающий ролик забивается грязью, льдом и снегом, может происходить полное торможение ролика и других деталей (осей поддерживающего ролика, подшипников, и т. д.). Интенсивность изнашивания ролика достигает 3,63...4,0 мкм/ч. Для восстановления принимаются поддерживающие ролики с износом основной рабочей поверхности до диаметра менее 190 мм, с износом отверстий резьбовых и под подшипники. С большим износом, трещинами и изломом поддерживающие ролики для восстановления не принимаются.

Разработаны следующие методы восстановления ободьев поддерживающих роликов: *автоматическая наплавка под слоем флюса, постановка стального или резинового бандажса, заливка жидким металлом.*

*Автоматическую наплавку под слоем флюса* ободьев поддерживающих роликов по типовой технологии ремонта тракторов ГОСНИТИ проводят на токарно-винторезном станке 1К62 головкой АБСК, А-580 или А-580М и других марок со сварочным преобразователем ПСО-500. Применяют электродную проволоку марки Св-08 ГОСТ 2246-70 диаметром 2 мм и наплавляют первые два слоя под флюсом АН-348А, остальные слои – под флюсом АН-348А с добавлением 30 % чугуновой стружки до диаметра 210+2 мм. Режимы наплавки: скорость подачи электродной проволоки 198 м/ч; скорость наплавки 0,87 м/мин; частота вращения поддерживающего ролика 1,5 об/мин; шаг наплавки

6...8 мм; ток 180...220 А; напряжение на дуге 28...30 В. Полярность для наплавки первых двух слоев обратная, а для последующих – прямая.

ГОСНИТИ изношенные детали ходовой части тракторов рекомендуется восстанавливать многоэлектродной наплавкой малоуглеродистой проволокой диаметром 3 мм в сочетании с порошковой марки ПП-У25Х17Т-0 под флюсом АН-60. Причем наплавку рекомендуется вести пятью электродами. Из них один электрод из порошковой проволоки. Режим наплавки: сила тока 450...550 А; напряжение 25 В; скорость наплавки 0,11 м/мин; подача электродной проволоки 0,41 м/мин. Вылет электрода 30...35 мм, а его смещение с зенита 15...20 мм.

Постановкой стальных *бандажей* по типовой технологии рекомендуется восстанавливать поддерживающие ролики с износом поверхностей до диаметра 180...175 мм. Предварительно изношенные беговые дорожки поддерживающих роликов протачивают до выведения следов износа и овальности. Бандажи целесообразно изготавливать из прутка диаметром 16...20 мм так, чтобы обеспечить их натяг в пределах 0,1...0,25 мм. Перед напрессовкой их нагревают, а затем приваривают с торцов электродуговой сваркой электродами УОНИ-13/55.

Разработан ряд методов постановки *резиновых бандажей* при восстановлении поддерживающих роликов тракторов третьего тягового класса. Их применяют из-за ряда положительных качеств: они выдерживают значительные деформации, эластичны, стойки к физическим воздействиям и хорошо амортизируют. Кроме того, резиновые бандажи уменьшают шум трактора, улучшая тем самым условия труда механизатора. Снижение веса удлиняет срок службы подшипников и уменьшает износ беговых дорожек звеньев гусениц. Хотя себестоимость восстановления поддерживающих роликов с применением резиновых бандажей пока еще высока. Это в некоторой степени компенсируется увеличением ресурса поддерживающих роликов и подшипников, а также тем, что при последующих ремонтах этих деталей не требуется предварительная механическая обработка.

Бандажи делают в специальных пресс-формах из резиновой смеси Я-62-122 фасонного профиля без металлической основы. Вулканизируют на плите

пресса с электрообогревом под давлением 60...80 кг при температуре 143...150° С в течение 45 мин.

*Заливка жидким металлом* поддерживающих роликов проводится на установке для поочередной заливки. Расплавленный металл заливают в промежуток между изношенной деталью и стенкой кокиля через литниковую систему. После выдержки 1...1.5 мин поддерживающий ролик извлекают для нагрева и заливки противоположной стороны или помещают в накопитель после заливки обеих сторон. При заливке и нагреве в индукторе деталь вращается, что обеспечивает равномерный нагрев восстанавливаемой поверхности, равномерное распределение металла по всему периметру, хорошее сплавление и исключает местный перегрев.

## **9.2 Автомобильные шины**

Современная шина представляет собой эластичную резинордную оболочку сложной конструкции, монтируемую на обод колеса, наполняемую сжатым воздухом и предназначенную для обеспечения надежной передачи тяговых и тормозных сил, способности устойчивого прямолинейного движения, малого нагрева, пригодности к эксплуатации в любое время года, малой чувствительностью к переезду через препятствия, достаточной сопротивляемостью к повреждению боковых стенок, высокой безопасности и экономичности.

Наиболее часто встречающимися повреждениями шин являются *порезы, неравномерный износ, отслаивание или разрыв протектора, расслаивание каркаса или его излом, прокол или разрыв камеры, пропуск воздуха через вентиль*. В таблице 3 приведены наиболее характерные виды преждевременного износа шин и указаны причины их возникновения.

Таблица 3 – Виды преждевременного износа шин

Вид износа	Причина износа
Износ протектора в зависимости от давления	Повышенный износ средней части из-за эксплуатации шины с избыточным давлением
	Равномерный износ протектора при эксплуатации шины с рекомендованным давлением
	Повышенный износ крайних дорожек из-за эксплуатации шины с пониженным давлением
Износ протектора при развале колес	При положительном развале колес более допустимого
	При отрицательном развале колес более допустимого
Односторонний износ протектора задних колес	Изгиб балки заднего моста из-за нарушений правил эксплуатации автомобиля
Износ протектора в зависимости от угла схождения передних колес	При увеличенном (положительном) угле схождения передних колес более допустимого
	При уменьшенном (отрицательном) угле схождения передних колес менее допустимого
Пятнистый износ протектора	Повышенный дисбаланс колеса
Износ отдельных участков протектора	Резкое трогание с места и торможение автомобиля с блокировкой колес
Вздутие на боковине или протекторе	Эксплуатация шин на дорогах с плохим покрытием при высоких скоростях, а также при наезде на камни, стекло, металлические и другие предметы
Разрывы боковины	Эксплуатация шин с нагрузкой, превышающей допустимую; удары боковиной о бордюрный камень

При вращении колеса автомобиля возникают большие центробежные силы. Если масса колеса по окружности неодинакова, то появляется биение и покрышка разрушается быстрее. Износ шин неодинаков, задние шины изнашиваются быстрее чем передние, а правые больше чем левые.

В зависимости от характера повреждений направляемые на восстановление шины разделяют на четыре основные группы.

1. С мелкими прорезами, царапинами, поверхностными и сквозными проколами, не влияющими на работоспособность и механические качества покрышки. Эти неисправности устраняют в порядке проведения профилактиче-

ских ремонтов, так как при дальнейшей эксплуатации шин через прорезы и проколы в каркас покрышки будут попадать грязь, пыль, нефтепродукты, влага и разрушать его.

2. С механическими повреждениями в виде глубоких прорезов, задевающих каркас, или сквозные повреждения. Повреждения покрышек второй группы устраняют при ремонте.

3. Покрышки, у которых изношен протектор до подушечного слоя без повреждений каркаса или сквозные повреждения. Повреждения покрышек третьей группы устраняют при восстановлении покрышек.

4. Со сквозными большими прорывами, разрывами проволоки борта, расслоением каркаса, разрушением нитей корда и полностью изношенным протектором. Такие покрышки, как правило, не восстанавливают, а используют для изготовления манжет.

Автомобильные шины подвергают двум видам ремонта:

- *местному* (устранение проколов, разрывов; разрезов и прорывов);
- *восстановительному* (наложение нового протектора).

Местному и восстановительному ремонту не подлежат покрышки со следующими особенностями:

- число и размеры повреждений каркаса или брекера не соответствуют установленным требованиям, указанным в таблицах 1 и 2 Приложения А;
- в металлическом сердечнике борта имеются изломы, оголения или разрушения, борта вытянуты (деформированы), каркас с повреждениями,
- расположенными на расстоянии менее 70 мм от пятки борта и требующими его вскрытия при ремонте;
- во внутренних слоях каркаса имеются кольцевые изломы или разрушения с расслоением каркаса или брекера;
- на покровной резине наблюдаются затвердения, растрескивание в виде мелкой сетки, глубокие трещины или другие явные признаки старения;
- покрышки пропитаны маслом, керосином, нефтью или другими веществами, вызывающими набухание резины; покрышки загрязнены бетоном, асфальтом или другими материалами, не поддающимися очистке.

В зависимости от характера местных повреждений, их размеров и конструкции шин устанавливается первый или второй вид ремонта; от технического состояния шин различают два класса восстановительного ремонта.

*Технологический процесс устранения местных повреждений* покрышек состоит из следующих операций.

Очистка выполняется теплой водой в специальных моечных машинах или вручную с помощью волосяных щеток. Сушка – предназначена для удаления влаги. Производят в сушильных шкафах при температуре 40...60° С в течение 2 часов. Допустимая влажность каркаса не должна превышать 3...5 %. Наличие влаги может привести к образованию паровых мешков и расслоению каркаса.

Подготовка поврежденных участков – включает удаление отслоившейся резины и разорванных нитей корда по всей глубине повреждения. В зависимости от вида повреждения применяют способ ремонта вставкой в рамку для легковых автомобилей и внутреннего, наружного или встречным конусом для грузовых автомобилей. Несквозные повреждения с наружной стороны покрышки вырезают наружным конусом, а с внутренней – внутренним конусом. При сквозном повреждении вырезку осуществляют встречным конусом в два этапа – вначале вырезают повреждения наружным конусом, а затем внутренним, а место стыка конусов выреза должно находиться на уровне брекера покрышки. Вырезка в рамку – это ступенчатое удаление слоев каркаса с высотой ступеньки 20 мм вдоль нитей корда и 10 мм поперек них. Преимущества способа: возможность почти полного восстановления прочности каркаса и минимальное нарушение сбалансированности покрышки, а недостаток – значительная трудоемкость. Для удобства доступа к внутренней части покрышки при вырезании сквозных повреждений используют механические, гидравлические или пневматические борторасширители, распорки и специальные болванки, а поврежденные участки вырезают остро заточенными ножами, смоченными водой.

Шероховка внутренних и наружных участков покрышки предназначена для увеличения прочности соединения починочных материалов с покрышкой. Внутренние поверхности покрышки обрабатывают дисковой проволочной щеткой



(граница обработки отстоит на 20...30 мм от краев накладываемого пластыря), а наружные – игольчатой шарошкой и дисковой проволочной щеткой (обработке подвергают зону вырезки повреждения и часть покрышки вокруг нее на расстоянии 7...10 мм). Проколы очищают электродрелью (диаметр сверла должен быть примерно на 1 мм больше размера прокола) или круглым рашпилем.

Далее наносят клей двумя слоями кистью с короткой жесткой щетиной тонким сплошным слоем, без потеков. Первый слой наносят клеем малой концентрации, в котором соотношение резины и бензина по массе составляет 1 : 8, и второй слой – клеем высокой концентрации 1 : 5. После каждой промазки клеевую пленку сушат в сушильном шкафу при температуре 30...40° С в течение 25...30 мин. Качество сушки проверяют мягкой кистью – волоски не должны прилипать к хорошо просушенной поверхности.

Резиновые починочные материалы протирают бензином и сушат под вытяжным устройством. При потере ими клейкости на них наносят клей концентрацией 1 : 8 один раз с двух сторон и просушивают. При ремонте автомобильных шин применяют починочный материал (резиновый и резинотканевый): требующий горячей вулканизации – резину: протекторную листовую (толщиной 2 мм для заполнения повреждений протектора и боковин покрышек), вальцованную (толщиной 10 мм для наложения протектора навивкой узкой ленты) и в виде профилированных лент различных размеров (для наложения нового протектора); листовую прослоечную (толщиной 0,9 и 2,0 мм для обеспечения связи между починочным материалом и покрышкой) и камерную (толщиной 2,0 мм для ремонта камер); клеевую вальцованную (для изготовления резинового клея); обрезиненный корд (для ремонта каркаса покрышки и изготовления пластырей) и прорезиненный чофер (для ремонта бортов покрышек и пяток вентилялей); самовулканизирующий – пластыри резинокордовые с адгезивным слоем (для усиления поврежденных участков покрышек) и резиновые с адгезивным слоем (для ремонта камер и герметизирующего слоя бескамерных шин); грибки резиновые вулканизированные с адгезивным слоем (для заделки проколов); клей самовулканизирующийся (для смазки ремонтируемых участков перед установкой самовулканизирующихся пластырей).

Заделка повреждений – процесс наложения подготовленного починочного материала на ремонтируемые участки с последующей прикаткой роликом. Место вырезки при заделке несквозного наружного повреждения до двух слоев каркаса обкладывают прослоечной резиной 0,9 мм и тщательно прикатывают роликом. Полость вырезанного конуса в области каркаса заполняют слоями прослоенной резины толщиной 2 мм.

Размер каждого слоя соответствует размеру того пояса конуса, на который слой укладывается. Каждый слой тщательно прикатывают роликом, а образовавшиеся вздутия прокалывают шилом. В области протектора полость конуса заполняют слоями протекторной резины. Починочная резина должна быть выше поверхности покрышки на 2...3 мм для обеспечения опрессовки при вулканизации. Если повреждены более двух слоев каркаса покрышки, то с ее внутренней стороны накладывают пластырь, который предварительно покрывают прослоечной резиной. Центр пластыря должен совпадать с центром выреза. Края наложенного пластыря обкладывают лентой из прослоечной резины толщиной 0,9 мм и шириной 25...30 мм. Пластырь тщательно прикатывают роликом. Если необходимо осуществить заделку несквозного внутреннего повреждения, то полость конуса в зоне протектора заполняют протекторной резиной, а затем прослоечной. Полость конуса заделывают заподлицо с внутренней поверхностью покрышки и затем накладывают пластырь.

Последовательность заделки повреждения покрышки:

– сквозного: заделывают конус с внутренней стороны, накладывают пластырь и заделывают с наружной стороны;

– вырезанного в рамку: ступенчатую поверхность покрывают прослоечной резиной (толщина 0,9 мм), прикатывают роликом, вставляют последовательно куски корда (направление нитей корда должно совпадать с направлением нитей в соответствующем слое каркаса; последний слой корда должен перекрывать границы выреза на 30...50 мм на каждую сторону, а края этого слоя обкладывают лентой прослоечной резины толщиной 0,9 мм и шириной 30 мм) и затем заделывают повреждения со стороны протектора.

Проколы размером до 15 мм заделывают резиновыми грибками с адгезивным слоем, которые входят в комплект автоаптечки, или постановкой заплат размером 25 x 25 мм. На внешнюю сторону покрышки накладывают трехслойные заплаты из прослоечной резины, а на внутреннюю – двухслойные.

Для заделки местных повреждений также применяют шприц-машины, при помощи которых в поврежденную полость покрышки выдавливается подогретая резиновая масса. Преимущество способа – большая производительность и снижение расхода починочных материалов.

Вулканизация предназначена для создания прочного монолитного соединения ремонтируемых участков покрышки с починочными материалами и превращения их в прочную, эластичную массу. Ее проводят в специальных секторных аппаратах для вулканизации с паровым или электрическим подогревом при температуре  $143 \pm 2^\circ \text{C}$ ; для покрышек со сквозными и наружными повреждениями применяют мульды; сектор – с внутренними повреждениями.

Опрессовку покрышек в процессе вулканизации осуществляют в воздушных варочных мешках, которые вкладывают в полость покрышки в месте вулканизируемого участка (давление воздуха в мешке должно быть 0,5...0,6 Мпа). Время вулканизации колеблется в пределах 40...200 мин в зависимости от размера покрышки, характера повреждения, применения одностороннего или двухстороннего обогрева.

Контроль качества ремонта покрышки проводят в соответствии с техническими требованиями. На внутренней поверхности покрышки не должно быть отслоений починочных материалов, складок, утолщений, недовулканизации, влияющих на работу камеры. Допускается на поверхности отремонтированного участка наличие раковины или поры размером до 10 мм и глубиной до 2 мм.

*Восстановительный ремонт* покрышек выполняют после устранения местных повреждений путем снятия с них старого протектора и наложения нового. Технологический процесс наложения нового протектора включает операции перечисленные ниже.

После очистки и сушки удаляют старый протектор и проводят шероховку

на шероховальном станке, который оснащен специальным режущим инструментом. Для придания упругости покрышке внутрь ее вкладывают камеру и наполняют сжатым воздухом. После шероховки с поверхности покрышки с помощью пылесоса удаляют пыль.

Устранение повреждений осуществляется в следующей последовательности. На шерохованную поверхность покрышки методом распыления нанесенят клей, используя для этого сжатый воздух, что позволяет сократить время сушки клея за счет испарения паров бензина.

Затем подготавливают протекторной резины: вырезают заготовку требуемой длины; создают на ее концах конусного среза под углом  $20^\circ$ ; нанесят резиновый клей малой концентрации на поверхность заготовки и косога среза в месте стыка и сушат заготовку в камере при температуре  $30...40^\circ \text{C}$  в течение  $30...40$  мин.

Наложение протекторной резины и ее прикатку выполняют на прикаточном станке в следующем порядке: проводят укладку слоя листовой прослоечной резины на просушенную клеевую пленку и прикатывают его роликом, проводят укладку и прикатывание подготовленной протекторной профилированной резины. Наложение нового протектора также может осуществляться методом навивки на вращающуюся покрышку узкой ленты из сырой резиновой смеси шириной  $20...25$  мм и толщиной  $3...5$  мм по определенной схеме автоматически на специальном агрегате.

Вулканизация протектора выполняется в кольцевых вулканизаторах, которые представляют собой разъемную по окружности форму с выгравированным рисунком протектора. Форма нагревается паром до температуры  $143\pm 2^\circ \text{C}$ . Для опрессовки покрышки вовнутрь ее укладывают в абочную камеру, в которую подается сжатый воздух давлением  $1...3$  Мпа. После вулканизации на протекторе образуется рисунок, соответствующий рисунку пресс-формы. Время вулканизации зависит от размеров покрышки, толщины вулканизируемого слоя резины и состава резиновой смеси.

После вулканизации проводят отделку покрышки – срезание излишков и

наплывов резины, зачистка на шероховальном станке мест среза и стыковка краев протектора с боковинами.

Контроль качества ремонта включает физико-механические испытания, предназначенные для проверки покрышек на твердость, разрыв, относительное удлинение и старение. Контроль качества покрышек проводится выборочно в количестве 0,1% от каждой принимаемой партии. У восстановленных покрышек не допускаются пористость, губчатость, пузыри, отслоения, складки, неровности на внутренней поверхности, расслоения каркаса и брекера, деформация металлического кольца.

На боковине или в пленочной зоне покрышки обозначаются: заводской номер, наименование и товарный знак предприятия, выполняющего восстановление; класс восстановления; месяц и год восстановления; штамп ОТК.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие дефекты наиболее часто встречаются у деталей ходовой системы гусеничных тракторов?
2. Почему затруднена наплавка проушин гусениц тракторов?
3. Какими методами устраняют износ проушин? Какой из них считается наиболее эффективным?
4. Как проводится восстановление деталей ходовой системы гусеничных тракторов заливкой жидким металлом?
5. Какие сварочные методы восстановления используются при восстановлении ведущих колес?
6. Как проявляется износ опорных катков?
7. Почему восстановление опорных катков бандажированием малоэффективно?
8. Какие электродные материалы применяются при восстановлении опорных катков наплавочными способами?
9. Какой дефект и почему наблюдается наиболее часто у поддерживающих роликов?
10. Какие методы восстановления наиболее часто применяют при устранении износа обода поддерживающего ролика?
11. Какие дефекты автомобильных шин наиболее часто встречаются? Причины их возникновения.
12. Какие виды ремонтных воздействий предусмотрены для автомобильных шин?

13. В каких случаях автомобильные шины не принимаются на восстановление?
14. Как проводят ремонт местных повреждений?
15. В чем заключается операция шероховки?
16. Какие материалы используют при восстановлении?
17. В какой последовательности проводят восстановительный ремонт покрышек?
18. Каковы требования к качеству восстановленных автомобильных шин?

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Восстановление деталей машин: справочник / Ф.И. Пантелеенко, В.П. Лялякин, В.П. Иванов, В.М. Константинов; под ред. В.П. Иванова. М.: Машиностроение, 2003. 672 с.
- 2 Карагодин В.И., Митрохин Н.Н. Ремонт автомобилей и двигателей. М.: Мастерство; Высш. шк., 2001. 496 с.
- 3 Надежность и ремонт машин / под ред. В.В. Курчаткина. М.: Колос, 2000. 776 с.
- 4 Практикум по ремонту машин / под ред. Е.А. Пучина. М.: КолосС, 2009. 327 с.
- 5 Справочник инженера по техническому сервису машин и оборудования в АПК. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. 604 с.
- 6 Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства. М.: ФГНУ «Росинформагротех». 2003. Ч. II. 368 с.
- 7 Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве / под ред. В.И. Черноиванова. Москва-Челябинск: ГОСНИТИ, ЧГАУ, 2003. 992 с.
- 8 Технология ремонта машин / под ред. Е.А. Пучина. М.: КолосС, 2007. 488 с.
- 9 Тюрева А.А., Козарез И.В. Проектирование технологических процессов ремонта и восстановления. Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2012. 180 с.
- 10 Усков В.П. Справочник по ремонту базовых деталей двигателей. Брянск. 1989. 589 с.
- 11 Михальченков А.М., Тюрева А.А., Козарез И.В. Курсовое проектирование по технологии ремонта машин. М, Колос, 2010.
- 12 Черноиванов В.И., Голубев И.Г. Восстановление деталей машин: состояние и перспективы. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. 376 с.
- 13 Черноиванов В.И., Лялякин В.П. Организация и технология восстановления деталей машин. М.: ГОСНИТИ, 2003. 488 с.
- 14 Тюрева А.А., Козарез И.В. Восстановление типовых поверхностей и деталей сельскохозяйственной техники. Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2013. 150 с.
- 15 [www.gosniti.ru](http://www.gosniti.ru)
- 16 [WWW.ROSINFORMAGROTECH.RU](http://WWW.ROSINFORMAGROTECH.RU)
- 17 [Стрельчатая лапа культиватора](#): пат. 2462852 Рос. Федерация: С1 / А.М. Михальченков, Ковалев А.П., Будко С.И., Комогорцев В.Ф. - № 2011106409/13; заявл. 21.02.2011; опубл. 10.10.2012.
- 18 Козарез И.В., Михальченков, А.М. [Обзор способов восстановления плужных лемехов](#) // [Труды ГОСНИТИ](#). 2012. Т. 109, № 2. С. 30-34.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Контрольные вопросы и задания

1. Вклад отечественных ученых в развитии науки о ремонте машин.
2. Газопламенное напыление.
3. Детонационная металлизация
4. Классификация современных средств, удлиняющих срок службы ресурсных сопряжений узлов и агрегатов машин.
5. Конструкционные методы повышения долговечности
6. Концепция развития ремонтной базы Российской Федерации.
7. Лазерная наплавка
8. Материаловедческие методы повышения долговечности,
9. Микродуговое оксидирование.
10. Нанотехнологии и наноматериалы в агроинженерии.
11. Плазменная металлизация.
12. Планово-предупредительная система ремонта.
13. Применение металлполимеров (композитов) в ремонтном производстве.
14. Применение наноматериалов в техническом сервисе.
15. Проблемы и перспективы использования нанотехнологий и наноматериалов в АПК России.
16. Прогрессивные технологии восстановления технических объектов АПК.
17. Развитие ремонтного производства в сельском хозяйстве в России и за рубежом.
18. Результаты исследований и опыт внедрения разработок российских ученых, в том числе НИИ Минсельхоза России и Россельхозакадемии.
19. Ремонт машин по техническому состоянию.
20. Система ТО и ремонта машин в сельском хозяйстве.
21. Скоростное электродуговое упрочнение (ЭДУ).
22. Современные способы и технологии безразборного восстановления ресурса агрегатов машин и оборудования применением восстановительных антифрикционных и противоизносных добавок.
23. Специальные полимерные продукты «ЛОСТИТЕ» и их применение.
24. Стратегия обслуживания и ремонта машин.
25. Стратегия ремонтно-обслуживающих воздействий.
26. Термодиффузионное упрочнение деталей машин.
27. Термопластическое деформирование
28. Технологии применения ревитализантов (РВС, Форсан, ХАДО, РИМЕТ и др.).
29. Технологии, направленные на повышение долговечности машин.
30. Технологические методы повышения долговечности
31. Ультразвуковое упрочнение
32. Управление техническим состоянием машин.
33. Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин
34. Финишная антифрикционная безабразивная обработка.
35. Электрофизические способы восстановления деталей машин.



36. Электрохимические способы восстановления деталей машин.
37. Общее представление о ресурсосберегающих технологиях
38. Классификация и маркировка покрытий по назначению и способу нанесения.
39. Классификация покрытий по составу, блеску, шероховатости.
40. ЛКМ основные виды.

### **Задания к самостоятельной работе**

1. Наименование детали: Корпус коробки передач трактора Т-150К  
Наименование дефекта: Износ посадочных мест  
Размеры восстанавливаемой поверхности детали: диаметр, мм 80;  
- износ на сторону, мм 0,24  
Материал детали Серый чугун СЧ18. Требуемая твердость поверхности НВ 240  
Способ устранения дефекта постановка дополнительной ремонтной детали
  
2. Наименование детали: Головка блока цилиндров двигателя КамАЗ-740  
Наименование дефекта: Коробление привалочной плоскости  
Размеры восстанавливаемой поверхности детали: износ 0,10 мм.  
Материал детали СЧ20, Требуемая твердость поверхности НВ 170  
Способ устранения дефекта Механическая обработка
  
3. Наименование детали: Лапы культиватора КОН-2,8  
Наименование дефекта: Износ рабочей поверхности  
Размеры восстанавливаемой поверхности детали: - износ на сторону, мм 0,3 мм  
Материал детали Сталь лемешная, Требуемая твердость поверхности HRC 50  
Способ устранения дефекта Заточка
  
4. Наименование детали: Гильза цилиндров двигателя А-01М  
Наименование дефекта: Износ рабочей поверхности  
Размеры восстанавливаемой поверхности детали: диаметр, мм Номинальный 130+0,03  
- износ на сторону, мм 0,05  
Материал детали Серый специальный чугун, Требуемая твердость поверхности HRC 35  
Способ устранения дефекта Напекание порошковых материалов
  
5. Наименование детали: Камера автомобиля ЗИЛ□130  
Наименование дефекта: Проколы - 2 шт.  
Материал детали Резина техническая  
Способ устранения дефекта Вулканизация
  
6. Наименование детали: Распределительный вал двигателя Д□240  
Наименование дефекта: Износ опорных шеек  
Размеры восстанавливаемой поверхности детали: - диаметр, мм номинальный 50  
- износ на сторону, мм 0,16

Материал детали Сталь 45, Требуемая твердость поверхности HRC 54  
Способ устранения дефекта металлизация

7 Наименование детали: Ось опорного катка ДТ-75М.

Наименование дефекта: Износ поверхности под каток.

Размеры восстанавливаемой поверхности детали: □ диаметр, мм номинальный 42

- износ на сторону, мм 1,4

Материал детали Сталь 45Л. Требуемая твердость поверхности HRC 45,

Способ устранения дефекта \_\_\_\_\_ наплавка в CO<sub>2</sub>

8 Наименование детали: Вал ротора турбокомпрессора

Наименование дефекта: Износ поверхности под подшипник

Размеры восстанавливаемой поверхности детали: диаметр, мм - 50

Материал детали Сталь 30. Требуемая твердость поверхности HRC 45

Способ устранения дефекта Наплавка

9 Наименование детали: Шатун двигателя СМД-14

Наименование дефекта: Износ нижней головки

Размеры восстанавливаемой поверхности детали: диаметр, мм Номинальный 42

- износ на сторону, мм 0,02

Материал детали Сталь 45. Требуемая твердость поверхности HB 150

Способ устранения дефекта Механическая обработка

10 Наименование детали: Наружная клапанная пружина двигателя СМД-60

Наименование дефекта: Потеря упругости

Размеры восстанавливаемой поверхности детали:

- диаметр, мм Усилие сжатия до рабочей высоты 400 Н

Материал детали Сталь 65Г. Требуемая твердость поверхности HRC 45

Способ устранения дефекта Поверхностное пластическое деформирование

11 Наименование детали: Внутренняя клапанная пружина двигателя ЯМЗ-238НБ

Наименование дефекта: Потеря упругих свойств

Размеры восстанавливаемой поверхности детали: Усилие сжатия до рабочей высоты 225 Н

Материал детали Сталь 65Г. Требуемая твердость поверхности HRC 45

Способ устранения дефекта Термическая обработка

12 Наименование детали: Распределительный вал двигателя Д-240

Наименование дефекта: Износ поверхности кулачков

Размеры восстанавливаемой поверхности детали: диаметр, мм Высота кулачков 40,20 мм

- износ на сторону, мм 0,7

Материал детали Сталь 30. Требуемая твердость поверхности HRC 45

Способ устранения дефекта Плазменное напыление порошковых материалов

13 Наименование детали: Плужный лемех

Наименование дефекта: Износ носка

Размеры восстанавливаемой поверхности детали: - износ на сторону, мм 5 мм

Материал детали Сталь лемешная. Требуемая твердость поверхности HRC 70

Способ устранения дефекта Оттяжка, наплавка твердыми сплавами (Сормайт 1)

14 Наименование детали: Блок цилиндров СМД-14

Наименование дефекта: Износ посадочных поясков под гильзы

Размеры восстанавливаемой поверхности детали: диаметр, мм верхние 135,20

- износ на сторону, мм 0,15

Материал детали СЧ 18. Требуемая твердость поверхности HB 200

Способ устранения дефекта Постановка компенсирующих втулок

15 Наименование детали: Лапы культиватора КОН-2,8

Наименование дефекта: Износ рабочей поверхности

Размеры восстанавливаемой поверхности детали: износ на сторону, мм 0,3 мм

Материал детали Сталь 65Г. Требуемая твердость поверхности HRC 50

Способ устранения дефекта наплавка

16 Наименование детали: Шатун двигателя СМД-14

Наименование дефекта: Износ втулки ВГШ

Размеры восстанавливаемой поверхности детали: диаметр, мм Номинальный 42

- износ на сторону, мм 0,02

Материал детали Сталь 45. Втулка – бронза. Требуемая твердость поверхности HB 150

Способ устранения дефекта Замена верхней втулки и ее расточка

17 Наименование детали: Ведущий диск муфты сцепления

Наименование дефекта: Кольцевые выработки

Материал детали Чугун СЧ18. Требуемая твердость поверхности HB200

Способ устранения дефекта Механическая обработка

18 Наименование детали: Звенья гусениц трактора ДТ□75.

Наименование дефекта: Износ проушин

Размеры восстанавливаемой поверхности детали: диаметр, мм номинальный d=22

- длина, мм 52;

- износ на сторону, мм 7

Материал детали Сталь специальная 110Г. Требуемая твердость поверхности

Способ устранения дефекта Заливка жидким металлом

20 Наименование детали: Коленчатый вал двигателя А-41

Наименование дефекта: Износ шатунных шеек

Размеры восстанавливаемой поверхности детали: диаметр, мм номинальный 87,25

-износ на сторону, мм 1,25  
Материал детали Сталь 45Г.  
Требуемая твердость поверхности HRC 60...65  
Способ устранения дефекта электроконтактная приварка ленты

### Темы письменных работ

- 1 Газопламенное напыление.
- 2 Детонационная металлизация
- 3 Конструкционные методы повышения долговечности
- 4 Материаловедческие методы повышения долговечности,
- 5 Микродуговое оксидирование.
- 6 Нанотехнологии и наноматериалы в агроинженерии.
- 7 Плазменная металлизация.
- 8 Применение металлполимеров (композитов) в ремонтном производстве.
- 9 Применение наноматериалов в техническом сервисе.
- 10 Прогрессивные технологии восстановления технических объектов АПК.
- 11 Развитие ремонтного производства в сельском хозяйстве в России и за рубежом.
- 12 Ремонт машин по техническому состоянию.
- 13 Система ТО и ремонта машин в сельском хозяйстве.
- 14 Скоростное электродуговое упрочнение (ЭДУ).
- 15 Современные способы и технологии безразборного восстановления ресурса агрегатов машин и оборудования применением восстановительных антифрикционных и противоизносных добавок.
- 16 Специальные полимерные продукты «ЛОСТИТЕ» и их применение.
- 17 Стратегия обслуживания и ремонта машин.
- 18 Термодиффузионное упрочнение деталей машин.
- 19 Термопластическое деформирование
- 20 Технологии применения ревитализантов (РВС, Форсан, ХАДО, РИМЕТ и др.).
- 21 Технологические методы повышения долговечности
- 22 Управление техническим состоянием машин.
- 23 Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин
- 24 Финишная антифрикционная безабразивная обработка.
- 25 Электрофизические способы восстановления деталей машин.
- 26 Электрохимические способы восстановления деталей машин.

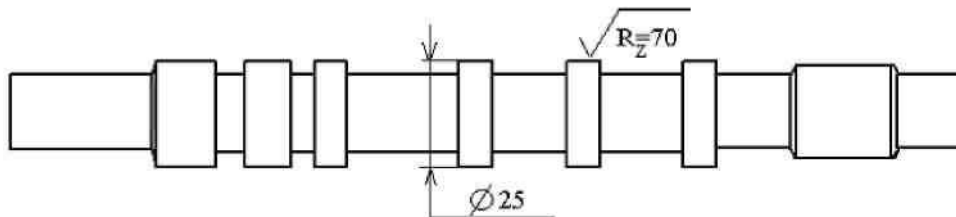
### ЗАДАЧИ

#### Задача № 1

Исходные данные для расчетов

На рисунке представлен золотник гидрораспределителя Р-80 с нормативным значением диаметра пояска и исходной величиной

шероховатости. Материал золотника сталь 15Х. Модуль упругости материала золотника  $E = 2,1 \times 10^5 \text{ Н/мм}^2$ . Диаметр ролика (шарика) приспособления для поверхностно - пластического деформирования (ППД) золотника  $d = 4 \text{ мм}$ , длина контакта ролика (шарика) с деталью  $b = 10 \text{ мм}$ , наибольшее значение удельного давления при обкатке золотника  $q = 30 \text{ Н/мм}^2$ . Требуемая величина шероховатости после обкатки  $R_{Z1} = 40 \text{ мкм}$ .



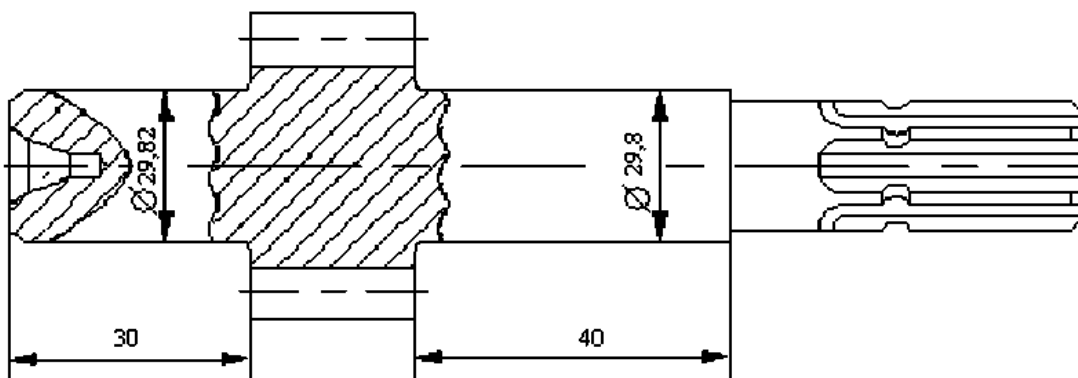
Требуется определить:

Припуск на обкатывание золотника  $\delta$ , величину усилия обкатывания  $P$  при обработке золотника шариками и величину усилия обкатывания  $P_1$  при деформировании золотника роликами.

### Задача № 2

Исходные данные для расчетов

На рисунке представлена шестерня круглого гидравлического насоса типа НШ-К. Материал шестерни: сталь 18ХГТ. Данные на рисунке представляют собой результаты замеров изношенной части детали  $d_{\min}$ . Номинальный диаметр цапфы шестерни  $d_H = 30^{+0,0045}_{-0,0065}$ .



Требуется определить: Рациональный способ восстановления цапфы шестерни гидравлического насоса типа НШ.

### Задача № 3

Исходные данные для расчетов

Максимальная величина внутреннего диаметра гильзы  $D_{\text{MAX}} = 92,31$  мм (по результатам замеров). Диаметр верхней (неизношенной) части цилиндра  $D_{\text{Ц}} = 92,04$  мм. Материал гильзы нелегированный чугун.

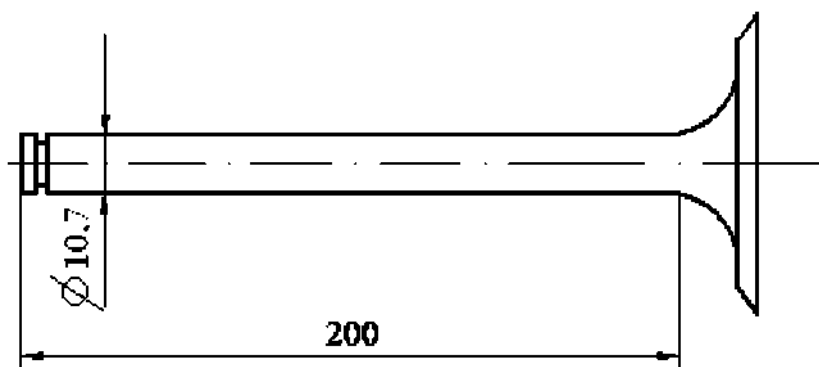
Требуется определить:

Значение ремонтного размера гильзы цилиндров двигателя ЗМЗ-513 и режимы обработки (расточки) гильзы на расточном станке 278Н.

#### Задача № 4

Исходные данные для расчетов

На рисунке представлен клапан двигателя Д-240. Материал клапана: сталь 37ХС. Данные на рисунке представляют собой результаты замеров изношенной части детали  $d_{\text{min}}$ . Номинальный диаметр стержня клапана  $d_{\text{Н}} = 11,0,2$  мм. Число деталей с данным дефектом  $N = 55$  шт., общее число замеренных деталей  $N_{\text{Общ}} = 60$  шт.



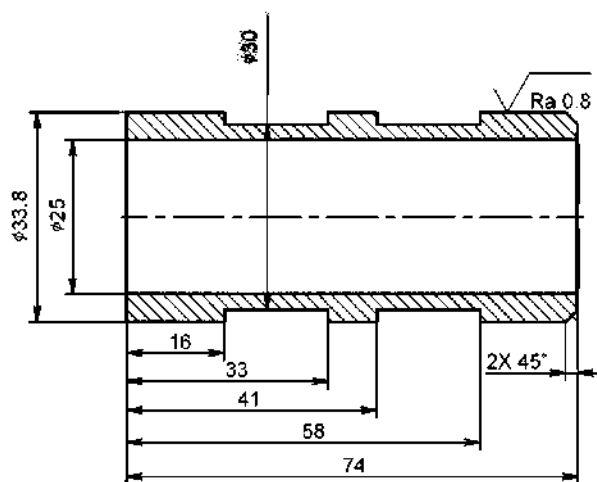
Требуется определить:

Коэффициент повторяемости дефекта. Рациональный способ восстановления стержня клапана. Материал режущего инструмента для последующей механической обработки восстановленной поверхности. Режимы механической обработки.

#### Задача № 5

Исходные данные для расчетов

На рисунке представлен золотник распределителя гидроусилителя рулевого управления трактора МТЗ-80, 82. Материал золотника: сталь ШХ15. Данные на рисунке представляют собой результаты замеров изношенной части детали  $d_{\text{min}}$ . Номинальный диаметр золотника  $d_{\text{Н}} = 34,0,012$  мм. Количество деталей для восстановления  $n = 100$  шт.



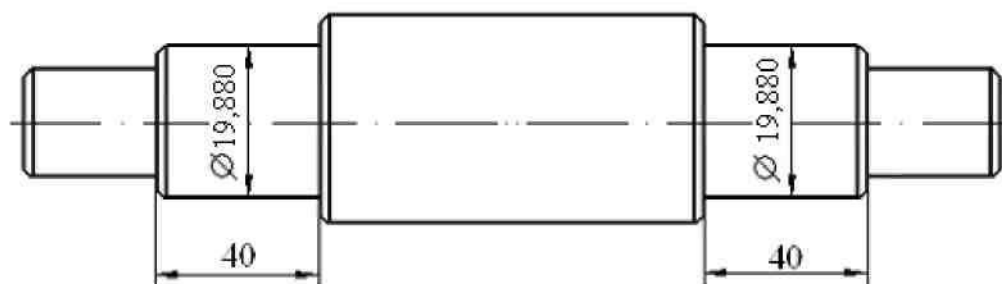
Требуется определить:

Технологические режимы при восстановлении золотника методом хромирования. Режимы механической обработки детали после нанесения слоя металлопокрытия.

### Задача № 6

Исходные данные для расчетов

На рисунке представлен валик водяного насоса двигателя Д-240. Материал валика: сталь 20Х. Данные на рисунке представляют собой результаты замеров изношенной части детали  $d_{\min}$ . Нормативный диаметр посадочной поверхности под шарикоподшипник 304К  $d_H = 20_{-0,01}$  мм. Количество деталей для восстановления  $n = 100$  шт.



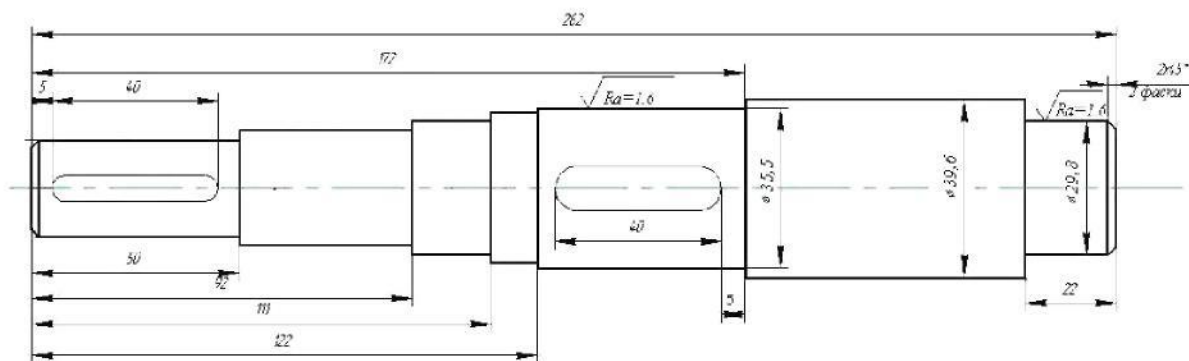
Требуется определить:

Рациональный способ восстановления изношенной поверхности валика водяного насоса. Режимы механической обработки детали после нанесения слоя металлопокрытия. Нормы времени на механическую обработку

### Задача № 7

Исходные данные для расчетов

На рисунке представлен тихоходный вал редуктора. Материал вала сталь 40Х. Размеры шеек на рисунке представляют собой результаты замеров изношенной части детали  $d_{\min}$ . Номинальные диаметры вала  $d_{H1} = 36_{+0,042}^{+0,026}$  мм,  $d_{H2} = 40_{-0,1}$  мм,  $d_{H3} = 30_{+0,002}^{+0,018}$  мм. Количество деталей для восстановления  $n = 100$  шт.



Требуется определить: Величину износа тихоходного вала редуктора. Технологические режимы восстановления ротора методом плазменного напыления.

### Задача № 8

#### Исходные данные для расчетов

Наименование исходного показателя	Величина исходного показателя
Марка материала детали	сталь 45
Диаметр детали $D$ , мм	100
Износ детали по диаметру $u$ , мм	2,0
Коэффициент неравномерности износа $r$	0,6
Плотность материала сплошной проволоки $j$ , г/см <sup>3</sup>	7,8
Коэффициент наплавки $a_n$ , г/А×ч	10
Длина наплавляемой поверхности $l_n$ , мм	50

Требуется: Для восстановления наружной цилиндрической поверхности детали ходовой части трактора, подверженной абразивному износу определить толщину наплавляемого слоя (с учётом величины одностороннего припуска на последующую механическую обработку), марку флюса, марку и диаметр электродной проволоки, величину сварочного тока и рассчитать режимы ав-



томатической наплавкой под слоем флюса. Провести нормирование наплавочной операции.

#### Задача № 9

##### Исходные данные для расчетов

Наименование исходного показателя	Величина исходного показателя
Марка материала детали	сталь 40Х
Твёрдость поверхности HRC, не менее	45
Диаметр детали D, мм	100
Износ детали по диаметру $\omega$ , мм	1,0
Коэффициент неравномерности износа $r$	0,7
Плотность материала проволоки $j$ , г/см <sup>3</sup>	6,5
Напряжение, В	18
Длина наплавляемой поверхности $l_n$ , мм	25

Требуется: Для восстановления наружной цилиндрической поверхности детали трансмиссии комбайна определить толщину наплавляемого слоя (с учётом величины одностороннего припуска на последующую механическую обработку), способ вибродуговой наплавки, марку и диаметр электродной проволоки и рассчитать режимы автоматической вибродуговой наплавки. Провести нормирование наплавочной операции.

#### Задача № 10

##### Исходные данные для расчетов

Наименование исходного показателя	Величина исходного показателя
Начальный дисбаланс $\Pi_1$ на левой стороне вала, г×мм	1000
Начальный дисбаланс $\Pi_2$ на правой стороне вала, г×мм	1500
Расстояние от оси вала до центра тяжести неуравновешенной массы $r_1$ на левой стороне вала, мм	100
Расстояние от оси вала до центра тяжести неуравновешенной массы $r_2$ на правой стороне вала, мм	200
Плотность материала вала $j$ , г/см <sup>3</sup>	7,8
Длина передней коренной шейки вала А, мм	30,00
Ширина первой коренной шейки опоры блока Б, мм	24,35
Толщина передней упорной шайбы вала Г, мм	2,50
Допускаемый зазор в соединении упорного подшипника вала Д, мм	0,15

Требуется:

С целью устранения дисбаланса и проведения укладки коленчатого вала двигателя ЗМЗ-53 определить неуравновешенные массы  $m$ , которые необходимо удалить при проведении динамической балансировки вала в сборе с маховиком и сцеплением, толщину  $B$  задней, упорной шайбы и номер её ремонтного размера. При этом установить зону допустимого снятия металла при балансировке коленчатого вала в сборе с маховиком и сцеплением.

Учебное издание

Михальченков Александр Михайлович  
Тюрева Анна Анатольевна  
Козарез Ирина Владимировна

## **Технологии возобновления ресурса сельскохозяйственной техники и оборудования**

Учебное пособие  
для самостоятельной работы, обучающихся по очной,  
очно-заочной и заочной формам обучения  
по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия,  
магистерская программа Технический сервис в АПК

Редактор Осипова Е.Н.  
Компьютерная верстка Тюрева А.А.

---

Подписано к печати 07.11.2022 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 9,00. Тираж 25 экз. Изд. № 7409.

---

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