

Е.Л. ВОЛОВИК

**Справочник  
ПО  
ВОССТАНОВЛЕНИЮ  
ДЕТАЛЕЙ**



МОСКВА «КОЛОС» 1981

ББК 40.72

В68

УДК 631.3.02.004.67 : 621.791] (031)

Рецензенты: док. техн. наук проф. Челябинского института механизации и электрификации сельского хозяйства *И. Е. Ульман*, канд. техн. наук доцент *Н. А. Николаев*, и. о. профессора *Г. А. Тонн*, начальник управления по восстановлению изношенных деталей машин Госкомсельхозтехники РСФСР инженер *А. М. Кононогов*.

**Воловик Е. Л.**

**В 68**      **Справочник по восстановлению деталей. — М.: Колос, 1981. — 351 с., ил.**

Справочник содержит нормативные данные, необходимые для организации восстановления деталей, и рекомендации по выбору способов восстановлений, сведения по оборудованию и материалам для восстановления деталей сваркой, наплавкой, напылением, пластическим деформированием и другими прогрессивными методами.

Предназначен для инженерно-технических работников предприятий Госкомсельхозтехники и ремонтных мастерских колхозов и совхозов.

В  $\frac{40202-239}{035(01)-81}$  89—81. 3802040400

ББК 40.72  
631.3

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Технический прогресс в сельском хозяйстве неразрывно связан с постоянным совершенствованием ремонтного производства.

В Основных направлениях экономического и социального развития на 1981—1985 годы и на период до 1990 года отмечается: «Повысить качество ремонта и обслуживания техники, а также ее сохранность. Продолжить укрепление и специализацию ремонтно-обслуживающей базы».

Одним из основных вопросов ремонтного производства является восстановление изношенных деталей.

Наряду с восстановлением узкой номенклатуры основных и массовых деталей на поточных линиях особое место отводится широкой номенклатуре деталей, восстановление которых целесообразно на большинстве ремонтных предприятий. При этом важным условием является их восстановление до уровня новых при относительно невысокой себестоимости. Эти обстоятельства обусловили необходимость включения в справочник материала как по организации процесса восстановления деталей, так и по технологии его осуществления.

В первой части справочника даны необходимые сведения по конструктивно-технологическим параметрам восстанавливаемых деталей, оптимальности вариантов, объемов и формы организации производственных процессов. Особое место отведено поточно-механизированным линиям.

Во второй части представлен материал технологического плана. Даются рекомендации по мойке и очистке деталей, восстановлению их изношенных поверхностей при помощи металлизационных, гальванических, полимерных покрытий и наплавки, а также пайкой, пайкосваркой и слесарно-механическим способом. Описаны технологические процессы восстановления основных деталей. Приведены сведения по упрочнению и механической обработке деталей в процессе их восстановления. Указаны материалы и оборудование, применяемые при восстановлении деталей.

В справочнике обобщены некоторые материалы по восстановлению деталей ряда научных, конструкторско-технологических организаций и отраслевых лабораторий, а также опыт передовых ремонтных предприятий Госкомсельхозтехники.

Автор выражает благодарность работникам кафедры ремонта машин ЧИМЭСХ доктору техн. наук проф. *И. Е. Ульману*, заведующему кафедрой кандидату техн. наук *Н. А. Николаеву*, и.о. профессора кафедры кандидату техн. наук *Г. А. Тонну* и начальнику Управления по восстановлению изношенных деталей машин Госкомсельхозтехники РСФСР инженеру *А. М. Кононогову* за полезные замечания и предложения по улучшению материала справочника.

# Часть I

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

### Глава 1

#### КЛАССИФИКАТОР ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

Детали, подлежащие восстановлению, классифицируют в зависимости от их геометрической формы, характера дефектов и общности технологической характеристики.

Система классификации деталей приведена на рисунке 1.

Система классов и подклассов разделяется на детали тел вращения и пространственных форм.

Классификация деталей позволяет:

распределить детали для разработки типовых и групповых технологических процессов;

создать универсальное ремонтно-технологическое оборудование, оснастку для использования его при восстановлении группы подобных деталей;

рационально организовать рабочие места;

устранить разницу в нормативных показателях на одинаковые и подобные детали при их восстановлении;

механизировать расчетные, планово-производственные и другие операции;

создать наиболее целесообразную схему внутрицехового и межцехового транспорта;

организовать межзаводскую и внутризаводскую поддетальную специализацию ремонтного производства;

выбрать оптимальную производственную структуру участка и цеха по восстановлению деталей ремонтного предприятия.

Все это создаст условия для внедрения методов серийного и крупносерийного производства восстановления деталей на ремонтных предприятиях.

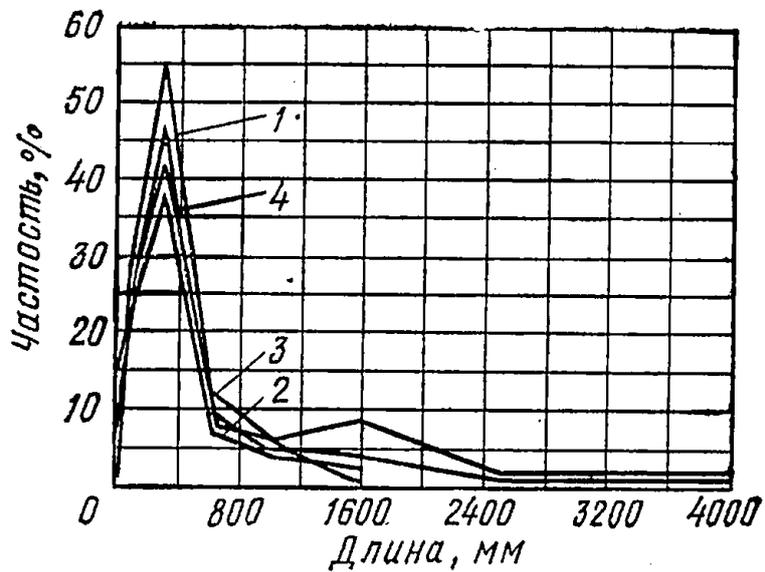
Распределения длин и диаметров валов машин, работающих в сельском хозяйстве, приведены на рисунках 2 и 3.

Все дефекты деталей автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин разбиты на 14 групп по видам изнашивающихся поверхностей: износ цилиндрической наружной поверхности; износ конической и сферической поверхностей; износ шлицев; износ пазов, канавок, лысок; износ, повреждение резьбы; износ отверстий; износ и коробление плоской поверхности; износ профильной и фасонной поверхности; износ зубьев цилиндрических шестерен; износ зубьев конических шестерен; износ поверхности червяка; трещины, изломы; скручивание; изгиб.



Рис. 2. Распределение длины валов тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин:

1 — тракторы; 2 — автомобили; 3 — с.-х. машины; 4 — все машины.



Наличие и число дефектов и износов на основных деталях машин приведены на рисунке 4.

Износы различных конструктивно-подобных групп деталей машин колеблются от 0,01 до 10 мм. Наибольшее число деталей (около 83%) имеет износ до 0,6 мм. Из них износ до 0,1 мм — 52%, до 0,2 — 12%, до 0,3 — 10%, до 0,4 — 1%, до 0,5 — 5% и до 0,6 — 3%. Износ поверхностей деталей различных групп составляет примерно: цилиндрической 52%; конической и сферической 3%; шлицев 3%; пазов, канавок, лысок 5%; резьбы 10%; плоской поверхности 1%; зубьев шестерни 2%; профильной, фасонной поверхности 1%; трещины и изломы наблюдаются у 9% деталей; нарушение геометрии и формы у 13% деталей.

40% наиболее часто встречаемого дефекта — износ цилиндрической поверхности — составляет износ внешней цилиндрической поверхности, 60% — внутренней.

Характеристика износов групп деталей по деталям — представителям и возможные способы их восстановления представлены в таблице 1.

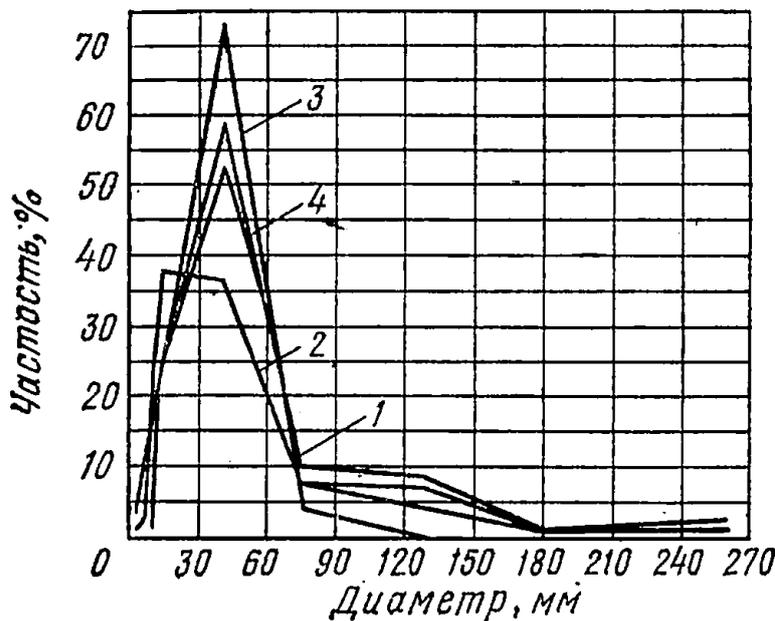


Рис. 3. Распределение диаметров валов тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин:

1 — тракторы; 2 — автомобили; 3 — с.-х. машины; 4 — все машины.

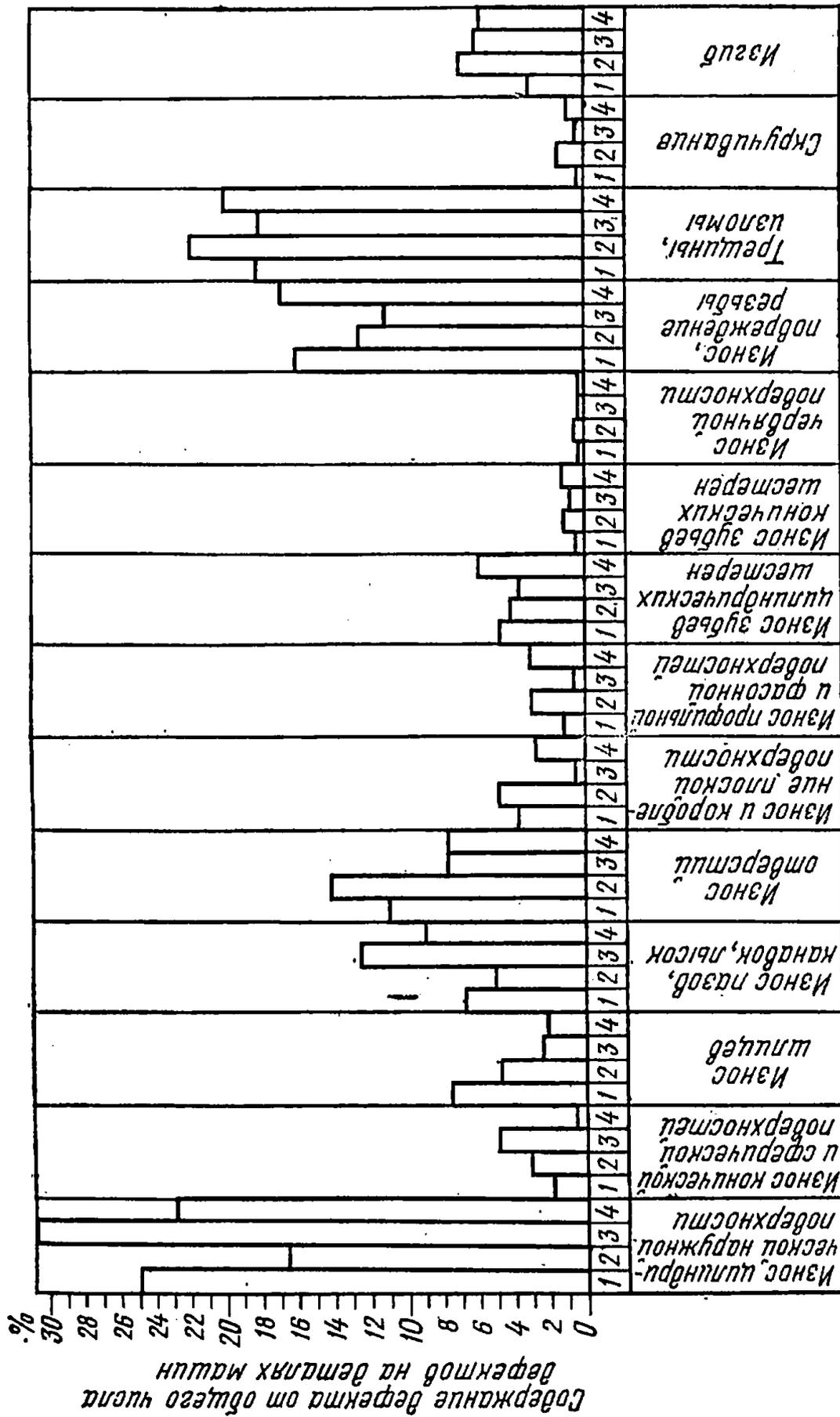


Рис. 4. Наличие дефектов на основных деталях машин:  
 1 — тракторы; 2 — автомобили; 3 — зерноуборочные комбайны; 4 — с.-х. машины.

Т а б л и ц а 1. Типовые детали — представители по виду износа

Характер работы	Материал, масса	Основной вид износа	Основные явления, характеризующие данный вид износа	Максимальный износ в месте, обозначенном на рисунке, мм	Виды дефектов в эксплуатации	Основные способы восстановления основных дефектов
Периодические нагрузки от сил давления газов и инерции движущихся масс, вызывающие переменные напряжения в элементах вала; трение шесток о вкладыши подшипников	Сталь 45; 42,4 кг	Окислительный и нарушенный угалостной прочностю, молекулярно-механический	Образование продуктов химического взаимодействия металла со средой и разрушение отдельных микрорайонов поверхностного слоя с отделением материала	1 — Поврежденные резьбы; 2 — 0,01; 3 — 2,6; 4 — 0,3; 5 — 1,8; 6 — 0,04; 7 — 0,5; 8 — 0,02; 9 — 1,5; 10 — 0,02; 11 — 0,02	Поврежденные резьбы, овальность и конусность шатунных и коренных шеек, изгиб вала, износ лаза под сегментную и призматическую шпонку по ширине, износ конической поверхности под шкив	Шлифование шесток под ремонтный размер, наплавка и последующая механическая обработка
Механические нагрузки	Специальный чугун, 5,3 кг	Коррозионно-механический и молекулярно-механический	Молекулярное схватывание, перенос материала, разрушение возникающих связей, вырывание частей и образование продуктов химического взаимодействия металла с агрессивными элементами среды	1 — 0,7; 2 — 0,23; 3 — 0,5	Задирры, риска, износ, овальность, конусность внутренней поверхности гильзы цилиндров, коррозия, трещины наружной поверхности гильз	Пористое хромирование, фосфатирование, запрессовка стальной ленты, обработка под ремонтный размер

Вал коленчатый 14-0401.1А (рис. а)

Гильза цилиндра 14-0102 (рис. б)

Характер работы	Материал, масса	Основной вид износа	Основные явления, характеризующие данный вид износа	Максимальный износ в месте, обозначенном на рисунке, мм	Виды дефектов в эксплуатации	Основные способы восстановления основных дефектов
Тепловое и коррозионное воздействие газов, механические нагрузки от их переменной давления	Сталь СЧ18-36, 160 кг	Коррозионно-механический молекулярно-механический	Молекулярное схватывание, перенос материала, разрушение возникающих связей, вырывание частиц и образование продуктов	1 — поврежденные резцы: 2 — 0,18; 3 — 0,16; 4 — 0,05; 5 — 0,09; 6 — 0,03; 7 — 0,22; 8 — 0,17; 9 — 0,17; 10 — 0,05; 11 — 0,22; 12 — 0,02	Повреждение резцы шпнлек, отверстий, втулки, износ торцовой поверхности гнезда под верхний бурт гильзы цилиндра, износ поверхности отверстий под шейки распределительного вала, коробление, смещение опор под вкладыши коренных подшипников, износ поверхности под втулки и поршень	Сварка, постановка заплат, металлization, дополнительные детали
Трение при высоких удельных давлениях и нагрузках при наличии абразива	Сталь 12ХН3А, 0,742 кг	Абразивный, окислительный и нарушение устойчивости	Воздействие на материал поверхности того слоя при наличии между поверхностями трущихся деталей твердых посторонних частиц, окисление поверхностных слоев материала при взаимодействии со средой и разрушение отдельных микрообъемов	1 — 0,06; 2 — 0,03	Износ поверхности под втулку верхней головки шатуна и поверхности под поршень	Хромирование, шлифование, задача с последующей механической обработкой, закалкой

## Блок-картер 14-0101-2А (рис. в)

## Палец поршневой СМД-9-0306-1 (рис. г)

Головка цилиндров 14-06С2-2Б (рис. д)

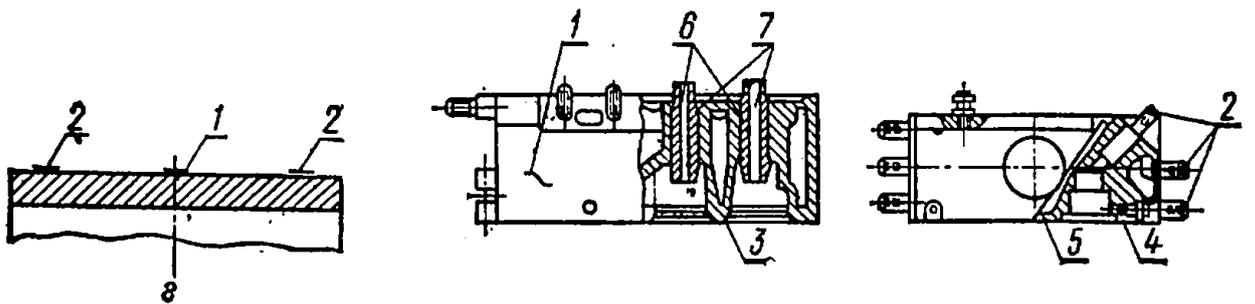
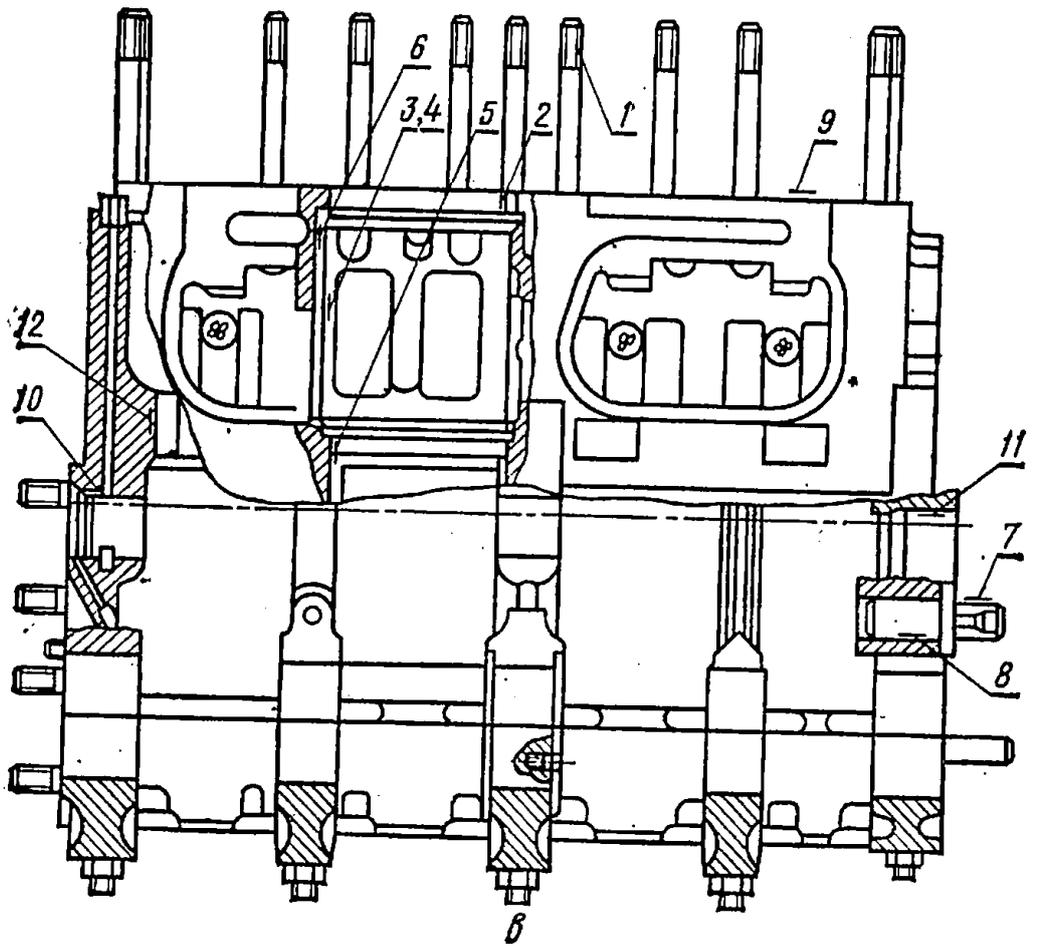
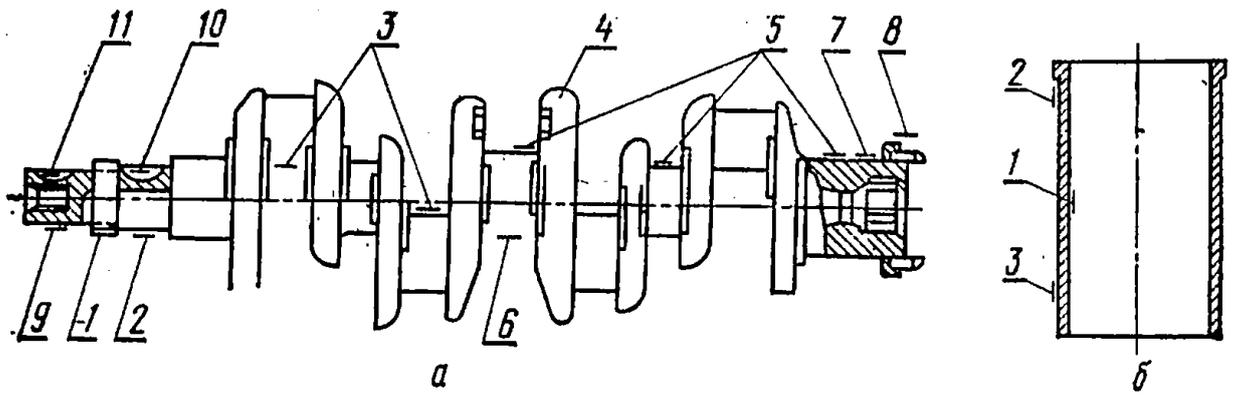
Механические нагрузки от переменного давления газов, коррозионное воздействие газов и охлаждающей жидкости	СЧ21-40, 46,58 кг	Коррозионно-механический, молекулярно-механический	Молекулярное схватывание, перенос материала, разрушение возникающих связей, вырывание частиц и образование продуктов химического взаимодействия металла с агрессивными элементами среды	1 — повреждение резьбы шпилек и отверстий; 2 — 1,35; 3 — 0,01; 4 — 0,05; 5 — 0,09; 6 — 0,02; 7 — 0,1	Трещины, изломы, пробоины, поврежденные резьбы шпилек и отверстий, износ клапанных гнезд, риски, раковины, коробление поверхности прилегания к блоку, износ поверхности отверстий под направляющие втулки клапанов, износ внутренних поверхностей направляющих клапанов	Сварка, заливка окисидными смолами
--	-------------------	--	---	--	---	------------------------------------

Крышка муфты сцепления 14-2101 (рис. е)

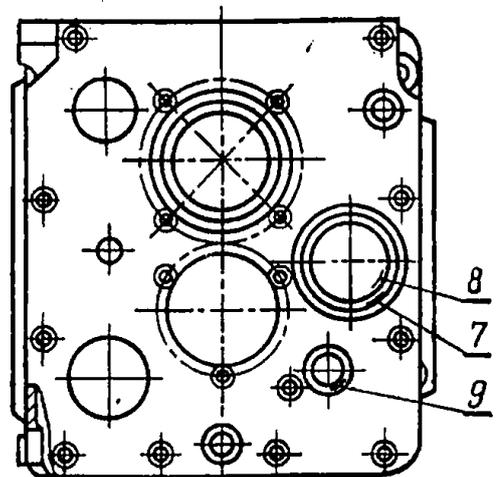
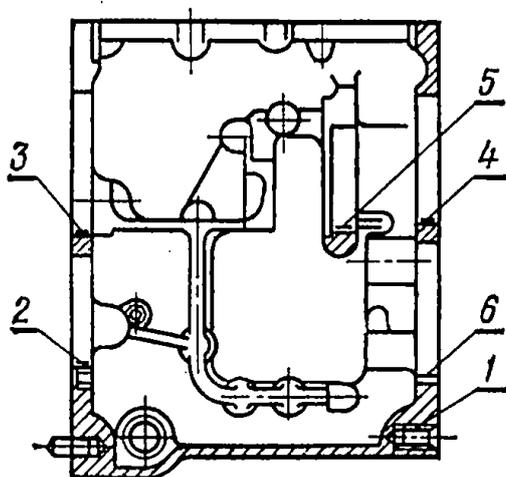
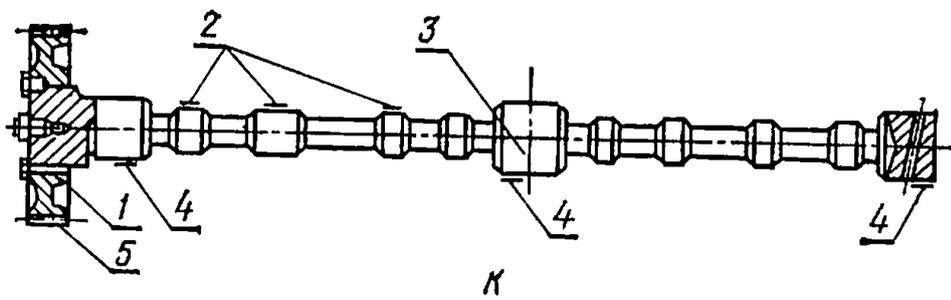
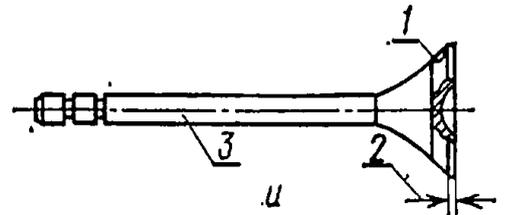
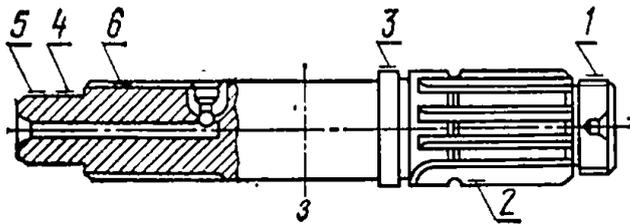
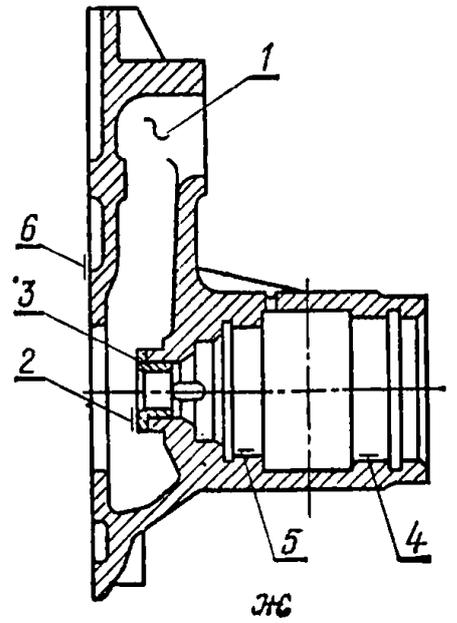
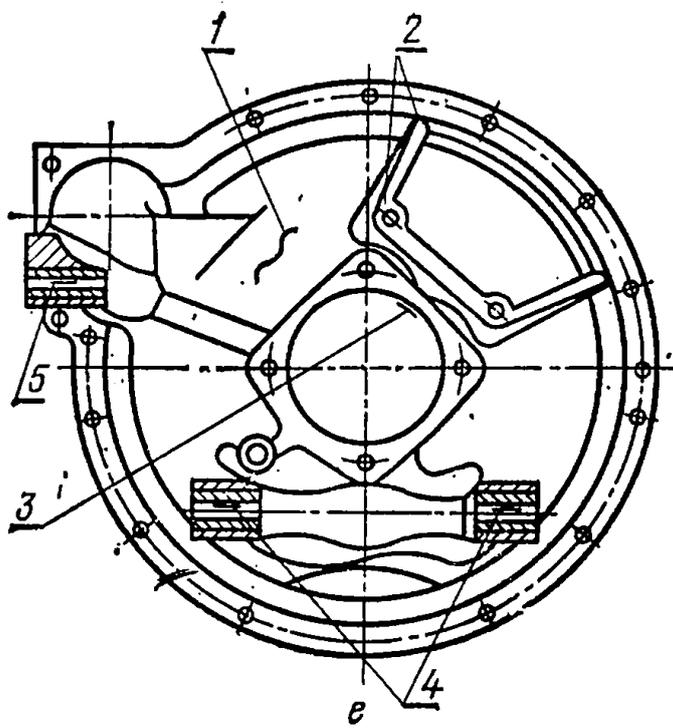
Механические нагрузки	Сплав алюминия АЛ1-5	Коррозионно-механический, молекулярно-механический	Молекулярное схватывание, перенос материала, разрушение возникающих связей, вырывание частиц и образование продуктов химического взаимодействия металла с агрессивными элементами среды	1 — повреждение резьбы; 2 — 0,28; 3 — 0,19; 4 — 0,07; 5 — 0,19	Трещины, изломы, поврежденные резьбы шпилек, отверстий, износ поверхности отверстий под корпус подшипника	Сварка, пайка трещин, металлизация отверстий
-----------------------	----------------------	--	---	--	---	--

Корпус водяного насоса 14-1301 (рис. ж)

Механические нагрузки	СЧ15-32, 3,73 кг	Коррозионно-механический, молекулярно-механический	Молекулярное схватывание, перенос материала, разрушение возникающих связей, вырывание частиц и образование продуктов химического взаимодействия металла с агрессивными элементами среды	1 — 1; 2 — 0,03; 3 — 0,05; 4 — 0,05; 5 — 0,3; 6 — 0,05	Трещины, изломы, износ торцовой поверхности под опорную втулку, износ поверхности отверстия под шарикоподшипники торцовой поверхности корпуса, сопряженной с крыльчаткой	Сварка, пайка, применение окисидной смолы, расточка, запрессовка втулок, развертывание их до номинальных размеров
-----------------------	------------------	--	---	--	--	---



Характер работы	Материал, масса	Основной вид износа	Основные явления, характеризующие данный вид износа	Максимальный износ в месте, обозначенном на рисунке, мм	Виды дефектов в эксплуатации	Основные существующие способы восстановления основных дефектов
Динамическая нагрузка	Сталь 45, 4,10 кг	Молекулярно-механический	Молекулярное схватывание, перенос материала, разрушение возникающих связей, вырывание частиц	1 — повреждение резьбы; 2 — 0,75; 3 — 0,02; 4 — 0,75; 5 — 0,15; 6 — 0,06	Повреждение резьбы, износ поверхности шейки под сальник, износ поверхности отверстия под шарикоподшипник и износы шлицев по толщине	Наплавка с последующей механической обработкой
Динамические нагрузки от переменного давления газа	Сталь 4X10C2M, 0,218 кг	Окислительный и нарушение целостности	Окисление поверхностных слоев металла кислородом воздуха и разрушение отдельных микрообъемов поверхностного слоя с отделением материала	1 — раковины, риски; 2 — 1,45; 3 — 0,12	Раковины и риски на рабочей поверхности тарелки клапана, износ этой поверхности и стержня клапана, деформация	Напекание порошков, шлифовальные фаски, раздача тарелки клапана, наплавка хромистой сталью и термообработка
Изгиб и кручение	Сталь 45, 6,5 кг	Коррозионно-механический и молекулярно-механический	Молекулярное схватывание, перенос материала, разрушение отдельных микрообъемов поверхностного слоя с отделением материала	1 — 0,4; 2 — 2; 3 — 0,2; 4 — 0,2; 5 — 0,09	Повреждение резьбы, отверстий, износы впускных кулачков, изгиб вала	Шлифование опорных шеек и кулачков под ремонтный размер, хромирование их с последующим шлифованием, металлизация с последующей обточкой и шлифованием, наплавка кулачков сормайтом, электронаплавка шейки под распределительную шестерню



Характер работы	Материал, масса	Основной вид износа	Основные явления, характеризующие данный вид износа	Максимальный износ в месте, обозначенном на рисунке, мм	Виды дефектов в эксплуатации	Основные существующие способы восстановления основных дефектов
Динамические нагрузки	Сталь СЧ18-36, 70 кг	Коррозионно-механический и молекулярно-механический	Молекулярное схватывание, перенос материала, разрушение возникающих связей, вырывание частей и образование продуктов химического взаимодействия с агрессивными элементами среды	1 — повреждение резьбы: 2 — 0,08; 3 — 0,06; 4 — 0,05; 5 — 0,09; 6 — 0,07; 7 — 0,1; 8 — 0,07; 9 — 0,08	Трещины и изломы, повреждение резьбы, износ поверхностей отверстий под гнездо подшипника, износ промежуточного, первичного, вторичного валов, поверхностей отверстий под ролики и шарикоподшипники и т. д.	Сварка, пайка
Контактные нагрузки, трение качения с проскальзыванием о беговую дорожку и боковые поверхности	Сталь Г13Л, 9,5 кг	Абразивный	Изнашивание при перемещении деталей в абразивной массе	1 — 8; 2 — 8; 3 — 10	Трещины, изломы, износ внутренней поверхности под палец, наружной поверхности цевок в местах зацепления со звездочкой, беговых дорожек под опорные катки	Наплавка, заливка жидким металлом, пластическая деформация
Изгиб зубьев, деформация	Сталь 45, 55,6 кг	Молекулярно-механический, абразивный	Изнашивание в результате механического действия твердых частиц, молекулярное схватывание, перенос материала, разрушение возникающих связей, вырывание частей	1 — 0,15; 2 — 16,0	Трещины, изломы, износ поверхности под вал ведущего колеса, износ поверхности зубьев	Заливка расплавленным металлом, наплавка порошковой проволокой, обрезка венца и приварка зубьев

Характер работы	Материал, масса	Основной вид износа	Основные явления, характеризующие данный вид износа	Максимальный износ в месте, обозначенном на рисунке, мм	Виды дефектов в эксплуатации	Основные существующие способы восстановления основных дефектов
<i>Вал ведущий 77.41-325 (рис. о)</i>						
Изгиб и кручение	Сталь 40Х	Молекулярно-механический	Молекулярное схватывание, перенос материала, разрушение возникающих связей частиц	1 — поврежденные резьбы; 2 — 0,3; 3 — 0,3	Повреждение резьбы, износ шлицев по толщине	Наплавка, механическая и термическая обработка
<i>Балансир внешний 77.31.1011 (рис. п)</i>						
Вибрация, контактные нагрузки	Сталь 45Л, 28,6 кг	Абразивный	Воздействие на материал поверхностного слоя при налипчине между поверхностями твердых постоянных частей	1 — поврежденные резьбы; 2 — 0,07; 3 — 0,06	Трещины, изломы, повреждение резьбы, отверстия под роликоподшипник 7909М, втулки, внутренней поверхности малой и большой втулок	Приварка новых проушин, установка втулок ремонтного размера, сварка
<i>Каток опорный 54.31021А (рис. р)</i>						
Контактные нагрузки, трение с проскользыванием беговой дорожки и боковых поверхностей о звенья гусениц	Сталь 45, 13,30 кг	Абразивный	Изнашивание при перемещении деталей в абразивной массе	1 — вмятины колпака; 2 — 4; 3 — 1,7; 4 — 0,9	Трещины, изломы, вмятины колпака, износ обода катка, износ шпоночного паза по ширине, износ поверхности отверстия под ось катка	Наплавка обода различными методами, установка бандажа, заливка жидким металлом, электрошлаковая наплавка

Ось катка 54.31.402 (рис. с)

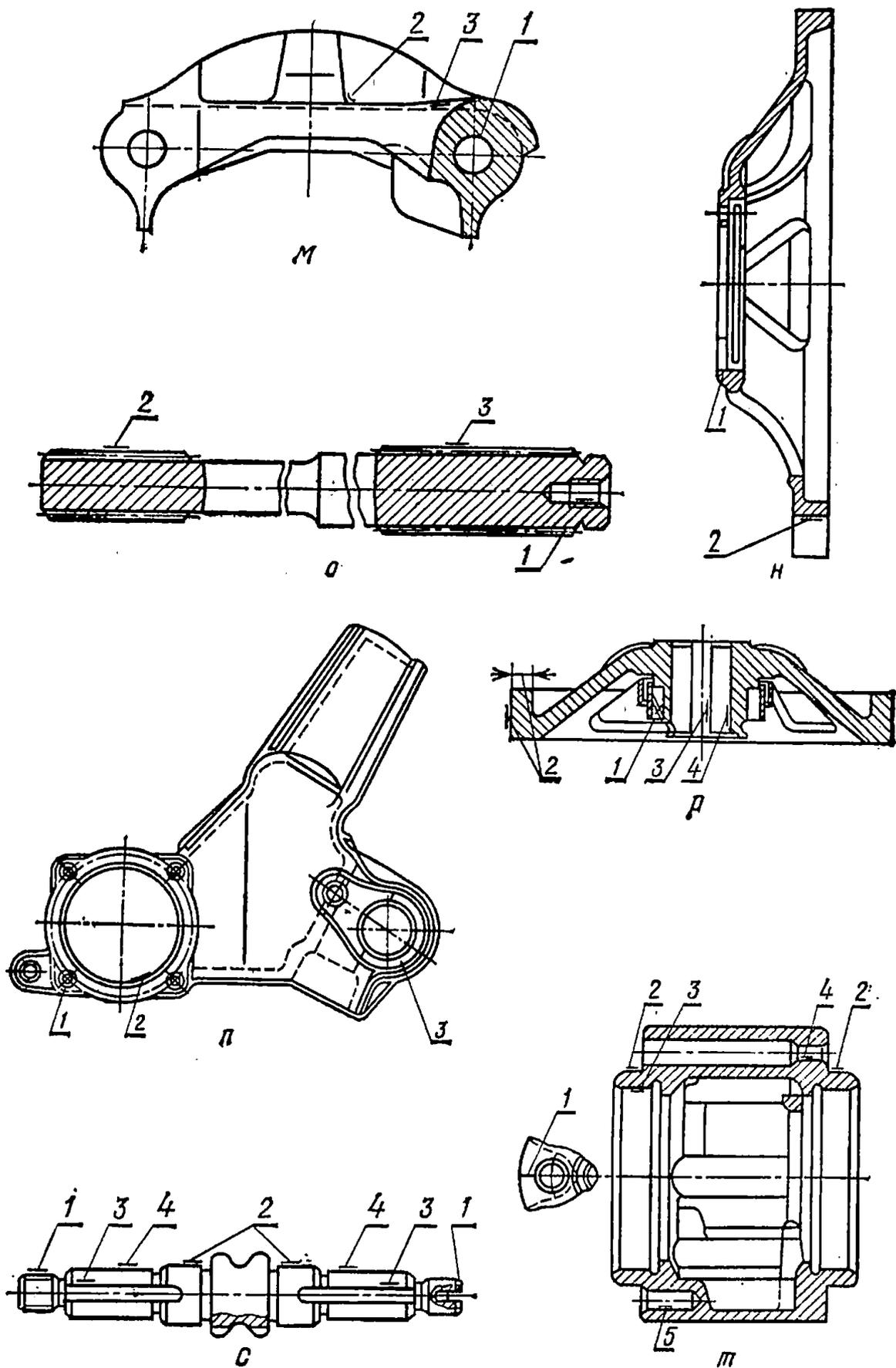
Изгиб в кручении, трение скольжения	Сталь 40, 3, 716 кг	Абразивный	Изнашивание при перемещении деталей в абразивной массе	1 — поврежденные резьбы; 2 — 0,04; 3 — 1,05; 4 — 0,03	Повреждение резьбы, износ шеек под роликотподшипник, износ шпоночных пазов по ширине	Наплавка
-------------------------------------	---------------------	------------	--	---	--	----------

Шестерня

Контактные нагрузки	Сталь 18ХГТ	Молекулярно-механический	Воздействие на материал поверхности в зоне деформации. Перенос материала	Износ торцов зубьев в зоне деформации более 1,5 мм	Износ торцов зубьев	Наплавка с последующей электрохимической обработкой, пластическая деформация
---------------------	-------------	--------------------------	--	--	---------------------	--

Ступица ведущего колеса 04.39.116 (рис. г)

Контактные нагрузки	СЧ15-32	Абразивный, разрушение прочностной структуры	Изнашивание при перемещении деталей в абразивной среде, и усталостные разрушения	1 — трещины; 2 — 0,3; 3 — 0,1; 4 — 0,6; 5 — 0,5	Изломы, трещины, износы под ведущее колесо и ведомую шестерню, износ поверхности под роликотподшипники, болты и шпильки	Наплавка
---------------------	---------	--	--	---	---	----------



Для изготовления деталей тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин используют различный материал, основные марки которого приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2. Материалы основных деталей сельскохозяйственных машин

*Детали, изготавливаемые из конструкционных углеродистых сталей*

Изготавливаемые детали и нормалы	Марка стали
<p>Валы коленчатые двигателя и компрессора, распределительные валы, поршневые пальцы, полуоси, оси шестерен, шкворни поворотных цапф, вилки скользящие и другие карданного вала, венцы маховиков, разжимные кулаки тормозных колодок, штанги толкателей, шпильки головки цилиндров и другие детали</p>	40, 45, 50
<p>Фланцы и вилки карданные, шестерни коленчатого вала; шестерни масляного насоса, корпуса гидроцилиндров, гильзы выдвижные гидроподъемников, буксирные крюки, вилки переключения передач, шпильки колес, болты шестигранные разные</p>	30, 35
<p>Валы и червяки рулевого управления, валы управления коробкой передач, бамперы, детали рычага ручного тормоза, вилки переключения передач, карданные валы, вкладыши рулевых тяг, рычаги переключения передач, кронштейны</p>	20, 20кп
<p>Ведомые диски сцепления</p>	50, 60
<p>Упорные кольца водяных насосов, фланцы упорные распределительного вала, пружины сцепления, пружины рулевых тяг, ведомые диски сцепления, пружины клапанов термостата и редукционных клапанов, шайбы пружинные различных типов, кольца стопорные и другие детали и нормалы</p>	60Г, 65Г
<p>Корпуса стеклоподъемников и дверных замков, кожуха системы охлаждения, брызговики двигателя, дверки кабин, крылья, глушители, щитки радиатора, панели капота, корпуса воздушного фильтра, детали кабин и кузовов, кронштейны, крышки клапанных механизмов, прокладки регулировочные, маслоотражатели, гайки, шурупы</p>	0,8, 0,8кп, 10
<p>Плоские шайбы, пластины крепления глушителя, хомуты рессор, петли кузовов, различные малонагруженные нормалы</p>	2, 3, 4
<p>Гайки шестигранные и квадратные, штифты, штуцера, пробки, стопоры, сухари ползунов коробки передач, гайки колесные, валики различные малонагруженные</p>	A12, A20

Детали, изготовляемые из конструкционных легированных и низколегированных сталей

Изготовляемые детали	Группа стали	Марка стали	Термическая обработка
<p>Поршневые пальцы, толкатели, крестовины кардана</p>	Хромистая	15X, 15XA, 20X	Цементация, закалка, низкотемпературный отпуск
<p>Шатуны, валы и шестерни коробок передач, болты шатунные и крепления маховика, шлицевые наконечники карданных валов, цапфы поворотные, рулевые рычаги</p>	Маргацовистая	30X, 35X, 40X, 38XA	Улучшение, поверхностная закалка Цианирование, закалка, низкотемпературный отпуск Улучшение
<p>Шатуны, полуоси, вилки переключения передач</p>	Хромомарганцовая	45Г2, 40Г40Г2	Улучшение
<p>Шестерни полуосей, сателлиты, конические и цилиндрические шестерни главной передачи, валы и шестерни коробок передач, крестовины дифференциала, валы рулевой сошки, кулаки шарнира переднего ведущего моста</p>	Хромоникелевая	18ХГТ, 25ХГТ, 30ХГТ, 25ХГМ	Цементация или цианирование, закалка, низкотемпературный отпуск
<p>Конические шестерни главной передачи, шестерни полуоси, сателлиты, крестовины дифференциала, шестерни и валы коробок передач и раздаточных коробок, поршневые пальцы</p>		20ХН3А 20Х2Х4А 12ХН3А	Цементация, закалка, низкотемпературный отпуск

Изготавливаемые детали	Группа стали	Марка стали	Термическая обработка
Вал ведомый коробок передач автомобилей, валы шестерни, конические шестерни, крестовины кардана, шестерни полуоси	Хромомарганцовоникелевая с титаном и бромом	20ХГНР 15ХГН2ГА	То же
Конические шестерни главной передачи, шестерни полуоси, сателлиты, червяки рулевого управления	Хромоникельмолибденовая	20ХН2М	»
Плунжеры топливной аппаратуры, иглы форсунок	Хромоалюминиевая и хромоалюминиевая с молибденом	38Х2Ю 38Х2МЮА	Азотирование, закалка, высокий отпуск
Валы, шестерни, каретки синхронизаторов коробки передач и конические шестерни главных передач	Хромомарганцовоникельмолибденовая	20ХГНМ (19ХГН)	Химико-термическая обработка, закалка, низкотемпературный отпуск
Рычаги рулевого управления, поворотные цапфы	Бористая	40ХГНМ	Улучшение
Шатуны, полуоси	Хромованадиевая	40Р, 45РП	Улучшение, закалка
Пружины клапанов, пластины торсионов автомобилей	Хромоникелевая	40ХФА 50ХФА 40ХН	То же
Шатунные болты, болты маховика, шаровые пальцы передней подвески	Низколегированные стали	14Г, 09Г2, 14Г2, 12ГС, 17ГС, 19ХГС, 10ХСНД	Улучшение, закалка ТВЧ
Продольные и поперечные балки автомобильных рам грузовых автомобилей, металлические кузова самосвалов, балки задних мостов и другие детали			Без обработки Нормализация

*Детали, изготавливаемые из чугуна*

Изготавливаемые детали	Марка чугуна
Блок цилиндров	СЧ15-32; СЧ18-36; СЧ21-40; СЧ24-44; серый перлитный чугун СЧ26; специальный легированный чугун
Гильзы цилиндров	СЧ21-40; СЧ24-44; СЧ36; специальный легированный чугун, а также вставки из высоколегированного антикоррозионного чугуна. Содержание: никель (13...17%), хром (1,8...2,2%) и медь (7...8,5%)
Впускной и выпускной трубопроводы	СЧ18-36; СЧ15-32
Коленчатый вал	Высокопрочный чугун ВЧ50-1,5; ВЧ50-2; СЧ75-50-03; СЧ65-48-01
Маховик	СЧ21-40; СЧ18-36
Головки цилиндров	СЧ21-40
Распределительный вал	СЧ65
Картер сцепления	СЧ21-40
Картер, крышки картера	СЧ18-36; СЧ15-32; СЧ24-44; СЧ21-40
Корпус коробки передач	СЧ15-32; СЧ21-40
Картер рулевого механизма	КЧ35-10; КЧ37-12
Ступицы колес	КЧ35-10; КЧ50-4; СЧ65-48-05
Тормозные барабаны	СЧ18-36; СЧ15-32; СЧ24-44; СЧ21-40; КЧ50-4

*Детали, изготавливаемые из алюминиевых литейных сплавов*

Изготавливаемые детали	Марка алюминиевых литейных сплавов
Головки цилиндров двигателей, картеры рулевых механизмов, удлинитель картеров коробок передач, картеры сцепления, поршни компрессоров, корпуса масляных центрифуг, водяных насосов, поршни тормозных цилиндров, впускные трубопроводы, другие детали	Сплавы на основе системы алюминий — кремний АЛ2, АЛ4, АЛ4-1, АЛ9, АЛ9-1, АЛ34(ВАЛ5), АК9 (АЛ4В), АК7(АЛ9В)
Корпуса карбюраторов, топливных насосов, крышки различные, патрубки мелкие, ненагруженные детали	Сплавы на основе системы алюминий — кремний — медь АЛ3, АЛ5, АЛ5-1, АЛ6, АЛ32, АК5М2(АЛ3В), АК5М7(АЛ10В), АК7М2(АЛ14В), АК4М4(АЛ15В)

Изготавливаемые детали	Марка алюминиевых литейных сплавов
Арматура, кронштейны, другие детали	Сплавы на основе системы алюминий — медь АЛ7, АЛ19, АЛ33 (ВАЛ1)
Декоративные детали	Сплавы на основе системы алюминий — магний АЛ8, АЛ13, АЛ22, АЛ23, АЛ23-1, АЛ27, АЛ27-1, АЛ28
Поршни двигателей	Сплавы на основе системы алюминий — прочие компоненты (жаростойкие сплавы) АЛ1, АЛ11, АЛ21, АЛ24, АЛ25, АЛ30, АК21М2 (ВКЖЛС-2)

*Детали, изготавливаемые из формируемых медно-цинковых сплавов (латуней) (ГОСТ 15527—70)*

Изготавливаемые детали	Виды и марки латуней
Втулки генераторов, заклепки крепления фрикционных накладок, бачки радиаторов, клапаны топливного бака (Л63), трубки водяного и масляного радиаторов (Л63, Л90), трубки пневматических тормозных систем, топливопровода, детали радиаторов (Л96), листы, трубки, прутки	Л96, Л90, Л63, Л85, Л60, Л80, Л70, Л68
Трубки конденсаторные радиатора, прутки, листы, лента, проволока	Алюминиевые, алюминиевожелезистые, алюминевоникелевые, никелевые ЛА77-2, ЛАЖ60-1-1, ЛАН59-3-2, АН65-1
Втулки вала рулевой сошки (ЛО90-1, ЛО60-1), сварочная проволока (ЛО60-1), ленты, листы, трубки, прутки	Оловянистые ЛО90-1, ЛО70-1, ЛО62-1, ЛО60-1
Угольники, тройники, крестовины пневматических и топливных систем, толкатели экономайзеров, карбюраторов, пробки топливных фильтров и т. д. (ЛС59-1); жиклеры и пробки карбюраторов (ЛС59-1В); втулки тормозных колодок, кронштейнов педалей и др. (ЛС74-3)	Свинцовистые ЛС74-3, ЛС64-2, ЛС63-3, ЛС60-1, ЛС59-1, ЛС59-1В

Детали, изготавливаемые из литейных медно-цинковых сплавов (латуней) (ГОСТ 17711—72)

Изготавливаемые детали	Виды и марка латуней
Арматура, детали приборов Подшипники, втулки, вкладыши Гайки нажимных винтов	Кремнистая ЛК80-3Л Кремнисто-свинцовая ЛКС80-3-3 Алюминиево-железо-марган- цовая ЛАЖМц66-6-3-2
Для коррозионно-стойких деталей	Алюминиево-железная ЛАЖ60-1-1Л
Арматура, втулки, подшипники	Марганцово-никележелезо- алюминиевая АМцНЖА60-2-1-1-1
Детали, работающие в среде мас- ла, топлива, воды	Марганцовая ЛМц58-2Л
Подшипники, детали, заливаемые баббитом	Марганцово-железная ЛМцЖ55-3-1
Корпуса пробок радиатора, лопа- сти	Оловянно-свинцовая ЛВОС

Глава 2

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОСТИ ВАРИАНТА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ**

Оптимальность условий по восстановлению деталей можно определить, проанализировав следующие экономические показатели: наименьшей себестоимости восстановления; издержек производства; экономии капитальных вложений; наименьших народнохозяйственных приведенных затрат и наименьших народнохозяйственных затрат, обусловленных восстановлением данных деталей.

Показатель наименьшей себестоимости  $\Delta C_B$  — первый из общих показателей народнохозяйственного экономического эффекта

$$\Delta C_B = C'_B - C''_B = \sum_{j=1}^z (C'_{Bj} - C''_{Bj}) N_j, \quad (1)$$

где  $C'_B$  и  $C''_B$  — полная себестоимость восстановления деталей в неспециализированных и специализированных звеньях ремонтной сети соответственно;

$z$  — номенклатура восстанавливаемых деталей;

$N_j$  — программа восстановления деталей  $j$ -го наименования за год;

$C'_{Bj}$  и  $C''_{Bj}$  — полная себестоимость  $j$ -й детали при восстановлении в неспециализированных и специализированных звеньях ремонтной сети.

Возможен анализ по издержкам производства

$$\Delta I_B = I'_B - I''_B, \quad (2)$$

где  $I'_B$  и  $I''_B$  — издержки при восстановлении деталей в неспециализированных и специализированных звеньях ремонтной сети.

Оптимальное использование ремонтно-технологического оборудования является одним из решающих факторов роста производительности общественного труда.

Более высокому уровню общественной производительности труда при максимуме результатов соответствует не минимум текущих затрат, выражаемых себестоимостью работ по восстановлению деталей, а минимум приведенных затрат, полнее отражающих использование производства.

Величину этих затрат  $C_{пвj}$  можно определить по формуле

$$C_{пвj} = C_{вj} + E_H K_{вj}, \quad (3)$$

где  $K_{вj}$  — удельные капитальные вложения, обусловленные восстановлением деталей  $j$ -го наименования, руб/дет;

$E_H$  — норма народнохозяйственной эффективности дополнительных капиталовложений.

Следует подсчитать экономию от восстановления деталей по всем звеньям ремонтной сети с учетом того, что принцип максимума результатов при минимуме затрат выполним лишь тогда, когда локальные минимумы затрат совместимы с общим минимумом затрат, а локальные максимумы результатов — с общим максимумом результатов.

Для расчета народнохозяйственных приведенных затрат, обусловленных восстановлением деталей, применима формула

$$C_{пв} = C_B + E_H K_H = \sum_{j=1}^z (C_{вj} + E_H K_{вj}). \quad (4)$$

Показатель экономии приведенных затрат является показателем достигаемого народнохозяйственного эффекта. Он обобщает экономию на себестоимости восстановленных деталей  $\Delta C_{пв}$  и уменьшении (росте) капитальных вложений  $\pm \Delta K$

$$\Delta C_{пв} = C'_{пв} - C''_{пв}, \quad (5)$$

где  $C'_{пв}$  и  $C''_{пв}$  — приведенные затраты, обусловленные производством годового количества восстанавливаемых деталей в неспециализированных и специализированных звеньях ремонтной сети.

### Глава 3

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДОВЫХ ОБЪЕМОВ И СЕБЕСТОИМОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Для определения оптимального объема восстановления деталей необходимо знать возможное количество и техническое состояние ремонтного фонда, коэффициенты возможного восстановления  $K_B$  и ремонта  $K_P$

$$K_B = \frac{K_{ГВ} \hat{K}_Г}{1 + K_{ГВ}^m K_G^m}, \quad (8)$$

где  $K_{ГВ}$  — коэффициент годности деталей для восстановления;  
 $K_{Г}$  — коэффициент выхода годных деталей в процессе восстановления;  
 $m$  — кратность восстановления деталей.

Коэффициент годности деталей для восстановления определяют по формуле

$$K_{ГВ} = \frac{N_{В}}{N_{Д}}, \quad (9)$$

где  $N_{Д}$  — число деталей одного наименования, подлежащих дефектовке;

$N_{В}$  — число деталей того же наименования, признанных после дефектовки годными для восстановления.

Возможный годовой объем восстановления деталей каждого наименования рассчитывают по формуле

$$A_{В} = N n_{р} K_{В}, \quad (10)$$

где  $N$  — число деталей одного наименования на одной машине;

$n_{р}$  — количество приведенных ремонтов машин в год.

Количество приведенных ремонтов в области (крае), республике определяют по формуле

$$n_{р} = n_{К} + n_{Т} K_{ОХ}, \quad (11)$$

где  $n_{К}$  — количество капитальных ремонтов машин данной марки;

$n_{Т}$  — количество текущих ремонтов машин той же марки;

$K_{ОХ}$  — коэффициент охвата ремонтом агрегатов, на которых установлены данные детали, от общего расчетного количества текущих ремонтов машин.

Объем ремонтного фонда деталей, необходимый для получения требуемого объема восстановления  $A_{В}$ , определяют по формуле

$$\Phi_{р} = \frac{A_{В}}{K_{Г}}. \quad (12)$$

Годовой объем деталей, восстанавливаемых на месте ремонта машин, подсчитывают по формуле

$$A_{р} = N n_{р} K_{р}. \quad (13)$$

Оптимальная программа восстановления деталей характеризуется наименьшей полной себестоимостью, которую можно определить по формуле

$$C_{\Pi} = C + C_{Тр}, \quad (14)$$

где  $C$  — себестоимость восстановления детали без транспортных расходов, коп.;

$C_{Тр}$  — транспортные расходы, приходящиеся на одну деталь, коп.

Себестоимость восстановления детали без транспортных расходов при различных программах предприятия определяют по уравнению, предложенному проф. И. С. Левитским,

$$C = \left( \frac{A}{W} + B \right) C_1, \quad (15)$$

где  $C_1$  — себестоимость восстановления детали без транспортных расходов при программе, принятой за исходную, коп.;  
 $W$  — программа восстановления, шт.;  
 $B$  — коэффициент, учитывающий долю затрат, не изменяющуюся с изменением программы восстановления деталей;  
 $A$  — коэффициент, учитывающий долю затрат, изменяющуюся с изменением программы восстановления деталей.

Числовые значения коэффициентов  $A$  и  $B$  определяют по способу наименьших квадратов.

Транспортные расходы, приходящиеся на одну деталь, определяют по формуле

$$C_{\text{тр}} = \frac{R_{\text{ср}} Q a}{1000} \left( 1 + \frac{1}{K_r} \right), \quad (16)$$

где  $R_{\text{ср}}$  — средний радиус перевозок, км;  
 $Q$  — масса детали, кг;  
 $a$  — стоимость 1 т·км, коп.  
 Средний радиус перевозок

$$R_{\text{ср}} = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{S}{\pi}} \eta_d \eta_t, \quad (17)$$

где  $S$  — площадь зоны обслуживания, км<sup>2</sup>;  
 $\eta_d$  — коэффициент, учитывающий сеть дорог;  
 $\eta_t$  — поправочный коэффициент на конфигурацию территории.  
 Площадь зоны обслуживания

$$S = \frac{W}{K_r K_K}, \quad (18)$$

где  $K_K$  — коэффициент концентрации ремонтного фонда деталей, шт/км<sup>2</sup>, определяют по формуле

$$K_K = \frac{\Phi_p}{S}. \quad (19)$$

Полная себестоимость восстановления детали в зависимости от программы

$$C_{\text{п}} \left( \frac{A}{W} + B \right) C_1 + \left( 1 + \frac{1}{K_r} \right) \frac{Q a}{1000} \frac{2}{3} \sqrt{\frac{W}{\pi K_r K_K}} \eta_d \eta_t. \quad (20)$$

#### Глава 4

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ УЧАСТКОВ И ЦЕХОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Важным условием деятельности ремонтных предприятий является максимальное использование мощностей и трудовых ресурсов производств по восстановлению деталей.

В частном случае, если на установленном ремонтно-технологическом оборудовании восстанавливают только одну деталь, то про-

изводственная мощность группы оборудования (станка) ремонтного предприятия будет равна

$$M = \frac{\Phi}{t}, \quad (21)$$

где  $\Phi$  — действительный годовой фонд времени ремонтно-технологического оборудования;

$t$  — трудоемкость восстановления детали.

Производственная мощность характеризуется восстановлением детали в номенклатуре и ее количественными соотношениями, поэтому по каждой группе ремонтно-технологического оборудования можно рассчитать производственную возможность участка или цеха восстановления деталей, которая определяется как отношение годового фонда времени группы оборудования  $\Phi$  к суммарной трудоемкости годовой производственной программы или годового фактического восстановления деталей, %

$$n_B = \frac{\Phi 100}{\sum_{j=1}^{n_1} t_j N_j}, \quad (22)$$

где  $n_1$  — номенклатура деталей;

$N_j$  — число деталей.

Производственная мощность участка или цеха по восстановлению деталей определяется по мощности ведущих групп ремонтно-технологического оборудования с учетом мер по ликвидации «узких мест».

Производственная возможность этой группы оборудования  $P_{B \text{ лим}}$  определяет производственную мощность участка или цеха восстановления деталей.

$$M_j = \frac{N_j P_{B \text{ лим}}}{100}. \quad (23)$$

Для максимальной загрузки ремонтно-технологического оборудования необходим подбор для него восстанавливаемых деталей, что, в свою очередь, повысит производственную мощность мастерских, участков и цехов по восстановлению.

Задача формулируется следующим образом:

определить оптимальную номенклатуру (количество) восстанавливаемых деталей  $X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n$ , удовлетворяющую системе ограничений, которая в общем виде может быть представлена так:

$$\sum_{j=1}^{n_1} t_i X_j \leq \Phi_i; X_i \geq 0;$$

$$j = (1, 2, 3, \dots, n_j); i = (1, 2, 3, \dots, l). \quad (24)$$

При этих ограничениях можно решать задачу по определению максимального объема восстановления деталей:

$$\max \sum_{j=1}^{n_1} C_j X_j;$$

или максимальной прибыли

$$\max \sum_{j=1}^{n_l} P_j X_j;$$

или максимальной загрузки оборудования

$$\max \sum_{j=1}^{n_l} \sum_{i=1}^l t_{ij} X_j,$$

где  $X_j$  — искомое количество восстанавливаемых деталей  $j$ -й номенклатуры;

$n_l$  — номенклатура восстанавливаемых деталей;

$l$  — число групп взаимозаменяемого ремонтно-технологического оборудования;

$t_{ij}$  — трудоемкость восстановления  $j$ -го вида деталей на  $i$ -й группе ремонтно-технологического оборудования;

$\Phi_i$  — действительный годовой фонд времени  $i$ -й группы ремонтно-технологического оборудования;

$C_i$  — цена восстановления детали  $i$ -го вида, руб.;

$P_j$  — прибыль от восстановления деталей  $j$ -го вида, руб.

При определении производственной мощности мастерских, участков и цехов восстановления деталей, отличающихся большой номенклатурой  $n_l$ , разнообразием ремонтно-технологического оборудования  $l$  и различной трудоемкостью их восстановления практически не во всех случаях можно достичь по каждому  $i$  равенства

$$\sum_{j=1}^{n_l} t_{ij} X_j = \Phi_i. \quad (25)$$

Показателем, характеризующим степень использования потенциальной производственной возможности мастерских, участков и цехов восстановления деталей, является коэффициент загрузки оборудования. Он позволяет установить степень соответствия структуры трудоемкости восстанавливаемых деталей структуре наличного парка ремонтно-технологического оборудования

$$K_{взл} = \frac{\sum_{j=1}^{n_l} t_{ij} X_j}{\Phi_i}, \quad (26)$$

где  $\sum_{j=1}^{n_l} t_{ij} X_j$  — суммарная трудоемкость.

Количество излишнего оборудования определяют так:

$$Q_{изл} = Q_i - \frac{\sum_{j=1}^{n_l} t_{ij} X_j}{0,85 f_i}, \quad (27)$$

где  $Q_i$  — количество ремонтно-технологического оборудования в  $i$ -й группе;

$f_i$  — фонд времени единицы оборудования  $i$ -й группы;

0,85 — нормативный коэффициент загрузки оборудования.

Для получения максимального народнохозяйственного эффекта необходимо определенное соответствие мощности мастерских, участков и цехов восстановления, концентрации восстановления однородных деталей при минимально допустимых производственных мощностях.

В качестве критерия эффективности концентрации применяют минимально допустимый размер производства

$$J_{\Pi} = \frac{N_{\Pi}}{Q_{\Pi}}, \quad (28)$$

где  $N_{\Pi}$  — существующий объем восстановления деталей;

$Q_{\Pi}$  — объем восстановления при минимально допустимом размере производства.

Характеристику экономической эффективности различных производств восстановления деталей дает отношение их приведенных затрат к приведенным затратам оптимального или минимального допустимого размера подразделения ремонтной сети по восстановлению

$$J_{\text{вэк}} = \frac{(C_i + E_{\text{н}} K_i)_{\text{пр.в}}}{(C_i + E_{\text{н}} K_i)_{\text{мд.в}}}. \quad (29)$$

В качестве оценочного критерия, позволяющего раскрыть динамику развития восстановления деталей в ремонтном производстве и обосновать напряженные плановые задания по этому виду деятельности для областных объединений, предприятий, производственных ремонтных объединений, целесообразно использовать показатель «удельный объем восстановления» —  $V_y$ , рассчитываемый в рублях как отношение абсолютных объемов восстановления изношенных деталей  $V$  к валовому объему ремонтного производства  $W$  по формуле

$$V_y = \frac{V}{W}. \quad (30)$$

Сущность этого показателя заключается в возможности сравнения различных производств по уровню потребления восстановленных деталей на каждую тысячу рублей валового объема ремонтной продукции.

## Глава 5

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУНКТОВ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЦЕХОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Пункт оптимального расположения цехов восстановления изношенных деталей (ЦВИД) можно определить по методу координат, предложенному проф. И. С. Левитским. Сущность метода заключается в том, что карту территории рассчитываемой зоны с нанесенными на нее местами расположения обменных пунктов заключают в прямоугольные координаты  $X$  и  $Y$ . На оси координат проектируют все точки сосредоточения ремонтного фонда (обменные пункты) и в принятом масштабе определяют средневзвешенные значения абсцисс и ординат ( $X_0$  и  $Y_0$ ) по формулам

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i};$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i},$$

где  $X_i, Y_i$  — абсциссы и ординаты точек расположения обменных технических пунктов;

$Q_i$  — суммарная масса изношенных деталей в  $i$ -м обменном пункте.

В точке пересечения  $X_0$  и  $Y_0$  и находится рациональный пункт размещения ЦВИД.

## Глава 6

### ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Для рационального построения организации производства восстановления принципиальное значение имеют две формы: поточная и непоточная.

Непоточным называют метод производства, при котором детали восстанавливают партиями по каждой операции. Ремонтно-технологическое оборудование расставляют группами без определенной связи с последовательностью выполнения операций.

Основой непоточного производства является производственный участок.

Непоточные формы организации производства восстановления деталей можно подразделять на следующие разновидности.

По принципу законченности цикла обработки:

а) технологические участки, характеризующиеся функциональной группировкой оборудования и частичным осуществлением технологического процесса восстановления — наплавочный, гальванический, полимерный, механический;

б) предметно-замкнутые участки, основными признаками которых является набор ремонтно-технологического оборудования, позволяющего полностью восстанавливать отдельные детали, детали обрабатывают партиями;

в) участки технологически однородных деталей, на которых восстанавливают определенные группы деталей.

По принципу применяемой технологии:

а) участки восстановления деталей по индивидуальной технологии;

б) участки восстановления деталей по групповой технологии.

По принципу специализации:

**Т а б л и ц а 3. Классификация поточных линий по признакам количества наименования восстанавливаемых деталей и непрерывности производственных процессов**

Признаки-определители поточных линий						
Тип производства	степень ритмичности процесса на всех рабочих местах линий	порядок расположения оборудования	способы передачи восстанавливаемых деталей по рабочим местам линии	переналаживаемость ремонтно-технологического оборудования	оборотные заделы	степень технологической специализации рабочих мест линии

**Однопредметная непрерывно-поточная (ОНПЛВД)**

Массовый	Кратное такту (ритму)	Как правило, последовательное (в порядке хода операций технологического процесса восстановления)	По 1 шт. за время, равное такту (ритму)	Непереналаживаемое	Нет	Постоянная наладка
----------	-----------------------	--	---	--------------------	-----	--------------------

**Групповая непрерывно-поточная (ГНПЛВД)**

	Кратное такту (ритму)	То же	Группой (набором)	Непереналаживаемое	Нет	Постоянная наладка
--	-----------------------	-------	-------------------	--------------------	-----	--------------------

**Однопредметная прямоточная (ОПрЛВД)**

	За оперативное время	*	По 1 шт. без обязательного соблюдения такта (ритма)	Непереналаживаемое. Переналаживаемое в отдельных случаях.	Заделы имеются между единицами оборудования линии	Постоянная наладка. В отдельных случаях может быть переналадка
--	----------------------	---	---	---	---	--

**Групповая прямоточная (ГПрЛВД)**

		*	Группой изделий без обязательного соблюдения такта (ритма)			
--	--	---	--	--	--	--

**Многопредметная переменнo-пoтoчнaя (МППЛВД)**

Серийный	Кратное такту (ритму)	»	По 1 шт. за время, равное такту (ритму)	Переналаживаемое	Заделы имеются в начале точных линий	Постоянная наладка только на период восстановления партий деталей одного наименования. На отдельных рабочих местах может быть постоянная групповая наладка оборудования
----------	-----------------------	---	---	------------------	--------------------------------------	---

**Многопредметная групповая переменнo-пoтoчнaя (МГППЛВД)**

	Кратное такту (ритму)	»	Группой (набором) за время, равное или кратное такту (ритму)	Переналаживаемое	То же	Постоянная наладка только на период восстановления группы деталей различных наименований
--	-----------------------	---	--	------------------	-------	--

**Многопредметная переменнo-пoтoчнaя (МППЛВД)**

	За оперативное время	»	По 1 шт. без обязательного соблюдения такта (ритма)	Переналаживаемое	Оборотные заделы имеются в начале, а также между единицами оборудования линии	Постоянная наладка только на период восстановления партий деталей одного наименования
--	----------------------	---	---	------------------	---	---

**Групповая многопредметная переменнo-пoтoчнaя (ГМППЛВД)**

	За оперативное время на всех рабочих местах	»	Транспортными партиями без обязательного соблюдения такта (ритма)	Переналаживаемое	То же	Постоянная наладка только на период времени восстановления партий деталей одного наименования. Переналадка оборудования линии необходима при смене объектов восстановления. На отдельных рабочих местах линии может быть постоянная групповая наладка оборудования
--	---	---	---	------------------	-------	--

**Т а б л и ц а 4. Классификация поточных линий восстановления деталей по признакам механизации, автоматизации и полноты охвата производственных процессов**

Элементы основных операций, вспомогательные операции и полнота охвата производственного процесса (дополнительные признаки)	Типы поточных линий			
	комплексная немеханизированная	механизированная	комплексная механизированная	автоматическая
<p><i>Элементы основных операций</i></p> <p>Включение, выключение и регулирование длительности рабочего цикла</p> <p>Ввод восстанавливаемых деталей в рабочую зону</p> <p>Установка и крепление восстанавливаемых деталей на рабочую позицию</p> <p>Включение и подвод к восстанавливаемым деталям исполнительных механизмов и инструментов</p> <p>Выполнение технологических операций по непосредственному воздействию на качественные изменения восстанавливаемых деталей</p> <p>Отвод и выключение исполнительных механизмов и инструментов</p> <p>Кантование и перемещение восстанавливаемых деталей на другую рабочую позицию</p> <p>Контроль</p> <p>Вывод восстанавливаемых деталей из рабочей зоны</p>	<p>Элементы основных операций выполняются вручную с участием рабочих</p>	<p>Элементы основных операций выполняются машинами, механизмами и приборами с участием рабочих</p>	<p>Элементы основных операций выполняются машинами, механизмами и приборами (автоматы) под наблюдением рабочих</p>	<p>Все элементы основных операций выполняются машинами, механизмами и приборами (автоматы) под наблюдением рабочих</p>
	комплексная	механизированная	комплексная	автоматическая

Раскрепление и снятие восстанавливаемых деталей с рабочих позиций

### *Вспомогательные операции*

Транспортирование восстанавливаемых деталей по рабочим местам (оборудованию) линии

Установка и заправка оборудования материалами для восстановления (наплавочная проволочка, флюс, металлические порошки, химикаты и т. д.)

Подналадка оборудования

Смена инструмента

Смазка оборудования

Переналадка оборудования

Учет производительности и выработки

Уборка отходов производства

### *Полнота охвата*

Все операции производственного процесса восстановления деталей

Часть операции производственного процесса восстановления деталей

Большую часть элементов операций выполняющих рабочие вручную

Транспортные и контрольные операции выполняют механизмы и приборы с участием рабочих, а остальные элементы операций выполняют рабочие вручную

Большую часть элементов операций, в том числе транспортирование, контроль качества, уборку отходов производства, смазку оборудования выполняют машины, механизмы и приборы с участием рабочих

Транспортирование, контроль качества, смазку оборудования выполняют механизмы и приборы (автоматами) под наблюдением рабочего

Большую часть элементов вспомогательных операций (транспортирование, контроль качества, смазку оборудования, уборку отходов производства, учет производительности и др.) выполняют машины, механизмы и приборы (автоматами) под наблюдением рабочих

Весь процесс

Весь процесс

Весь процесс

Часть процесса

Часть процесса

Т а б л и ц а 5. Типовые схемы компоновки поточных линий

Наименование компоновки линии	Признаки-определители				маршрут движения детали по оборудованию
	оборудование на операции	разделение линии на секции и участки	вид и место расположения оборотных и страховых заделов	характер транспортной связи между оборудованием	
Поточная линия с жестко сблокированным оборудованием	Один станок	Нет	Нет	Жесткая	По всем единицам оборудования
Поточная линия с гибкой транспортной связью между всеми единицами оборудования	То же	»	Оборотные заделы в транспортных средствах	Гибкая	То же
Поточная линия с секциями жестко сблокированного оборудования и страховыми заделами в бункерах между секциями	»	Есть	Страховой задел между секциями оборудования	Жесткая	»
Поточная линия с секциями жестко сблокированного оборудования и оборотными заделами в бункерах между секциями	»	»	Оборотный задел в бункере между секциями	»	»

Поточная линия с секциями оборудования, имеющими гибкую транспортную связь, и страховым заделом в бункере между секциями

»

»

Страховой задел в бункере между секциями оборудования.

Оборотный задел в транспортных средствах между станками

Гибкая (в секциях)

Поточная линия с гибкой транспортной связью между всеми единицами оборудования и бункерами для оборотных заделов

»

Нет

Гибкая

Оборотные заделы в бункерах между всеми единицами оборудования

Поточная линия с гибкой транспортной связью между единицами оборудования, имеющая разные маршруты восстановления деталей нескольких наименований

»

Оборотные заделы на площадках между станками

Не по всем единицам оборудования

88 Таблица 6. Проекты специализированных ремонтных заводов и цехов по восстановлению изношенных деталей

Наименование проекта	Номер типового проекта и проектный институт	Условных ремонтных		Годовая программа		Производственная площадь, м <sup>2</sup>	Производственных рабочих, чел.	Сметная стоимость строительства без привязки, тыс. руб.		Количество металлорежущих станков	Количество кузнечно-прессового оборудования	Примечание
		650	1200	тыс. руб	руб.			общая	в том числе монтаж			
Специализированное производство по централизованному комплексному восстановлению автомобильных и тракторных деталей с программой 0,7 млн. руб. в год	816—99 Проектный институт № 3	650	1200	683,6*	363,4**	1334,0	73	501,04	190,78	35	3	Типовой проект распространяет Киевский филиал ЦИТП
То же, с программой 1,2 млн. руб. в год	816—133 Проектный институт № 3	1200	1400	1230,1*	1956,0	1692,0	116	636,91	309,22	45	6	То же
Специализированный цех по централизованному комплексному восстановлению автомобильных и тракторных деталей	816—139 «Гипропромсельстрой»	1400	1400	1210,2*	1956,0	1692,0	116	626,07	284,47	34	4	Типовой проект распространяет «Гипропромсельстрой»



- а) участки, специализированные на восстановлении деталей определенных узлов машин (ходовой части тракторов, кабин и т. д.);
- б) участки, специализированные по точности восстанавливаемых деталей (гидросистемы, топливной аппаратуры и т. д.);
- в) участки, специализированные по роду материала, из которого изготовлены восстанавливаемые детали (чугунные, стальные, алюминиевые и т. д.).

Поточная линия — это совокупность основного и вспомогательного ремонтно-технологического и подъемно-транспортного оборудования или рабочих мест, расположенных последовательно в порядке хода операций технологического процесса, специализированного на выполнении одной или нескольких технологически подобных операций восстановления деталей. Поточные линии принято называть по одному или двум основным или всем признакам-определителям, указанным в таблицах 3 и 4.

Выбор рациональных схем компоновок поточных линий влияет на размеры капитальных затрат при создании цехов и участков, а также на организацию работы линий и как результат на себестоимость восстанавливаемых деталей (табл. 5).

Перечень проектов специализированных ремонтных заводов и цехов по восстановлению изношенных деталей представлен в таблице 6.

## Глава 7

### ПОТОЧНО-МЕХАНИЗИРОВАННЫЕ ЛИНИИ, ЦЕХИ И УЧАСТКИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Линии восстановления звеньев гусениц тракторов класса тяги 30 кН заливкой жидким металлом. Линия предназначена для централизованного ремонта гусениц тракторов класса тяги 30 кН восстановлением изношенных отверстий проушин звеньев заливкой расплавленным металлом.

В зависимости от имеющегося оборудования для плавки металла возможны два варианта участка заливки проушин звеньев. При наличии индукционной установки без плавильной печи проушины звеньев заливают жидким металлом, расплавляя мерные заготовки в индукторе; предприятия, имеющие индукционные плавильные установки типа ИСТ-0,6, восстанавливают звенья непосредственной заливкой проушин жидким металлом из печи.

*Техническая характеристика поточно-механизированной линии для восстановления проушин звеньев мерными заготовками*

Обслуживающий персонал, чел. . . . .	8
Производственная площадь, м <sup>2</sup> . . . . .	288
Максимальная мощность, потребляемая электрооборудованием линий, кВт . . . . .	190
Удельный расход на одну гусеницу:	
электроэнергии, кВт/ч . . . . .	102
технической воды, м <sup>3</sup> . . . . .	5,7
сжатого воздуха, м <sup>3</sup> . . . . .	137
Производительность звеньев в смену . . . . .	200

Технологическая документация разработана Малоарославецким филиалом ГОСНИТИ и ЦОКТБ.

Линия восстановления звеньев гусениц давлением. Линия предназначена для восстановления способом давления литых звеньев гусениц тракторов класса тяги 30 кН.

*Техническая характеристика*

Обслуживающий персонал, чел. . . . .	16
Производственная площадь, м <sup>2</sup> . . . . .	300
Установленная мощность электрооборудования, кВт . . . . .	450
Производительность линии (при трехсменной работе), комплектов гусениц в год . . . . .	2000

Техническая документация разработана Саратовским институтом механизации сельского хозяйства им. М. И. Калинина.

Линия восстановления опорных катков электрошлаковой наплавкой. Линия предназначена для восстановления опорных катков гусеничных тракторов класса тяги 30 кН.

Способ восстановления катков заключается в электрошлаковой наплавке обода катка и в ремонте ступицы путем осадки.

*Техническая характеристика*

Обслуживающий персонал, чел. (в две смены) . . . . .	30
Производственная площадь, м <sup>2</sup> . . . . .	450
Максимальная мощность, потребляемая оборудованием, кВт . . . . .	530
Производительность линии, катков в смену . . . . .	200

Техническая документация разработана Малоарославецким филиалом ГОСНИТИ и ЦОКТБ.

Линия для восстановления опорных катков заливкой расплавленным металлом. Линия предназначена для централизованного восстановления опорных катков тракторов класса тяги 30 кН заливкой расплавленным металлом.

Изношенные катки прокаливают в газовой печи при температуре 950±50°С в течение часа. По склизу-накопителю катки поступают на роторную установку для зачистки. Изношенную поверхность обода зачищают и покрывают лаком. Покрытые лаком катки прокатывают по слою флюса АНШ-200 и навешивают на подвесной конвейер, который доставляет их на участок заливки.

На этом участке катки заливают расплавленным высокопрочным чугуном марки ВЧ45-0 на установке УНК-6. Чугун плавят в двух индукционных печах ИСТ-0,16.

*Техническая характеристика*

Обслуживающий персонал, чел. (в две смены) . . . . .	35
Производственная площадь, м <sup>2</sup> . . . . .	500
Максимальная мощность, потребляемая оборудованием линии, кВт . . . . .	650
Производительность линии, катков в смену . . . . .	200

Техническая документация разработана ЦОКТБ ГОСНИТИ и ИПЛ АН УССР.

Линия для восстановления плужных лемехов, ножей плоскорезов и глубокорыхлителей. Линия предназначена для централизованного восстановления плужных лемехов приваркой к остову детали наплавленных твердым сплавом новых режущих частей (лезвия и носка), а также для восстановления ножей плоскорезов и глубокорыхлителей приваркой лезвия с последующей наплавкой твердым сплавом.

*Техническая характеристика*

Обслуживающий персонал, чел. . . . .	8
Производственная площадь, м <sup>2</sup> . . . . .	200
Максимальная мощность, потребляемая электрооборудованием линии, кВт . . . . .	400
Производительность, шт/год . . . . .	100 000

Техническая документация разработана ЦОКТБ ГОСНИТИ.

Линия для восстановления ведущих колес тракторов класса тяги 30 кН. Способ восстановления ведущих колес на поточно-механизированной линии заключается в обрезке изношенной наружной поверхности колеса с последующей приваркой к колесу отдельных элементов (вкладышей). В зависимости от величины износа колеса вкладыши корытообразной формы изготавливают из полосы толщиной 10 или 18 мм.

*Техническая характеристика*

Обслуживающий персонал, чел. . . . .	5
Производственная площадь, м <sup>2</sup> . . . . .	360
Производительность линии, колес в смену . . . . .	24

Техническая документация разработана Малоарославецким филиалом ГОСНИТИ и ЦОКТБ.

Линия для ремонта дисковых сошников зерновых сеялок. Линия предназначена для ремонта дисковых сошников зерновых сеялок СУК-24, СУБ-48, СЗ-3,6, СЗУ-3,6.

Способ ремонта сошников заключается в заточке дисков на ремонтные размеры, устранении зазоров в точке схода дисков в подшипниковом узле, замене и восстановлении дефектных деталей.

*Техническая характеристика*

Обслуживающий персонал, чел. . . . .	6
Производственная площадь, м <sup>2</sup> . . . . .	132
Максимальная мощность, потребляемая электрооборудованием, кВт . . . . .	32
Производительность линии, тыс. шт. в год . . . . .	30

Техническая документация разработана Малоарославецким филиалом ГОСНИТИ и ЦОКТБ.

Линия восстановления поршневых пальцев тракторных двигателей ОР-5491. Линия предназначена для восстановления изношенных поршневых пальцев тракторных двигателей СМД-14, СМД-60, Д-50, Д-240, Д-48 и их модификаций. Восстановление осуществляется их раздачей гидротермическим способом.

### *Техническая характеристика*

Обслуживающий персонал, чел. . . . . .	13
Производственная площадь, м <sup>2</sup> . . . . .	100
Производительность, тыс. шт. в год . . . . .	600
Диаметр восстанавливаемых пальцев, мм . . . . .	38 . . . . 45

Техническая документация разработана ЦОКТБ ГОСНИТИ совместно с Госкомсельхозтехникой Укр. ССР и Малоарославецким филиалом ГОСНИТИ и ЦОКТБ.

Линия восстановления втулочно-роликовых цепей шага 19,05, 15,85 и 25,4 мм. Линия предназначена для централизованного восстановления втулочно-роликовых цепей путем удаления из отрезка цепи звеньев с механически поврежденными элементами и 100%-ной замены валиков у цепей, имеющих износ по среднему шагу от 1 до 3%.

### *Техническая характеристика*

Обслуживающий персонал, чел. . . . . .	11
Производственная площадь, м <sup>2</sup> . . . . .	250
Максимальная мощность, потребляемая электро- оборудованием линии, кВт . . . . .	55
Производительность, тыс. пог. м в год . . . . .	100

Техническая документация разработана ЦОКТБ ГОСНИТИ.

Линия восстановления маховиков тракторных двигателей СМД-60, СМД-14, Д-240 и Д-50. Процесс восстановления маховиков предусматривает нанесение покрытий газопламенным порошковым напылением на изношенные поверхности отверстий под фланец и подшипник. Восстановленные изношенные поверхности отверстий под болты и установочные штифты восстанавливают обваркой чугунных пробок самозащитной проводкой ПАНЧ-11.

### *Техническая характеристика*

Обслуживающий персонал, чел. . . . . .	17
Производственная площадь, м <sup>2</sup> . . . . .	200
Производительность, маховиков в смену . . . . .	60

Техническая документация разработана ЦОКТБ ГОСНИТИ и Закавказским филиалом ЦОКТБ ГОСНИТИ.

Линия восстановления блоков цилиндров. Линия предназначена для восстановления блоков цилиндров двигателя СМД-14.

### *Техническая характеристика*

Обслуживающий персонал, чел. . . . . .	12
Производственная площадь, м <sup>2</sup> . . . . .	364,5
Производительность, шт. в смену . . . . .	30
Максимальная мощность, потребляемая электро- оборудованием, кВт . . . . .	92

Техническая документация разработана ЦОКТБ ГОСНИТИ..

Линия восстановления шатунов. Линия предназначена для восстановления шатунов двигателей СМД-14 и Д-50. Она включает механический и гальванический участки,

### *Техническая характеристика*

Обслуживающий персонал, чел. . . . .	17
Производственная площадь, м <sup>2</sup> . . . . .	324
Производительность, тыс. шт. в год . . . . .	100
Максимальная мощность, потребляемая оборудованием, кВт . . . . .	103,3

Техническая документация разработана Донецким филиалом ГОСНИТИ.

**Линия восстановления валов автомобилей.** Линия предназначена для ремонта распределительных валов, первичных валов коробок передач, коробок сателлитов и шарниров поворотных кулаков автомобилей ГАЗ-51, ГАЗ-53А, ГАЗ-69, ЗИЛ-130, ГАЗ-66 и ЗИЛ-131.

### *Техническая характеристика*

Обслуживающий персонал, чел. . . . .	12
Производственная площадь, м <sup>2</sup> . . . . .	380
Производительность, тыс. шт. в год . . . . .	26

Техническая документация разработана Рязанским филиалом ЦОКТЬ ГОСНИТИ.

**Линия ремонта коленчатых валов тракторных двигателей.** Линия предназначена для ремонта коленчатых валов тракторных двигателей СМД-60, СМД-14, Д-50, Д-240, Д-48, Д-65, А-41 на специализированных ремонтных предприятиях.

В зависимости от наличия дефектов валы разбивают на два маршрута: первый — перешлифовка коренных и шатунных шеек, второй — заварка шпоночных пазов, отверстий во фланце, наплавка шеек под распределительную шестерню, шкив и маховик и перешлифовка коренных и шатунных шеек.

### *Техническая характеристика*

Обслуживающий персонал, чел. . . . .	14
Производственная площадь, м <sup>2</sup> . . . . .	627
Производительность, тыс. шт. в год . . . . .	30
Установленная мощность, кВт . . . . .	190

Техническая документация разработана ЦОКТЬ ГОСНИТИ.

**Схемы технологических процессов и планировок цехов гальванопокрытий.** С учетом специфики технологических процессов восстановления деталей железнением и хромированием, условий работы и эксплуатации гальванического оборудования, рационального использования производственных площадей разработаны три типа технологических планировок гальванических цехов.

**Тип I.** Планировка, предусматривающая одну-две ванны железнения или хромирования.

**Тип II.** Планировка, при которой процессы железнения и хромирования совмещены в одну линию.

**Тип III.** Планировка, при которой участки железнения и хромирования расположены в отдельных помещениях.

Технологическая планировка типа I (рис. 5) целесообразна для ремонтных предприятий с небольшой производственной программой.

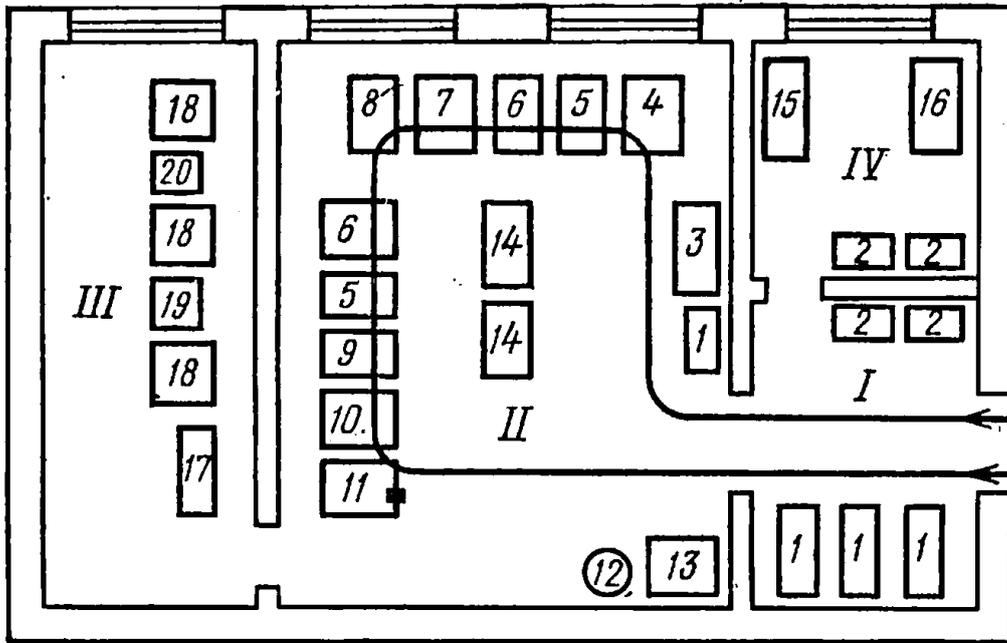


Рис. 5. Планировка помещения и схема расположения основного оборудования гальванического цеха (тип I):

I — склад для деталей; II — электролизное отделение; III — помещение для электротехнического оборудования; IV — лаборатория; 1 — шкафы; 2 — столы; 3 — стол монтажный; 4 — ванна обезжиривания; 5 — ванны горячей промывки; 6 — ванны холодной промывки; 7 — ванна анодного травления; 8 — ванна железнения; 9 — ванна нейтрализации; 10 — ванна хромирования; 11 — ванна-уловитель; 12 — дистиллятор; 13 — отстойный бак; 14 — столы для сборки и разборки подвесок; 15 — стол для анализа электролитов; 16 — стол для контроля деталей; 17 — щит силовой распределительный; 18 — выпрямители; 19 — регулятор трехфазного тока; 20 — трансформатор подогрева ванн.

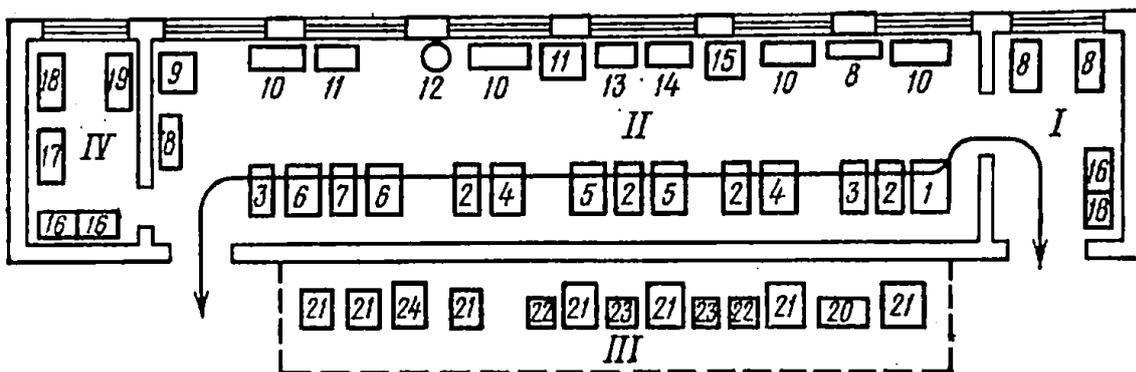


Рис. 6. Планировка помещения и схема расположения основного оборудования гальванического цеха (тип II):

I — склад для деталей; II — электролизное отделение; III — помещение для электротехнического оборудования; IV — лаборатория; 1 — ванна обезжиривания; 2 — ванны горячей промывки; 3 — ванны холодной промывки; 4 — ванны анодного травления; 5 — ванны железнения; 6 — ванны хромирования; 7 — ванна-уловитель; 8 — шкафы; 9 — электропечь; 10 — столы монтажные; 11 — ванны вспомогательные; 12 — дистиллятор; 13 — ванна нейтрализации; 14 — ванна приготовления растворов; 15 — отстойный бак; 16 — шкафы; 17 — стол конторский; 18 — стол для контроля деталей; 19 — стол для анализа электролитов; 20 — щит распределительный силовой; 21 — выпрямители; 22 — трансформаторы трехфазного тока; 23 — трансформаторы подогрева ванн; 24 — холодильный агрегат.

Гальванический участок включает в себя электролизное отделение II, помещение для электротехнического оборудования III, лабораторию IV и склад накопления I, а также располагает одной-двумя ваннами железнения и хромирования. Для ремонтных предприятий со средней годовой программой восстановления деталей целесообразно иметь гальванический цех типа II (рис. 6).

В электролизном отделении имеются ванна для приготовления растворов, вспомогательные ванны для хранения электродов, отстойный бак и дистиллятор, производительность которого должна обеспечивать потребность в дистиллированной воде при работе цеха.

Детали, поступающие в электролизное отделение цеха, обезжиривают в ванне электрохимического обезжиривания и промывают в промывочных ваннах.

Детали, подлежащие железнению, собирают на подвески и после анодного травления и промывки загружают в ванну железнения. Затем их промывают и опускают в ванну нейтрализации и после этого снова промывают и транспортируют на склад или к рабочим местам для механической обработки.

Детали, подлежащие хромированию, после обезжиривания собирают на подвески и по окончании анодного травления и промывки загружают в ванну хромирования. Хромированные детали транспортируют на склад накопления или к рабочим местам для механической обработки.

Для крупных специализированных предприятий по восстановлению деталей наиболее приемлема технологическая планировка гальванического цеха типа III с расположением участков железнения и хромирования в отдельных помещениях (рис. 7).

Технологическая планировка гальванических цехов разработана отраслевой лабораторией гальванопокрытий при Кишиневском сельскохозяйственном институте им. М. В. Фрунзе.

Для осуществления процессов электрохимического обезжиривания, анодного травления, железнения и хромирования в условиях ремонтного производства наиболее приемлемы по размерам ванны 1200×800×800 мм и 1500×900×1000 мм рабочим объемом 670 и 1200 л соответственно, а для химического обезжиривания, улавливания, нейтрализации, холодной и горячей промывки — 1000×800×800 мм рабочим объемом в 560 л.

Ванны, подключенные к источникам электропитания, устанавливают на опорных изоляторах типа ОФ-6-375 и ОФ-10-750 (ГОСТ 7272—64), а остальные — на металлических ножках. Внутри ванн обезжиривания, горячей промывки, нейтрализации и хромирования необходимо вмонтировать стальные змеевики. Через змеевик пропускают пар для подогрева растворов или холодную воду для охлаждения электролита (хромирование в холодном растворе). Ванны обезжиривания, холодной и горячей промывки снабжены переливно-сливными карманами для непрерывного удаления жировой пленки с поверхности раствора или загрязненной воды. В нижней части они снабжены штуцерами с пробковыми вентилями для полного слива раствора или воды.

Ванны анодного травления и железнения должны быть футерованы кислотостойкими материалами.

Для футеровки ванн в зависимости от условий их применения и режимов электролиза могут быть использованы следующие материалы: свинец; диабазовые метлахские (ГОСТ 6787—69) или керамические (ГОСТ 961—79) плитки; кислотоупорный кирпич; вини-

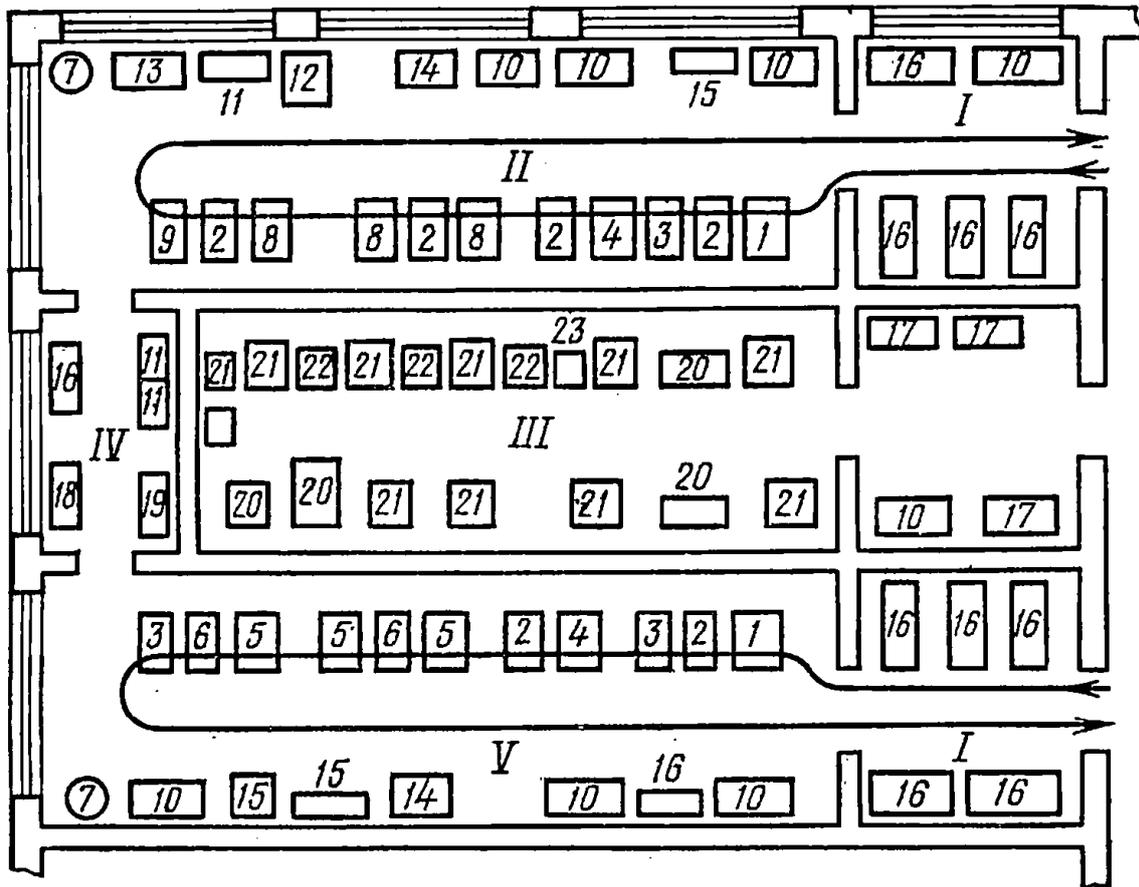


Рис. 7. Планировка помещения и схема расположения основного оборудования гальванического цеха (тип III):

I — склад для деталей; II — участок железнения; III — помещение для электрооборудования; IV — лаборатория; V — участок хромирования; 1 — ванны обезжиривания; 2 — ванны горячей промывки; 3 — ванны холодной промывки; 4 — ванны анодного травления; 5 — ванны хромирования; 6 — ванны-уловители; 7 — дистилляторы; 8 — ванны железнения; 9 — ванна нейтрализации; 10 — столы монтажные; 11 — ванны приготовления растворов; 12 — отстойный бак; 13 — электропечь; 14 — ванны вспомогательные; 15, 16 — стеллажи для подвесок и деталей; 17 — шкафы; 18 — столы для анализа электролитов; 19 — стол для контроля деталей; 20 — щиты распределительные силовые; 21 — выпрямители; 22 — регуляторы трехфазного тока; 23 — трансформаторы подогрева ванн.

пластовая пленка или тонкие листы, которые можно приклеить к металлической поверхности ванны; пластикат из перхлорвиниловой смолы.

В качестве одного из материалов для футеровки ванн может быть применен винипласт толщиной 8...12 мм. Винипласт выпускается заводами в виде: листов (ТУ МХП 3823—53) толщиной 2...20 мм; труб (ТУ МХП 4251—54) внутренним диаметром 6...150 мм; фольги (ВТУ МХП 2025—49) толщиной 0,3...1 мм; сварочной проволоки (ТУ МХП 90—48) диаметром 2...4 мм.

При организации гальванических участков применяют выпрямительные агрегаты, выполненные на основе селеновых, германиевых и кремниевых выпрямительных элементов ВАГК-18/9—320, ВАГК-12/6—630, ВАГК-12/6—1600, ВАГК-12/6—3200, ВАГК-160-12, ВАГК-3200-12.

Рабочее место для нанесения полимерных покрытий газопламенным способом. Рабочее место предназначено для выполнения работ по выравниванию неровностей на поверхностях кабин и деталей опе-

рения автомобилей, тракторов, комбайнов путем зачистки и нагревания поверхности, нанесения газопламенным способом пластмассового покрытия и его прикатывания.

Рабочее место по газопламенному нанесению пластмассы организуют на участке ремонта кабин и деталей оперения.

Техническая документация, используемая на рабочем месте: нанесение пластмассы ПФН-12 и ТПФ-37 газопламенным способом при ремонте кабин и деталей оперения сельскохозяйственной техники. РТМ 70.0001.007—73. М., ГОСНИТИ, 1973.

На рабочем месте применяют следующие материалы:

пластмасса ПФН-12 . . .	МРТУ 6-05-1129—68 . . .
пластмасса ТПФ-37 . . .	СТУ 12-10212—62 . . .

Рабочее место для восстановления деталей составами на основе эпоксидных смол. На рабочем месте выполняют следующие работы: заделывают трещины и пробоины на деталях тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин; ремонтируют неподвижные сопряжения корпусных деталей; ремонтируют и стабилизируют резьбовые соединения агрегатов; герметизируют соединения деталей и узлов сельскохозяйственных машин.

Техническая документация, используемая на рабочем месте.

1. Ремонт корпусных чугунных деталей эпоксидным составом. РТМ 70.0001.001—73. М., ГОСНИТИ, 1973.

2. Ремонт гнезд корпусных деталей под подшипники качения эпоксидным составом. РТМ 70.0001.012—73. М., ГОСНИТИ, 1973.

3. Ремонт корпусных алюминиевых деталей эпоксидным составом. РТМ 70.0001.013—73. М., ГОСНИТИ, 1973.

4. Стабилизация резьбовых соединений узлов и агрегатов эпоксидными составами. РТМ 70.0001.015—73. М., ГОСНИТИ, 1973.

На рабочем месте применяют следующие материалы:

эпоксидная смола ЭД-16 . . .	ГОСТ 10587—76
дибутилфталат . . . . .	ГОСТ 8728—77
железный порошок . . . . .	ГОСТ 9849—74
алюминиевая пудра ПАК-1 . . .	ГОСТ 5494—71
полиэтиленполиамин . . . . .	ТУ 6-02-594—70
тубы с герметиком «Эластосил-137—83» . . . . .	ТУ 6-02-1-292—77
ацетон технический . . . . .	ГОСТ 2768—79
стеклоткань . . . . .	ГОСТ 8481—75
сталь листовая кровельная $h = 0,3 \dots 0,8$ мм . . . . .	ГОСТ 17715—72

Участок ремонта деталей нанесением тонкослойных полимерных покрытий в псевдооживленном слое. Участок предназначен для восстановления деталей сельскохозяйственной техники нанесением полимерных покрытий в псевдооживленном слое с комбинированным подслоем.

Техническая документация, используемая на участке.

1. Ремонт деталей сельскохозяйственной техники методом нанесения тонкослойных покрытий составами на основе твердых эпоксидных смол в псевдооживленном слое. РТМ 70.0001.008—73, М., ГОСНИТИ, 1973.

2. Ремонт деталей сельскохозяйственной техники методом нанесения тонкослойных покрытий порошком капрона в псевдооживленном слое. РТМ 70.0001.009—73, М., ГОСНИТИ, 1973.

3. Ремонт деталей машин методом нанесения полимерных покрытий с комбинированным подслоем. РТМ 70.0001.034—75. М. ГОСНИТИ, 1975.

На участке применяют следующие материалы:

эпоксидная смола Э-49 . . . . .	МРТУ 6-10-606—66
полиамидные порошки	
ПП-АК-80/20 . . . . .	ТУ 6-05-081-138—72
П-12 (АПН) . . . . .	ТУ 6-05-211-784—71
ацетон технический . . . . .	ГОСТ 2768—79

Участок ремонта корпусных деталей и рамных конструкций комбинированным (клеесварным) способом. Участок предназначен для ремонта трещин и пробоя корпусных деталей тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин.

Техническая документация, используемая на участке.

Ремонт корпусных деталей комбинированным способом, РТМ 70.001.031—75. М.; ГОСНИТИ, 1975.

На участке применяют следующие материалы:

эпоксидная смола ЭД-16 . . . . .	ГОСТ 10587—76
дибутилфталат . . . . .	ГОСТ 8728—77
железный порошок . . . . .	ГОСТ 9849—74
алюминиевая пудра ПАК-1	ГОСТ 5494—71
полиэтиленполиамин . . . . .	ТУ 6-02-594—70
тубы с герметиком «эластосил-137-83» . . . . .	ТУ 6-02-1-292—77
ацетон технический . . . . .	ГОСТ 2768—79
стеклоткань . . . . .	ГОСТ 8481—75
сталь листовая кровельная $h=0,3...0,8$ мм . . . . .	ГОСТ 17715—72
электрод марки ЦЧ-3А, $\varnothing 4$ мм . . . . .	ГОСТ 9466—60

Рабочие места и участки восстановления деталей полимерными материалами разработаны ГОСНИТИ.

## Часть II.

# ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

### Глава 1

## ВИДЫ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ И СПОСОБЫ ИХ УДАЛЕНИЯ

Загрязнения деталей исходя из физико-механических свойств можно условно подразделить на семь групп: дорожно-почвенные загрязнения; остатки топливосмазочных материалов и застаревшая смазка; асфальтосмолистые отложения; нагар; накипь; продукты коррозии; старые лакокрасочные покрытия.

Дорожно-почвенные загрязнения характеризуются небольшой адгезионной прочностью. Высоконапорные струи давлением 9800...14 700 кПа практически очищают наружные загрязнения холодной водой без применения моющих средств.

Остатки топливосмазочных материалов и застаревшая смазка не вызывают затруднений при очистке с небольшой добавкой в воду моющих средств; остатки масла легко удаляются струями гидромониторных установок.

При ограниченном объеме очищаемых деталей, например в мастерских колхозов и совхозов, для удаления остатков масла рекомендуется использовать пароводоструйные установки ОМ-3360-КГКБ-ГОСНИТИ и ОМ-5285-КГКБ-ГОСНИТИ.

Асфальтосмолистые отложения относят к трудноудаляемым загрязнениям. Отложения на деталях двигателей всегда содержат большое количество твердых минеральных и углеродистых частиц, которые в сочетании со смолами создают плотные трудноудаляемые осадки. Отложения на деталях трансмиссий из-за меньшего содержания твердых частиц и большей стабильности трансмиссионных масел менее прочны и легче удаляются.

Очистка деталей от асфальтосмолистых отложений требует применения очищающих средств повышенной физико-химической активности: специальных синтетических моющих средств с высоким содержанием поверхностно-активных веществ или растворяюще-эмульгирующих препаратов на основе органических растворителей.

Для деталей двигателей с асфальтосмолистыми отложениями наиболее перспективна очистка погружением в растворяюще-эмульгирующие средства на основе органических растворителей. Хлори-

Т а б л и ц а 7. Способы удаления загрязнений

Обозначения:

- +++ — перспективный способ;  
 ++ — применение эффективно;  
 + — применение малоэффективно.

Способы очистки поверхностей	Дорожно-почвенные загрязнители	Остатки топливосмазочных материалов и застаревшая смазка	Асфальтосмолистые отложения	Нагар	Накипь	Продукты коррозии	Старые лакокрасочные покрытия
<i>Механический</i>							
Ручной с механизированным инструментом	—	—	+++ <sup>1</sup>	+	+	+	+
Механизированный (аппараты пескоструйного типа, галтовка, виброабразивный и т. д.)	—	—	—	+++ <sup>2</sup>	+++ <sup>2</sup>	+++ <sup>2</sup>	—
<i>Струйный</i>							
При давлении до 0,5 МПа	+	+++ <sup>5</sup>	++	—	—	—	—
0,6...1,5 МПа	++	+++ <sup>5</sup>	+	—	—	—	—
2...20 МПа	+++	+++ <sup>5</sup>	+++ <sup>6</sup>	—	—	—	—
<i>Погружение в ванну</i>							
1. Без турбулизации моющей среды:							
синтетические моющие средства	—	++	+	—	—	—	++
кислотный раствор	—	—	—	—	++	++	—
растворяюще-эмульгирующие средства	—	—	++	+	—	—	—
2. С турбулизацией моющей жидкости:							
синтетические моющие средства	+	++	+++ <sup>4</sup>	—	—	—	++
кислотный раствор	—	—	—	—	++	+++	—
растворяюще-эмульгирующие средства	—	—	+++ <sup>4</sup>	—	—	—	—
3. В расплавах солей	—	—	—	+++	+++	+	+

<sup>1</sup> Ручная доочистка деталей двигателя от асфальтосмолистых загрязнений в труднодоступных местах.

<sup>2</sup> Рекомендуется для очистки отдельных деталей несложной формы на поточно-механизированных линиях и участках восстановления.

<sup>3</sup> Подготовка поверхности при местной подкраске.

<sup>4</sup> Для легких асфальтосмолистых отложений трансмиссий рекомендуется обработка синтетическими моющими средствами, для тяжелых асфальтосмолистых отложений двигателя — растворяюще-эмульгирующими средствами.

<sup>5</sup> Низкое давление (0,5 МПа) рекомендуется для машинной мойки, высокое (более 20 МПа) — для ручной мониторной мойки.

<sup>6</sup> Для удаления асфальтосмолистых отложений в условиях пунктов и станций технического обслуживания рекомендуется мониторная мойка струями высокого давления.

рованные углеводороды ускоряют процесс очистки в 2...5 раз по сравнению с синтетическими моющими средствами.

Для удаления остатков размягченных асфальтосмолистых отложений и органических растворителей детали после обработки погружением необходимо ополаскивать водой с добавкой синтетических моющих средств.

Детали трансмиссий с асфальтосмолистыми отложениями хорошо очищаются синтетическими моющими средствами в ваннах с турбулизацией жидкости.

Нагар наиболее эффективно удаляется термохимическим способом в расплаве солей. Рекомендуемая температура обработки деталей в расплаве 380...420° С. Применяют в сочетании с кислотной обработкой, снимающей продукты коррозии, и пассивацией.

При малом объеме ремонта двигателей удалять нагар экономичнее косточковой крошкой.

Продукты коррозии. На линиях и участках восстановления деталей может быть эффективно применена виброабразивная обработка, например при очистке гильз от накипи.

Старые лакокрасочные покрытия удаляют в погружных ваннах с применением концентрированных растворов каустической соды при температуре 90...100° С. Для работ небольшого объема целесообразно применять гидropескоструйную очистку или удалять краску металлическими щетками и скребками.

Характеристика различных способов удаления загрязнений перечисленных видов приведена в таблице 7.

## Моющие и очищающие средства

Для струйных моечных машин химические предприятия поставляют синтетические моющие средства МС-6, МС-8, Лабомид-101, Лабомид-102.

Для очистки погружением от асфальтосмолистых отложений выпускают синтетические моющие средства Лабомид-203 и МЛ-52. Для обработки погружением может быть использовано также синтетическое моющее средство МС-8. Их моющая способность достаточна для удаления легких асфальтосмолистых отложений. При комбинации ванной обработки со струйным ополаскиванием этими средствами полностью очищают детали трансмиссии.

Растворяюще-эмульгирующее средство АМ-15 в сочетании с ополаскиванием синтетическими моющими средствами за 30...40 мин удаляет прочные асфальтосмолистые отложения с детали.

Растворяюще-эмульгирующее средство Лабомид-315 позволит в 2...3 раза повысить производительность оборудования при очистке детали погружением.

В процессе эксплуатации под влиянием реакций с загрязнениями, металлом и воздухом моющая способность растворов снижается. Установить причину «старения» моющего раствора в производственных условиях можно путем измерения их плотности или щелочности. Плотность раствора замеряют ареометром (ГОСТ 1300—57), после чего по таблице 8 определяют его концентрацию.

Концентрацию загрязненных моющих растворов можно определить и по их щелочности методом титрования соляной кислотой с индикаторами фенолфталеином и метилоранжем (табл. 9).

**Т а б л и ц а 8. Плотность растворов моющих средств**

Плотность растворов моющих средств, г/см <sup>3</sup>			Концентрация раствора, г/л
МЛ-51 и Лабомид-101	МЛ-52 и Лабомид-203	Едкий натр	
1,006	1,005	1,005	5
1,011	1,009	1,010	10
1,021	1,017	1,022	20
1,027	1,025	1,032	30

**Т а б л и ц а 9. Щелочность растворов моющих средств**

Щелочность			Концентрация раствора, г/л
МЛ-51, МЛ-52, Лабомид-101 и Лабомид-203			
карбонатная	бикарбонатная	общая	
0,2	0,04	0,5	5
0,4	0,10	1,0	10
0,8	0,30	1,8	20
1,2	0,40	2,6	30

Определив по плотности или по щелочности концентрацию раствора и разность между ней и значением, рекомендуемым инструкцией по применению моющего средства, а также, зная объем раствора в баках-отстойниках или ваннах, можно рассчитать количество препарата, необходимое для корректировки раствора.

Срок службы растворов моющих средств типа МЛ-51, Лабомид-101 и МС-8 в струйных моечных машинах составляет 2...4 недели. В погружных установках растворы МЛ-52, Лабомид-203, МС-8 можно использовать в течение 4...20 недель.

В таблице 10 приведены характеристики моющих средств, рекомендуемые для использования на ремонтных предприятиях.

### **Очистка деталей в расплаве солей**

Очистку в расплаве солей применяют в ремонтном производстве для удаления нагара и накипи с деталей двигателей. Одновременно с деталями удаляют ржавчину и пассивируют их поверхности.

Процесс очистки осуществляется в четырех ваннах. В первой ванне с расплавом едкого натра, азотнокислого и хлористого натрия происходит химико-термическое разрушение нагара и накипи. После 5...15 мин обработки в расплаве детали переносят в ванну с проточной водой. Бурное парообразование способствует быстрому растворению остатков солей и щелочи. Пар также разрушает разрыхленные слои ржавчины. Время промывки 5...6 мин. В третьей ванне проводится кислотная обработка деталей. Здесь полностью раство-

Таблица 10. Моющие и очищающие средства

Наименование, ТУ, разработчик	Назначение	Рабочая концентрация, г/л	Рабочая температура, °С	Технологическая характеристика	Моющая способность	
					в баллах (по методике ГОСНИТИ)	количество удаляемых асфальтовых пятен, %
МЛ-51, ТУ 84-288—71, ИОАН—ГОСНИТИ	Струйная мойка машин Струйная мойка агрегатов и деталей шасси	10...15 15...20	65...80 70...80	Удаляет масляно-грязевые отложения Пенообразование низкое	4	—
Лабомид-101, ТУ 38-10378—73, Лабомид-102 ТУ 6-18-152—73	Струйная мойка машин Струйная мойка агрегатов и деталей шасси Струйная мойка деталей двигателей	10...15 15...20 25...30	65...80 70...80 80...85	Удаляет масляно-грязевые отложения Пенообразование умеренное	4,5	—
МС-6, ТУ 46-806—72, МИИСП	Струйная очистка деталей трансмиссии и ходовой части машин	15...20	70...80	Удаляет масляно-грязевые отложения. Пенообразование обильное Для снижения пенообразования необходима добавка пеногасителя или специальный режим растворения	5,5	—

МС-8, ТУ 426-806—72, МИИСП	Погружная очистка деталей	20...30	80...100	Удаляет легкие асфальтосмолистые отложения в установках с возбуждением жидкости	—	75
	Струйная очистка деталей двигателей	15...20	70...80	Удаляет масляно-грязевые отложения	6,5	—
	Погружная очистка деталей	20...30	80...100	Удаляет легкие асфальтосмолистые отложения в установках с возбуждением жидкости	—	82
МЛ-52, ТУ 84-228—71, ИОАН—ГОСНИТИ	Погружная очистка деталей	20...30	80...100	Удаляет легкие асфальтосмолистые отложения в установках с возбуждением жидкости	—	84
Лабомид-203, ТУ 38-10738—73, ГОСНИТИ (удостоен государственного Знака качества)	Погружная очистка деталей	20...30	80...100	Удаляет легкие асфальтосмолистые отложения в установках с возбуждением жидкости	—	73
АМ-15, МРТУ 18/293—63, ВНИИЖ—ГОСНИТИ	Погружная очистка деталей двигателей	20...40	20...40	Очищает детали от прочных асфальтосмолистых и масляных загрязнений при умеренных температурах	—	73

Наименование, ТУ, разработчик	Назначение	Рабочая концентрация, г/л	Рабочая температура, °С	Технологическая характеристика	Моющая способность	
					в багках (по методике ГОСНИТИ)	количество удаляемых асфальтовых пятен, % жидкий
Лабомид-315, ТУ 6-15-01-90—75, ГОСНИТИ — ВНИИХИМ-Проект	Погружная очистка деталей двигателей	500...1000	15...20	Очищает детали от прочных асфальтосмолистых, масляных и углеродистых загрязнений без подогрева и механического воздействия Не горюч, не взрывоопасен Восстанавливает пропускную способность фильтрующих элементов. Легко регенерируется	—	98
«Комплекс» ТУ 38-40730—73, ВНИИПАВ — ГОСНИТИ	Пароструйная и струйная очистка наземной опрыскивающей аппаратуры, летательных аппаратов и их деталей от ядохимикатов и других загрязнений	10...15	80...95	Очищает аппаратуру от остатков пестицидов, включает компоненты для нейтрализации ядохимикатов	5	—

ряются окислы, осветляется поверхность и нейтрализуются остатки щелочи. Кислотную обработку деталей из чугуна и стали осуществляют в 50%-ном растворе ингибированной соляной кислоты. Продолжительность травления 5...6 мин при температуре раствора 50...60° С. Окончательно детали промывают в четвертой ванне с раствором тринатрийфосфата (1,5...2 г/л) и кальцинированной соды (3...5 г/л).

Если в установке необходимо одновременно очищать детали из черных металлов и алюминиевых сплавов, травление в третьей ванне проводят раствором фосфорной кислоты (85 г/л) с добавкой хромового ангидрида (125 г/л) при 85...95° С.

В этом случае окончательно промывают детали горячей водой. В расплаве солей детали очищают на установках ОМ-4944 и ОМ-5458.

## **Механическая очистка деталей**

Для доочистки деталей от асфальтосмолистых отложений используют щетки и ерши из фибры, корда или синтетических материалов (капрона, нейлона и т. д.).

Механизированный инструмент имеет электро- и пневмопривод.

Металлические щетки из стальной проволоки толщиной 0,1...1 мм используют при очистке от ржавчины и старых лакокрасочных покрытий небольших участков поверхности.

Механические устройства с металлическими щетками можно также применять для очистки отдельных деталей от накипи или нагара (гильз цилиндров, клапанов).

Для механической очистки предназначены электрические ручные машинки с гибким валом ИЭ-8201А, с металлическими шарошками и щетками, электрические шлифовальные машины ИЭ-2102А, ИЭ-2103А, а также пневматический механизированный инструмент ШР-06А, ШР-12, ИП-2001, ИП-2009А и др.

Для очистки наиболее удобны угловые щетки, так как их можно использовать при работе в любом положении и на различных поверхностях.

Прочно сцепленные загрязнения (коррозию, остатки нагара и накипи) удаляют иглофрезами или пневматическими молотками МР-5; ОМ-6, ОМ-1 или пучковым молотком.

Косточковой крошкой детали очищают в установках нагнетательного типа. Аппараты, приспособленные для работы с косточковой крошкой (например, установка ОМ-3181-ГОСНИТИ), отличаются от обычных пескоструек незначительными конструктивными особенностями.

Косточковая крошка, вылетая из сопла со скоростью 30...50 м/с, легко разрушает твердые загрязнения (нагар, накипь, ржавчину), не повреждая при этом поверхность деталей, даже алюминиевую. Перед обработкой косточковой крошкой масляные и асфальтосмолистые загрязнения должны быть удалены.

Очистке косточковой крошкой поддаются лишь поверхности, которые попадают в зону прямого действия струи. Внутренние полости, карманы и углубления сложной формы остаются неочищенными.

Пескоструйные аппараты и гидropескоструйные установки нельзя широко рекомендовать при восстановлении деталей ответственных механизмов, так как отдельные кварцевые частицы, остающиеся

ся на деталях, могут вызвать абразивное разрушение поверхности после ремонта.

Гидропескоструйные установки можно применять для очистки деталей погрузчиков минеральных удобрений, звеньев гусениц и др.

Виброабразивные установки могут быть использованы для очистки от накипи (например, гильз цилиндров) и нагара (например, клапанов) на линиях восстановления деталей. Для этого контейнер заполняют на  $\frac{1}{3}$  моющей жидкостью типа Лабомид или МС.

## Глава 2

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ НАНЕСЕНИЕМ МЕТАЛЛИЗАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Сущность процесса заключается в плавлении исходного материала и переносе его на восстанавливаемую поверхность струей воздуха, плазмы или пламенем некоторых газов и их смесей.

Металлизационные аппараты по способу получения тепловой энергии для нагрева распыляемого материала подразделяют на электродуговые, газовые и плазменные.

#### Электродуговая металлизация

Принцип действия электродуговой металлизации заключается в расплавлении исходного материала (проволоки) и напылении его сжатым воздухом на поверхность детали. Струя сжатого воздуха вытягивает дугу и тем самым препятствует привариванию про-

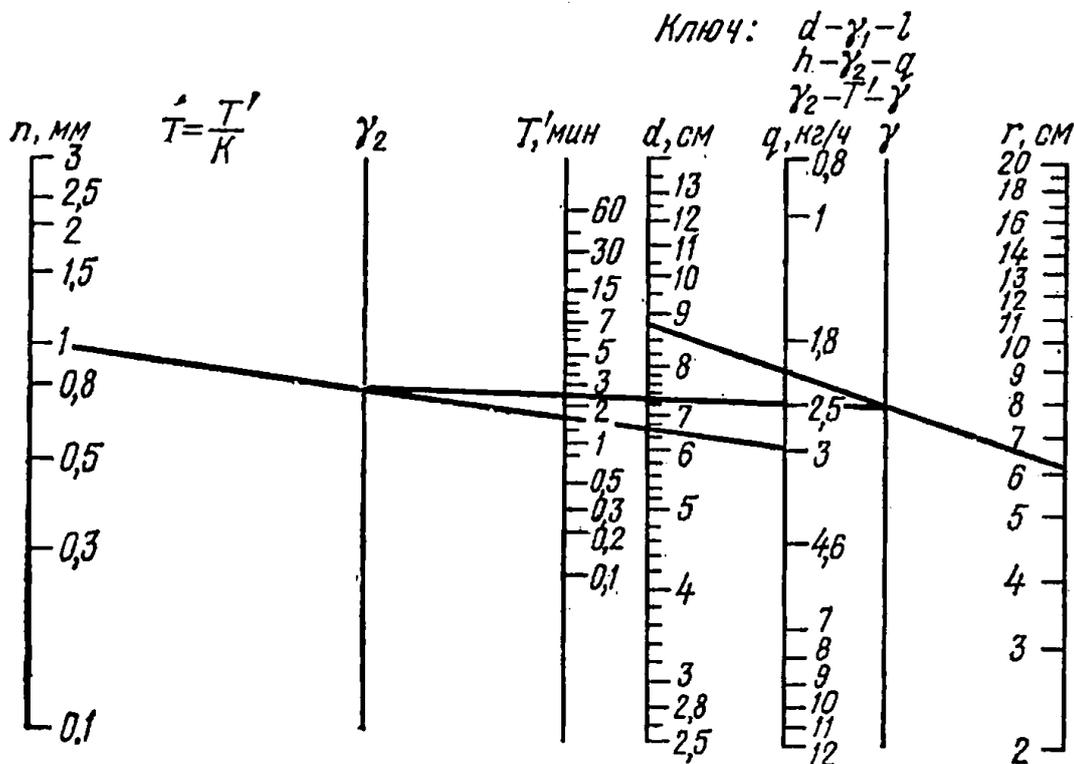


Рис. 8. Номограмма расчета основного времени металлизации деталей.

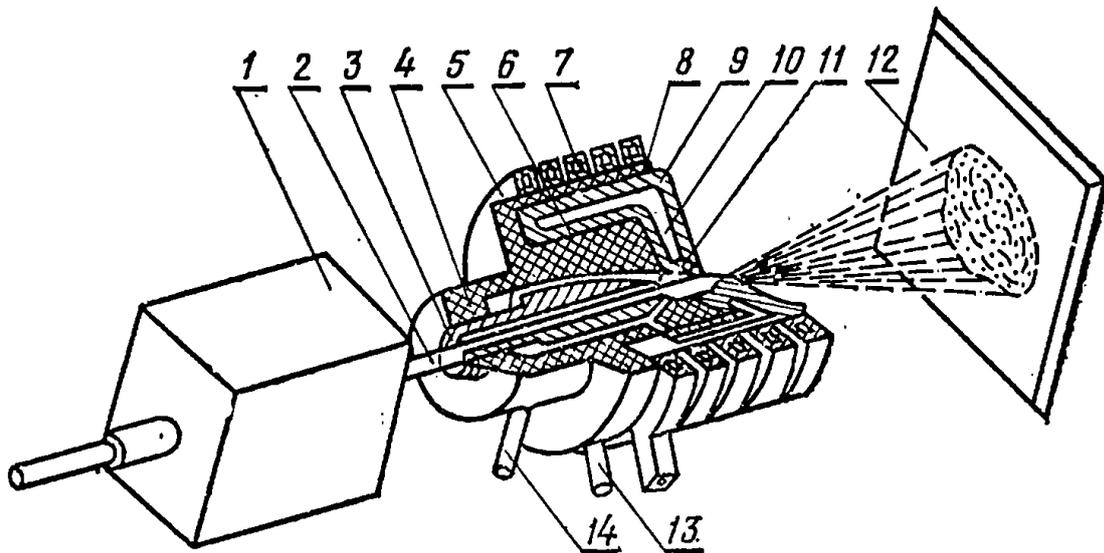


Рис. 9. Схема высокочастотной металлизации:

1 — подающий механизм; 2 — проволока; 3 — направляющий конус; 4 — камера; 5 — шайба; 6 — конус-вкладыш; 7 — индуктор; 8 — изолятор; 9 — вкладыш концентратора; 10 — камера для охлаждения вкладыша; 11 — гребень концентратора; 12 — экран; 13 — трубка для подачи воды во вкладыш; 14 — трубка для подачи воздуха.

лок между собой. Расплавленный металл в зоне дуги отрывается и распыляется этим же сжатым воздухом. Размер частиц расплавленного металла колеблется в пределах 10...50 мкм. Скорость полета частиц металла под действием сжатого воздуха на расстоянии 30 мм от сопла составляет 60...250 м/с.

Металлизационные покрытия можно наносить слоем от 20 мкм до 12 мм и более.

Металлизационный слой неустойчив к ударным, механическим, колебательным нагрузкам и к скручиванию.

На рисунке 8 приведена номограмма для определения основного времени металлизации деталей. Для этой цели полученное по номограмме время металлизации  $T'$  мин необходимо разделить на  $K$  — коэффициент полезного использования проволоки, который для практических целей равен 0,7...0,8. Для электрометаллизации применяют аппараты марок ЭМ-3А, ЭМ-9, ЭМ-6, ЭМ-10, ЭМ-12—67.

### Газопламенная металлизация

Сущность процесса газопламенной металлизации заключается в распылении металлической проволоки или порошковых материалов ацетиленоокислородным пламенем или пламенем других горючих газов в смеси с кислородом.

Для газовой металлизации применяют аппараты марок ГИМ-1М, ГИМ-2М, МГИ-1-57, МГИ-2-65.

### Металлизация при помощи токов высокой частоты

Плавнение проволоки при высокочастотной металлизации осуществляется благодаря нагреву металла токами высокой частоты (т. в. ч.). Распылительные головки высокочастотных аппаратов, в

которых плавится проволока, работают по принципу концентратора вихревых т. в. ч. или конического нагревательного индуктора. По первому принципу устроены аппараты МВЧ-1 и МВЧ-2, по второму — МВЧ-3.

Схема высокочастотной металлизации приведена на рисунке 9.

## Плазменная металлизация

В специальных устройствах, называемых плазмотронами, плазмообразующий газ, протекая сквозь столб электрического разряда, ионизируется и превращается в плазму. Рабочая температура струи достигает  $7000...15\ 000^{\circ}\text{C}$ .

Исходным материалом для нанесения покрытия служат проволока или гранулированные порошковые материалы. Плазмообразующим газом для распыления проволоки обычно является аргон, при распылении порошка, кроме аргона, применяют азот, водород, гелий.

Для плазменного напыления разработаны установки УПУ-3М, УМП-4-64, УМП-5-68.

Схема комбинированной плазменной наплавки проволокой с газопорошковой защитной средой приведена на рисунке 10.

Суть этого способа плазменной наплавки заключается в применении газопорошкового потока для защиты сварочной ванны. Используемый для газопорошковой защиты порошок одновременно является присадочным материалом.

Для получения качественного покрытия при комбинированной наплавке проволок марок Нп-30ХГСА, Св-08Г2С, Нп-65Г можно использовать следующие газопорошковые смеси:

- 1) аргон + твердый сплав на железной основе (сормайт, УС-25, ФБХ-6-2) + 1,5...2% порошкового алюминия АСДТ;
- 2) аргон + твердый сплав на никелевой основе (ПГ-ХН80СР2, 3, 4);
- 3) азот + твердый сплав (сормайт, УС-25, ФБХ-6-2) + 6...8% порошкового алюминия;
- 4) углекислый газ + твердый сплав (сормайт, УС-25, ФБХ-6-2) + 2...2,5% ферросилиция марки С-90.

Наибольший эффект использования тепла плазменной струи получается при комбинировании плазменной наплавки и косвенной дуги. При этом способе наплавки ток подается на проволоку, а

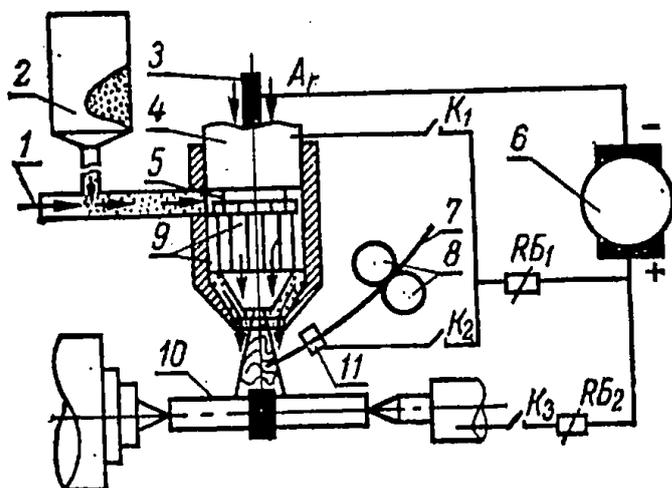
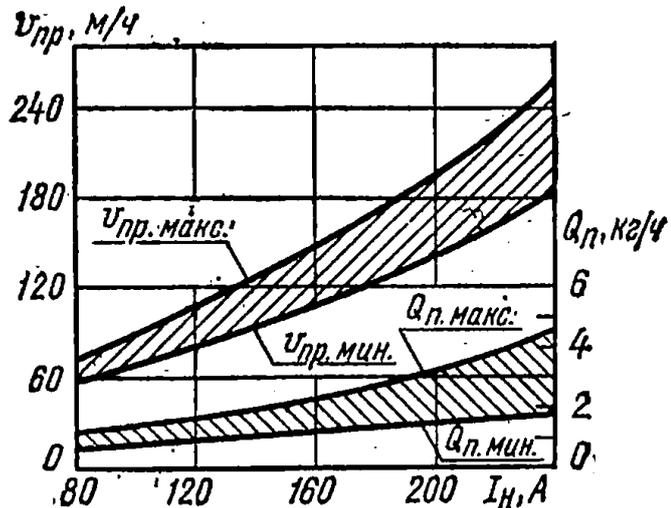


Рис. 10. Схема способа комбинированной плазменной наплавки:

1 — место подвода защитного газа; 2 — порошковый дозатор; 3 — вольфрамовый электрод; 4 — водоохлаждаемое сопло-анод; 5 — выточка; 6 — источник тока; 7 — присадочная проволока; 8 — подающий механизм; 9 — направляющие пазы; 10 — восстанавливаемая деталь; 11 — токоподводящий мундштук; РБ<sub>1</sub>, РБ<sub>2</sub> — балластные реостаты, К<sub>1</sub>, К<sub>2</sub>, К<sub>3</sub> — контакторы; А<sub>г</sub> — место подвода плазмообразующего газа.

Рис. 11. Зависимость скорости подачи проволоки  $v_{пр}$  и расхода поверхностно-активного порошка  $Q_{п}$  от тока наплавки  $I_{н}$ . Диаметр проволоки 2 мм. Марка проволоки Св-08Г2С. Нп-30ХГСА; порошок ПГ-ХН80СРЗ.



смачивание основного металла обеспечивает порошковый хромоникелевый сплав ПГ-ХН80СРЗ. Порошок плавится теплом независимой плазменной дуги, образуемой между катодом и присадочной проволокой. На рисунке 11 представлен диапазон расхода поверхностно-активного порошка и присадочной проволоки в зависимости от тока наплавки.

Данный способ позволяет получать коэффициент наплавки до 38 г/А·ч.

Наиболее приемлемым способом повышения прочности сцепления является диффузионное оплавление покрытия при температуре, близкой к точке плавления нанесенного материала. Формула подсчета продолжительности нагрева (мин) при оплавлении деталей тел вращения имеет следующий вид:

$$t = 2,9 \cdot 10^{-4} D^2 VA^3, \quad (32)$$

где  $D$  — диаметр изделия, мм;

$V$  — длина изделия, мм;

$A$  — расстояние от среза сопла до поверхности изделия, мм.

Продолжительность самого напыления вычисляют по формуле

$$T_0 = \frac{60G}{Pr \eta}, \quad (33)$$

где  $G$  — количество напыляемого порошка, определяемое расчетным путем;

$Pr$  — производительность установки;

$\eta$  — коэффициент потерь, равный 0,6...0,8.

Прочность сцепления с основным металлом без последующего оплавления 3,5...4,5 кН/м<sup>2</sup>, а с оплавлением 37...44 кН/м<sup>2</sup>.

Для плазменного напыления с последующим оплавлением наиболее пригодны так называемые самофлюсующиеся порошковые материалы никельхромборкремниевой группы: Ni—Cr—B—Si—C в виде гранулированных порошков.

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ НАПЛАВКОЙ

Наплавка дает возможность: получать на рабочих поверхностях деталей слои практически любых толщин и химического состава; получать наплавленный слой с разнообразными свойствами: высокой твердостью и износостойкостью, а также слои антифрикционные, кислотостойкие, жаропрочные и т. д.

На ремонтных предприятиях применяют различные способы наплавки. Каждый вид наплавки имеет свои особенности, область применения, обеспечивающие эффективность технологического процесса восстановления деталей.

## Ручная наплавка

Сущность ручной наплавки заключается в том, что теплом сварочной дуги плавится основной металл (металл наплавляемой детали) и присадочный материал (электродный стержень с покрытием), затем происходит кристаллизация расплавленного металла.

При ручной дуговой наплавке плавящимся электродом режим наплавки зависит от толщины металла, подлежащего наплавке, размеров изделия, требований к качеству и внешнему виду и др. (табл. 11).

Таблица 11. Зависимость диаметра применяемого электрода от толщины восстанавливаемой детали

Толщина стали, мм	Диаметр электрода, мм
1...2	2...3
3...5	3...4
4...10	4...5
12...24	6...7
30...60	6...7

Для наплавки обычно применяют ток следующей величины:

диаметр электрода	3 мм	сила тока	80...110 А
»	» 4 мм	» »	100...160 А
»	» 5 мм	» »	140...220 А
»	» 6 мм	» »	180...300 А

Ручная наплавка может быть выполнена: угольными электродами, газовым пламенем, с применением литых прутков или с вдуванием порошков, в среде защитных газов (неплавящимся электродом в среде аргона, плазменной дугой) и электродами с особыми свойствами. Схема ручной наплавки угольными электродами показана на рисунке 12.

Рис. 12. Схема наплавки порошкообразных смесей угольной дугой:

1 — слой порошка твердого сплава толщиной 3...5 мм; 2 — слой прокаленной буры толщиной 0,2...0,3 мм; 3 — угольный электрод; 4 — слой наплавленного металла; 5 — направляемая деталь; А — общее направление наплавки; В — направление колебательных движений электрода.

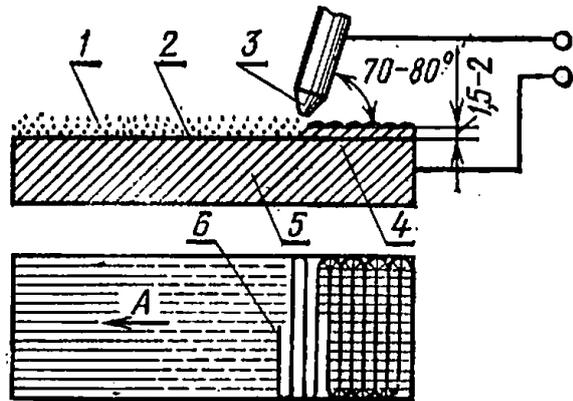


Таблица 12. Примерные режимы наплавки порошкообразных смесей угольными и графитовыми электродами (постоянный ток, прямая полярность)

Электрод	Диаметр электрода, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение дуги, В
Угольный	10	160...200	24...26
	12	200...300	24...26
	14	300...350	25...28
	16	350...400	25...28
	20	400...500	26...30
Графитовый	6	120...160	26
	8	200...250	25
	10	250...300	26

Наплавку ведут на постоянном или переменном токе. Примерные режимы наплавки приведены в таблице 12, а аргоно-дуговой сварки и наплавки — в таблице 13.

Таблица 13. Режимы ручной аргоно-дуговой сварки и наплавки

Диаметр присадочной проволоки, мм	Род тока	Сила сварочного тока, А	Скорость, м/ч	Расход аргона, л/мин
1,6	Переменный	35...75	9...20	3...4
1,6...2		45...85	9...20	4
1,6	Постоянный прямой полярности	30...60	7...17	3...4
1,6...2		40...75	5,5...12	4
1,6	Переменный	40...60	6...8	3...4
1,6		40...60	4...5,5	4

## Наплавка под слоем флюса

Сущность наплавки заключается в том, что между деталью и оголенным металлическим электродом, к которому подводится ток от источника питания, возникает электрическая дуга. Ток может быть переменным и постоянным.

В зону дуги подают флюс. Слой флюса толщиной 50..60 мм закрывает дугу и плавится под воздействием ее тепла (рис. 13). Вокруг зоны наплавки образуется своеобразный защитный слой, который предохраняет расплавленный металл от воздействия окружающей среды: окисления, разбрызгивания, угара и образования пор.

Металл переносится с проволоки через дуговой промежуток в жидкую ванну в виде капель и перемешивается с расплавленным основным металлом.

Состав и структура шва зависит от марки и диаметра электродной проволоки, марки основного металла и состава флюса.

После наплавки слой флюса с детали следует убрать.

## Механизированная наплавка

Главные особенности механизированных способов наплавки: непрерывность процесса, которую достигают использованием электродной проволоки или ленты в виде больших мотков; подвод тока к электроду на минимальном расстоянии от дуги, что позволяет применять токи большой силы без перегрева электрода; использование специальных устройств для подачи электродного материала в зону действия источника тепла и механизмов для передвижения источников тепла или наплавляемого изделия применение специальных устройств для закрепления и вращения наплавляемых деталей.

Для механизированной наплавки под слоем флюса применяют установки для сварки под флюсом: подвесные и самоходные сварочные головки (А-384, А-409, А-580, АВС), сварочные тракторы (УТ-1250-3, Т-26, ТС-17МУ, АДС-1000, АДС-500), полуавтоматы (ПШ-5-1, ПШ-54, ПДШМ-500).

Режимы наплавки цилиндрических поверхностей деталей диаметром от 40 до 100 мм (однопроходной процесс) электродной проволокой  $\varnothing$  2 мм приведены в таблице 14.

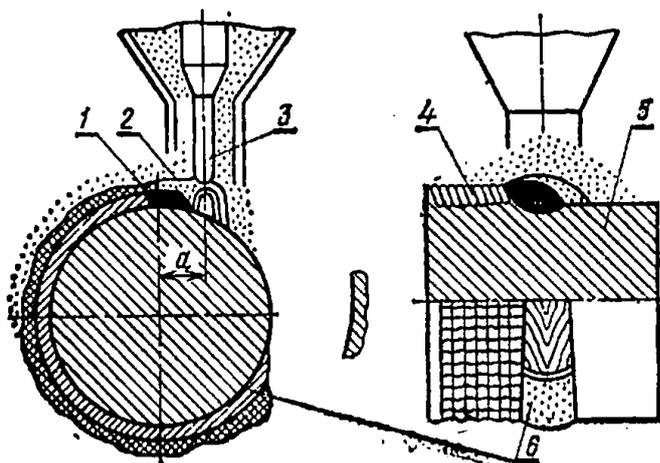


Рис. 13. Схема процесса наплавки под слоем флюса:

1 — жидкий металл; 2 — шлаковая ванна; 3 — электрод; 4 — наплавленный слой; 5 — изделие; 6 — шлаковая корка; а — смещение электрода с зенита.

Т а б л и ц а 14. Режимы наплавки цилиндрических поверхностей деталей

Вариант режима	Диаметр наплавляемой детали, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Режимы наплавки				
			сила тока, А	напряжение дуги, В	скорость подачи проволоки, м/ч	скорость наплавки, м/ч	смещение электрода, мм
1	40...50	1,2...1,6	110...130	25...28	70...100	14...18	4...5
2	70	1,6...2	170...180	26...28	70...120	20...24	5...6
3	80...90	2	170...200	26...29	120...150	20...24	6...7
4	100	2	170...200	26...29	120...150	20...24	7...8

### Наплавка порошковыми проволоками

Сущность способа заключается в том, что в качестве электродного материала применяют специальную порошковую проволоку, в состав которой наряду с легирующими элементами введены защитные газо- и шлакообразующие вещества в количестве 10...12% от массы проволоки.

Широкую проверку прошли два типа порошковой проволоки: для наплавки под слоем флюса и открытой дугой без дополнительной защиты.

Для наплавки порошковой проволокой в качестве оборудования применяют те же автоматы и полуавтоматы, что и для сварки и наплавки сплошными электродными проволоками под слоем флюса: А-384МК, А-580М, А-874Н, А-765, А-1197.

В качестве источников тока используют сварочные преобразователи ПСГ-500, ПСУ-500, выпрямители ВС-600, ВДГ-502, ВС-300, ВДГ-301, источники тока с жесткой внешней характеристикой.

Полуавтоматы А-537, ПШ-5, ПШ-54 и другие для сварки деталей порошковой проволокой дополнительно укомплектовывают специальным шлангом и держателем марки А-725.

В таблице 15 приведены режимы наплавки порошковой проволокой. Наплавочные порошковые проволоки рекомендуется применять прежде всего для восстановления деталей с большими величинами износа.

### Наплавка в среде защитных газов

Сущность способа заключается в том, что защитный газ непрерывно подается в зону дуги, горящей между наплавляемой деталью и плавящимся или неплавящимся электродом.

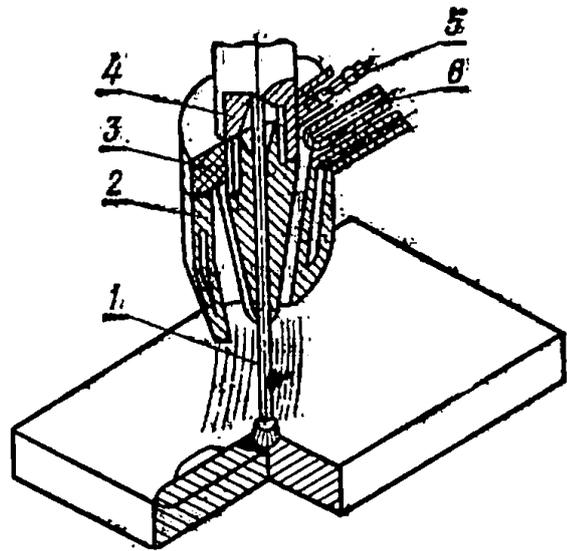
В ремонтном производстве применяют полуавтоматическую наплавку в среде углекислого газа плавящимся электродом на постоянном токе при обратной полярности; а также способ автоматической электродуговой наплавки в среде защитного газа с направ-

Таблица 15. Режимы наплавки в зависимости от типа порошковой проволоки и диаметра восстанавливаемой поверхности детали

Марка и диаметр электродной проволоки, мм	Диаметр детали, мм	Параметры режима наплавки				Твердость, НВ	
		$I_{св}, А$	$U_{д}, В$	$v_{д}, м/ч$	$S, мм/об$	наплавленного металла	после поверхностной пластической деформации
ПП-АН124 (ПП-У25Х17Т-0) Ø 3	50...65	200...230	22...24	35...40	4...4,5	415...420	560...580
	60...75	240...250	24...26	30...35	4,5...5,6		
	70...85	260...280	26...28	25...30	5,5...6		
ПП-3Х5Г2М-0 Ø 2,2	45...55	160...180	22...24	40...45	3...3,5	480...500	590...610
	50...65	160...180	22...24	35...40	4...5		
	60...75	200...220	24...26	25...30	5...6		
ПП-АН108 (ПП-1Х14Т-0) Ø 2	45...55	160...180	22...24	25...35	2,5...3	500...520	570...590
	50...65	160...180	22...24	20...25	3,5...4		
	60...75	200...220	24...26	15...20	4,5...5		
ПП-3Х13-0 Ø 2	45...55	150...170	22...24	35...45	3...3,5	535...555	648...668
	50...65	160...200	22...24	30...40	4...5		
	60...75	200...220	24...26	25...30	5,5...6		
ПП-ТН250-0 Ø 3	35...45	180...200	22...24	55...65	4...4,5	258...278	320...340
	40...55	200...230	23...25	55...65	4...4,5		
	50...65	240...260	23...25	50...60	4,5...5,5		
ПП-25Х5ФМС-0 Ø 2,25	60...75	250...270	23...25	40...50	5,5...6	570...590	620...640
	45...55	160...180	22...24	35...40	4,5...5		
	50...65	200...220	22...24	30...40	5		
	60...75	240...270	24...26	25...35	5		

Рис. 14. Схема наплавки в среде защитных газов с направленным охлаждением:

1 — сварочная проволока; 2 — корпус горелки; 3 — изоляционная шайба; 4 — мундштук; 5 — крепежный винт; 6 — трубка подвода охлаждающей воды.



ленным охлаждением. Это обеспечивает получение наплавленного металла высокого качества, (без пор, раковин и трещин). Охлаждающая жидкость подводится на строго определенное расстояние от зоны горения дуги. Она закаливает нанесенный слой и позволяет регулировать его твердость в широких пределах  $HRC\ 20..50$  (рис. 14).

Рекомендуемые режимы для однослойной наплавки (с учетом износа большинства восстанавливаемых автотракторных деталей до  $0,5..1$  мм) силы сварочного тока  $I_{св}$  напряжения  $U_{д}$ , скорости наплавки  $v_{н}$  приведены в таблице 16. Расход газа  $Q_{CO_2}$  определяют в основном, исходя из величины сварочного тока. С увеличением  $I_{св}$  увеличивают и  $Q_{CO_2}$ . Обычно  $Q_{CO_2}$  устанавливают в пределах  $8..15$  л/мин. С увеличением  $v_{н}$  и  $L_э$  вылета электрода также необходимо увеличить  $Q_{CO_2}$ .

Таблица 16. Режимы наплавки в углекислом газе

Диаметр проволоки, мм	Диаметр детали, мм	$I_{св}$ , А	$v_{н}$ , м/ч	$U_{д}$ , В
0,8...1	10...20	70...95	20...60	18...19
	20...30	90...120	30...60	18...19
	30...40	110...140	40...60	18...19
1...1,2	40...50	130...160	40...70	18...20
1,2...1,4	50...70	140...175	50...70	19...20
1,4...1,6	70...90	170...195	60...80	20...21
1,6...2	90...120	195...225	60...90	20...22

Для наплавки в среде защитных газов применяют специальные автоматы (АДПГ-500, АТП-2, АДСП-2, УДС-1-58, УСА-500), полуавтоматы (А-547Р, ПРШ-2М, ПШП-10, ПДПГ-300, ПГД-2М, А-537), преобразователи (ПСФ-350, ПСФ-500), головку ОКС-125М ГОСНИТИ.

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

Для восстановления алюминиевых автотракторных деталей применяют электродуговую сварку неплавящимся (вольфрамовым) электродом в среде аргона.

Для сварки используют установки УДАР-300, УДАР-500, УДГ-301, УДГ-501.

Исходя из толщины стенки свариваемой детали, выбирают силу сварочного тока: чем тоньше стенки, тем меньше сила сварочного тока. В зависимости от используемой силы сварочного тока выбирают диаметр вольфрамового электрода и устанавливают расход аргона (табл. 17).

Таблица 17. Диаметр вольфрамового электрода и расход аргона в зависимости от силы сварочного тока

Сила сварочного тока	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Расход аргона, л/мин
15...20	0,8	0,5...2
20...30	1	2...3
30...40	1,2	3
40...60	1,6	4
60...100	2	4...5
100...140	3	5...6
140...180	4	6
180...230	5	7...9

Устойчивость процесса наплавки и хорошее формирование наплавленного металла позволяют проводить наплавку на высоких скоростях (до 150 м/ч и выше).

Добавление к аргону 10...12% углекислого газа и 2...3% кислорода повышает устойчивость горения дуги и улучшает формирование наплавленного металла. Благодаря защите дуги струями аргона (внутренняя) и углекислого газа (наружная) в 3...4 раза сокращают расход аргона при сохранении качества защиты дуги.

Для аргонодуговой наплавки на постоянном токе алюминиевых сплавов плавящимся электродом используют установку ПШП-10.

В таблице 18 приведены химические составы и механические свойства металлов деталей (стали 45), наплавленных проволокой НБ-30ХГСА в различных газовых средах.

В таблице 19 даны рекомендации по выбору состава защитных газов для сварки и наплавки различных материалов.

Режимы наплавки: диаметр проволоки 0,8...1 мм, скорость подачи проволоки 160...200 м/ч, напряжение 17...18 В, сила тока 70...90 А, толщина наплавленного слоя за один проход 0,8...1 мм, шаг наплавки 1,5...1,8 мм/об, скорость наплавки (окружная скорость вращения) в пределах 20...25 м/ч. Смещение проволоки с зенита от 2 до 5 мм (пропорционально увеличению диаметра наплавленной детали), вылет проволоки из наконечника 8...10 мм.

**Т а б л и ц а 18. Химические составы и механические свойства металлов деталей (сталь 45), наплавленных проволокой НП-30ХГСА в различных газовых средах**

Защитная среда	Химический состав наплавленного металла, %				Твердость НВ		Усталостная прочность $\sigma_{-1}$ , кг/мм		Ударная вязкость, МН·м/м <sup>2</sup>	
	C	Si	Mn	Cr	после наплавки	после наплавки и закалки	после наплавки	после наплавки и закалки	после наплавки	после наплавки и закалки
CO <sub>2</sub>	0,34	0,66	0,77	0,52	277	553	17	40	5,1	0,5
Ar	0,36	0,92	1,04	0,81	341	560	24	49	6,5	0,6
Раздельные струи: Ar и CO <sub>2</sub>	0,35	0,96	1,02	0,82	345	580	25	48	6,6	0,5
Ar+3% CO <sub>2</sub>	0,33	0,84	0,88	0,68	326	546	21	49	5,9	0,5
Ar+12% CO <sub>2</sub>	0,33	0,83	0,94	0,68	312	565	25	48	6,2	0,7

**Таблица 19. Рекомендации по выбору состава защитных газов для сварки и наплавки различных материалов**

Сваряемый и наплавляемый материал	Вольфрамовый электрод	Плавящийся электрод	Примечание
Малоуглеродистая сталь	Комбинированная щита Ag+CO <sub>2</sub>	за- 1) CO <sub>2</sub> 2) 90% Ag+10% CO <sub>2</sub> 3) Ag марки Г	Ремонт кабины Сварка облицовки
Низко- и среднелегированные стали	1) Комбинированная щита Ag+CO <sub>2</sub> 2) Ag марки В	1) CO <sub>2</sub> 2) 90% Ag+10% CO <sub>2</sub> 3) Ag марки Г	Наплавка деталей: с. износом до 1 мм
Нержавеющие хромоникелевые высоколегированные стали	1) Ag марки В 2) He 3) Комбинированная щита	1) Ag марки В 2) He 3) Ag марки Г 4) CO <sub>2</sub> 5) 90% Ag+10% CO <sub>2</sub>	Наплавка всасывающих клапанов двигателей
Жаропрочные хромоникелевые сплавы	1) Ag марка В 2) He	1) Ag марки Б 2) He	Наплавка выхлопных клапанов двигателей
Алюминий и алюминиевые сплавы	Ag марки Б	1) Ag марок Б. и В 2) 35% Ag+65% He	Наплавка головки блока, поршней. Сварка корпусов масляных насосов

## Наплавка в среде водяного пара

Вибродуговая наплавка в защитной среде водяного пара с одновременным охлаждением детали отдельной струей жидкости (рис. 15) создает благоприятные условия формирования и кристаллизации наплавленного слоя, уменьшает склонность наплавленного металла к образованию пор и трещин, позволяет в широком диапазоне регулировать структуру и твердость наплавленного металла путем установления определенного расхода и места подвода охлаждающей жидкости, повышает усталостную прочность вследствие уменьшения дефектов металла наплавки.

Для наплавки в среде водяного пара используют обычные сварочные полуавтоматы.

При наплавке применяют преобразователи типа СМГ, ПС-300 М, ПГС-500. Хорошие результаты получаются при питании преобразователя ПС-500 от выпрямителя ВСА-5.

Наплавку деталей проводят на постоянном токе обратной полярности («+» электрод, «-» деталь).

Сравнительно гладкий валик с незначительной пористостью наплавленного металла получают при скоростях наплавки 10...20 м/ч; силе тока 130...250 А, напряжении 36...48 В, скорости подачи проволоки 200...300 м/ч и ее  $\varnothing$  1,6...2 мм. Вылет электрода 20...26 мм.

Оптимальная длина струи пара, подаваемая под углом 20...25° от вертикального положения оси детали,  $l_{\text{п}} = 100...150$  мм.

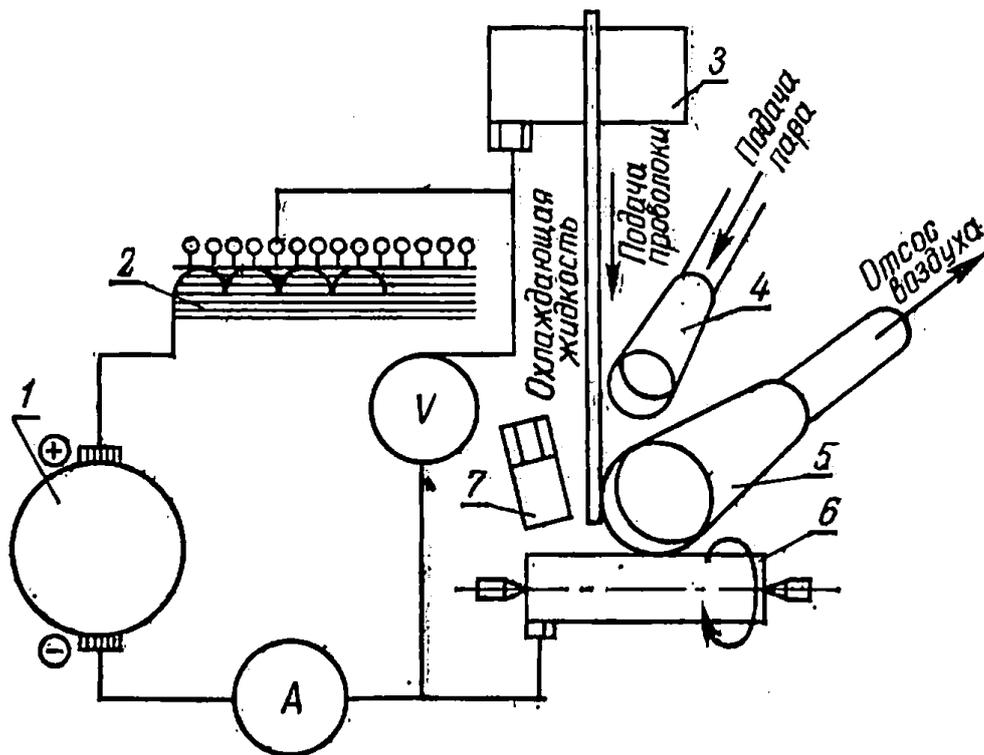


Рис. 15. Схема установки для вибродуговой наплавки в защитной среде водяного пара с одновременным охлаждением в воздушном потоке:

1 — сварочный генератор постоянного тока; 2 — индуктивное сопротивление (сварочный регулятор); 3 — автоматическая вибродуговая наплавочная головка; 4 — сопло для подачи пара в сварочную зону; 5 — сопло для отсоса воздуха из междугового промежутка сварочной зоны; 6 — деталь, подлежащая наплавке; 7 — трубка для подачи охлаждающей жидкости на деталь.

При наплавке в водяном паре целесообразно применять средне- и высокоуглеродистые электродные проволоки Св-08, Св-08Г2С, Нп-30ХГСА, Нп-40, Нп-65.

## Вибродуговая наплавка

Разновидностью электродугового процесса плавления металлического электрода является вибродуговая наплавка. Во время плавления электроду сообщается колебательное движение (около 100 колебаний в секунду) с периодическим замыканием дугового промежутка и принудительным переносом электродного металла в наплавочную ванночку (рис. 16). При размыкании образуется дуга, напряжение достигает 12...28 В и более, происходит оплавление поверхности детали и плавление электрода.

Напряжение 24...28 В применяют для наплавки металла сравнительно больших слоев (1,5...3 мм) на значительно изношенные крупногабаритные детали. Низкое напряжение (14...16 В) применяют при наплавке тонкостенных деталей небольшого диаметра, где нежелателен значительный нагрев детали, необходима более высокая твердость наплавленного слоя, а требования к усталостной прочности невысокие (рис. 17).

Наплавка осуществляется на постоянном токе обратной полярности. В качестве источника тока используют генератор ПСО-500 с балластным реостатом. Для устойчивого горения дуги в сварочную цепь включен стабилизирующий дроссель РСТЭ-34.

Применяют автоматы (вибродуговые головки) самых разнообразных конструкций. Технические характеристики наиболее часто встречающихся из них приведены в таблице 20.

При вибродуговой наплавке применяют сварочную углеродистую или легированную проволоку диаметром от 1 до 1,5 мм. На практике применяют сварочную проволоку следующих марок (ГОСТ 2246—70): Св-08, Св-08А, Св-08ГА, Св-10Г2С, а также легированную сварочную проволоку марок Св-18ХГСА, Св-10ХМ, Св-10МХ и Св-18ХМА.

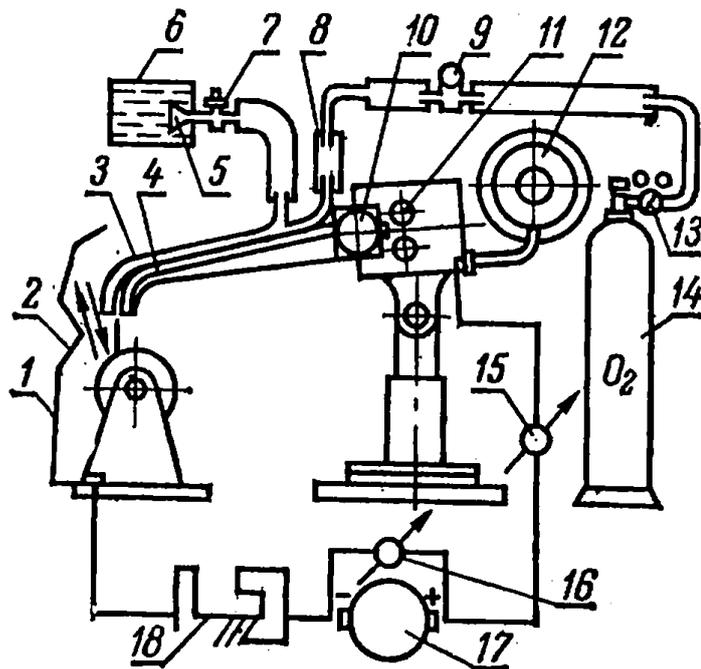


Рис. 16. Схема установки для вибродуговой наплавки в газожидкостной среде:

1 — электросварочное защитное стекло; 2 — восстанавливаемая деталь; 3 — газоподводящее сопло; 4 — подающая трубка; 5 — матерчатый фильтр; 6 — напорный бак; 7 — дозирующий жиклер; 8 — дозирующий жиклер; 9 — манометр; 10 — вибродуговая головка; 11 — подающий механизм; 12 — кассета; 13 — редуктор; 14 — баллон; 15 — амперметр; 16 — вольтметр; 17 — генератор типа ПСО-500; 18 — стабилизирующий дроссель типа РСТЭ-34.

Т а б л и ц а 20. Технические характеристики вибродуговых головок

Показатель	Марки вибродуговых головок						
	конструкция ВНИИАТ УАНЖ-5	конструкция Челябинского тракторного завода	конструкция Челябинского АРЗ и ЧПИ	КУМА-5	УЛВГ-5	УЛВГ-7	ОКС-6569 ГОСНИТИ
Диаметр электродной проволоки, мм	1,2...2	До 2,2	До 3	0,5...2,5	До 3	До 3	До 3
Скорость подачи электродной проволоки, мм/с	12,5...22	12,5...22	15,2...24	3,3...50	8,7...42,7	10...34,5	8,7...75
Изменение скорости подачи электродной проволоки	Сменной вращающихся роликов (7 шт.)	Сменной вращающихся роликов (5 шт.)	Сменными шестернями	Сменными шестернями (14 ступеней)	Сменными шестернями		
Амплитуда вибрации электрода, мм	0,8...3	—	—	—	1,4...1,6	1,65...3,25	0...3
Принцип действия вибратора	Электромагнитный	Электромагнитный	Механический (эксцентрик)	Круговое движение конца электрода	Механический		
Частота колебаний, Гц	50	50	46,7	—	21,2...105	—	75±3

Таблица 21. Рекомендуемые режимы вибродуговой наплавки стальных деталей

Диаметр детали, мм	Толщина слоя наплавленного металла, мм	Диаметр электродной проволоки, мм	Сила тока наплавки, А	Скорость наплавки, м/мин	Скорость подачи электродной проволоки, м/мин	Расход охлаждающей жидкости, л/мин	Шаг наплавки, мм/об	Амплитуда вибрации проволоки, мм	Угол подачи проволоки к деталям, град
20	0,3	1,6	120...150	2,2	0,6	0,2	1	1,5	35
40	0,7	1,6	120...150	1,2	0,4	0,4	1,3	1,8	35
60	1,1	2	150...210	1	0,8	0,5	1,6	2	45
80	1,5	2	150...210	0,6	1	0,6	1,8	2	45
100	2,5	2,5	150...210	0,3	1,1	0,7	2...3	2	45

Примечание. Ток постоянный обратной полярности. Напряжение дуги 12...16 В.

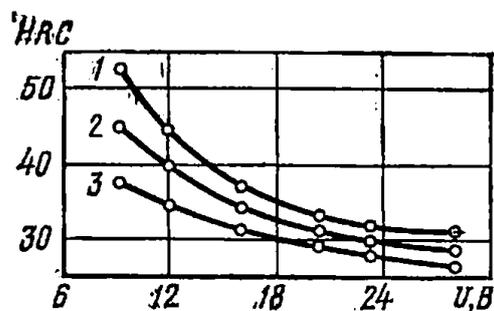
Таблица 22. Рекомендуемые режимы вибродуговой наплавки чугунных деталей

Наплавочный материал	Толщина наплавленного слоя, мм	Скорость подачи электрода, м/мин	Сила тока, А	Число оборотов детали в минуту	Подача суппорта станка, мм/об	Припуск на механическую обработку на стору (не менее), мм
Проволока Ø 1,6...1,8 мм	0,6...0,7	1,3	120...140	1200:πD	1,8...2,2	0,4
	1,5	1,7	160...190	1000:πD	2,3...2,8	0,8
	2,5...3	1,7	160...190	370:πD	2,8...3,5	1
Проволока Ø 2,5 мм	2,5...3	1,7	300...350	200:πD	3,3...3,4	1
Лента сечением 0,5×10 мм	2,5...3	1,7	320...340	200:πD	7,9	1

Примечание. D — диаметр наплавляемой детали, мм; π=3,14.

Рис. 17. Зависимость твердости HRC наплавленного металла с охлаждением жидкостью от напряжения  $U$  при диаметре электрода 1,6 мм и скорости подачи проволоки 1,5 м/мин;

1 — максимальная; 2 — средняя; 3 — минимальная.



В таблице 21 приведены рекомендуемые режимы вибродуговой наплавки стальных деталей.

Рекомендуемые режимы вибродуговой наплавки чугунных деталей приведены в таблице 22.

Основные параметры режима вибродуговой наплавки в среде углекислого газа с охлаждением детали жидкостью в зависимости от толщины наплавленного слоя металла и марки проволоки представлены в таблицах 23 и 24.

Таблица 23. Режимы вибродуговой наплавки в среде углекислого газа

Толщина наплавленного слоя, мм	Диаметр электродной проволоки, мм		Сварочный ток, А, для диаметра проволоки		Рабочее напряжение, В для диаметра проволоки	
	минимальный	максимальный	минимального	максимального	минимального	максимального
1,0	1,0	2,0	75...175	150...300	17...20	20...24
1,5	1,2	2,2	92...225	165...375	18...21	21...25
2,0	1,4	2,5	100...250	190...400	18...22	22...26
2,5	1,6	2,5	120...300	190...400	19...23	22...26
3,0	2,0	2,5	150...350	190...400	20...24	22...26

Таблица 24. Режимы вибродуговой наплавки в среде углекислого газа

Проволока из стали марка	Среднее напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, мм/с	Расход углекислого газа, л/ч
X20H10G6	17...18	32	800
30XГСА	18...19	25	1200
20	17...18	25	1000

В зависимости от требуемой толщины наплавленного на деталь слоя металла выбирают скорость наплавки, м/ч, определяемую не только опытным путем, но и расчетом по формуле

$$v_H = \frac{0,785 d_{э.п}^2 K}{hta}, \quad (34)$$

где  $d_{э.п}$  — диаметр электродной проволоки, мм;

$K = 0,8...0,9$  — коэффициент перехода, зависящий от потерь электродного металла на угар и разбрызгивание и выраженный в долях массы расплавленного электродного металла;

$h$  — заданная толщина наплавленного слоя (без механической обработки), мм;

$t$  — шаг наплавки, мм/об;

$a$  — коэффициент, учитывающий отклонения фактической площади сечения наплавленного слоя от площади четырехугольника с высотой  $h$ .

Для определения числа оборотов детали, мм/с, позволяющего обеспечивать заданную толщину наплавленного металла, пользуются формулой

$$n = \frac{15 d^2 v_{э.п} K}{(D + h) hta}, \quad (35)$$

где  $v_{э.п}$  — скорость подачи электродной проволоки, м/ч;

$D$  — диаметр наплавленной детали, мм.

Средняя скорость наплавки находится в пределах 5...20 мм/с при толщине слоя наплавки от 1 до 3 мм.

Производительность процесса наплавки оценивается количеством наплавленного металла, кг/ч, которая пропорциональна скорости подачи электродной проволоки, и с учетом потерь ее можно определить по формуле

$$G_H = 0,367 d_{э.п} v_{э.п} \psi, \quad (36)$$

где  $d_{э.п}$  — диаметр электродной проволоки, мм;

$v_{э.п}$  — скорость подачи проволоки, м/мин;

$\psi$  — коэффициент потерь, %.

Вибродуговая наплавка разработана Челябинским институтом механизации и электрификации сельского хозяйства.

## Индукционная наплавка

Сущность этой наплавки заключается в индукционном нагреве т. в. ч. присадочного металла. Его предварительно наносят на поверхность изделия в виде смеси порошков, литого кольца или пресованного брикета либо расплавляют в огнеупорной воронке, расположенной над наплавляемой деталью.

Для наплавки применяют сплавы, указанные в таблице 25.

Для индукционной наплавки широкое распространение получили ламповые генераторы ЛЗ-67, ЛЗ-107, ЛЗ-167 с рабочей частотой 200...250 кГц. Выбор установки т. в. ч. при индукционной наплавке зависит от толщины наплавленного слоя, площади наплавляемой поверхности и глубины проникания индуктированного тока

Т а б л и ц а 25. Наиболее распространенные сплавы, применяемые для индукционной и газопламенной наплавки

Материал для наплавки	Химический состав, %										Температура плавления, °С	Твердость НРС	Относительная вязкость	Типовые детали, подвергающиеся наплавке
	C	Si	Mn	Cr	Ni	V	Ti	B						
У30Х28Н4С4 (сормайт-1)	2,5...3,5	2,8...4,2	До 1,5	25...31	3...5	—	—	—	—	—	1275	49...54	2,6	Различные детали с.х. машин
У45Х35Г3Р2С (ФБХ-6-2)	3,5...5,5	1...2,5	1,5...4	32...37	—	—	1,5...2,2	—	—	1330	60...63	5,0	Решетки скрепков транспортных ров	
У50Х40Н2С2Г (УС-25)	4,4...5,5	1,8...2,8	До 2,5	38...42	1...1,8	—	—	—	—	1320	58...64	3,6	Плужные лемехи и другие детали с.х. машин	
У35Х717 (сталинит)	1,8...5,2	0,4...0,9	4...8	4...10	—	—	—	—	—	1350	52...60	—	Детали кирпичных прессов, ножи бульдозеров	
ХТ3У	3,5	4,5	1,5	28	—	1...5	3,2	—	—	1350	56...60	—	Лапы культиваторов	
Рл50-У30Х28Н4С4	Релит+сормайт-1										1275	54...63	6,7	Сегменты фугера ФН-1,2
ФХ50-У30Х28Н4С4 (ПС-4)	Углеродистый феррохром (ФХ800)+сормайт-1										1275	58...64	5	Ножи скирдореза СНТ-7А
ФХ60ФТ2-У30Х28Н4С4 (ПС-5)	Углеродистый феррохром (ФХ800)+ферротитан										1275	58...64	5,6	Лапы культиваторов, ножи корнерезки КПИ-4
ФХ60-У30С2 (ПС-6)	Углеродистый феррохром (ФХ800)+белый чугун										1275	56...63	4,9	Плужные лемехи

\* При испытании на машине Х4-Б, эталон — сталь 45 отожженная.

в деталь. Площадь наплавляемой поверхности,  $\text{см}^2$ , определяют по формуле

$$F = \frac{Qt}{N}, \quad (37)$$

где  $Q$  — удельная мощность наплавки,  $\text{кВт} \cdot \text{с}/\text{см}^2$  (с учетом тепловых потерь и к. п. д. генераторов принимают  $Q = 6 \dots 8 \text{ кВт} \cdot \text{с}/\text{см}^2$ );

$t$  — время нагрева, с;

$N$  — мощность генератора, кВт.

Ориентировочную частоту тока, Гц, определяют по формуле

$$f = \frac{3,6 \cdot 10^5}{s}, \quad (38)$$

где  $s$  — толщина изделия, см.

Глубину проникания индуктированного тока в металл определяют по формуле

$$\delta = 5,03 \cdot 10^4 \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}}, \quad (39)$$

где  $\rho$  — удельное сопротивление металла,  $\text{Ом} \cdot \text{м}$ ;

$\mu$  — магнитная проницаемость нагретого металла, Г/м.

Для практических расчетов  $\delta$  используют формулу

$$\delta = 700/\sqrt{f}.$$

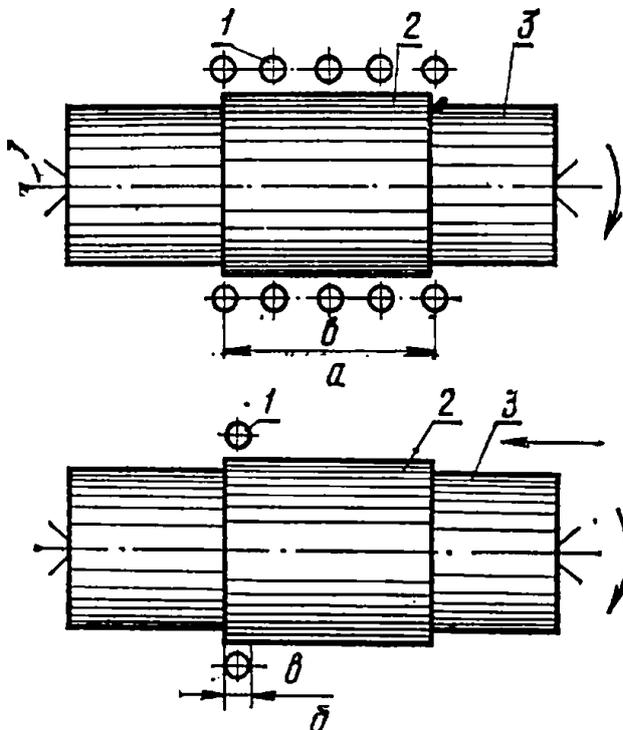


Рис. 18. Схема способов наплавки т. в. ч. наружных цилиндрических поверхностей:

1 — индуктор; 2 — присадочный материал; 3 — восстанавливаемая деталь;  $\delta$  — ширина зоны одновременного плавления присадочного материала.

Цилиндрические детали можно наплавлять и без применения форм (рис. 18, а). При этом деталь с подготовленной под наплавку поверхностью (опрессованную наплавочной шихтой и флюсом), вращающуюся со строго определенной угловой скоростью, помещают в индуктор и разогревают до плавления присадочного материала. Под действием сил вязкого трения расплавленный металл при вращении детали должен равномерно распределиться по всей наплавляемой поверхности.

В процессе плавления металла в поле одновиткового индуктора с последовательным перемещением детали вдоль его оси (рис. 18, б) металл расплавляется не сразу по всей поверхности одновременно, а последовательно, кольцевой полосой определенной ширины. При этом изменяется площадь контакта жидкого

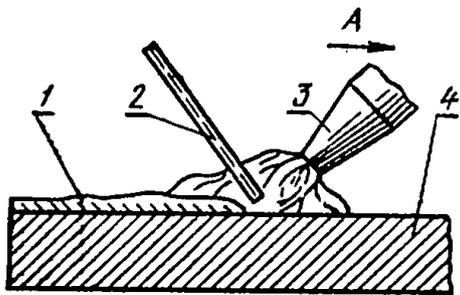


Рис. 19. Схема наплавки газовым пламенем:

1 — наплавленный слой; 2 — присадочный пруток; 3 — газовая горелка; 4 — наплавляемая деталь; А — направление наплавки.

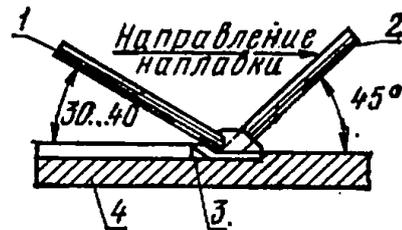


Рис. 20. Схема наплавки специальным металлическим электродом с дополнительной присадкой:

1 — присадочный пруток; 2 — основной электрод; 3 — наплавленный слой; 4 — основной металл.

металла с твердой фазой по величине (на меньший объем жидкого металла приходится большая площадь контакта) и форме. Расплав находится как бы в полуизложнице из твердого металла. Это позволяет удерживать относительно большую толщину наплавляемого металла.

## Газовая наплавка

Схема газопламенной наплавки показана на рисунке 19. Для наплавки применяют присадочные материалы в виде порошков или металлического стержня. Некоторые составы порошковых смесей приведены в таблице 25. Кроме указанных сплавов, для газопламенной наплавки могут быть применены сплавы, указанные в таблицах 26...29.

Поверхности с особыми свойствами наплавляют металлическими электродами с качественными и легирующими покрытиями.

Т а б л и ц а 26. Высокохромистые чугуны

Марка сплава	Средний состав наплавленного металла, %							Твердость HRC после наплавки
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	B	
У30Х30Н4С4	2,9	3,5	1,0	28	3,5	—	—	48...54
У45Х30Г6	4,5	1,8	6,0	30	—	—	—	58...63
У45Х17Г13С3	4,2	3,0	12*	16	—	—	—	55...58
У35Х25Р	3,6	0,6	1,2	26	—	—	1,5	60...65
У35Х20РТ	3,6	0,6	1,8	21	—	1,5	1,2	56...62
У15Х6МФ*	1,8	1,9	1,2	6	3	—	—	46...48
У30Х30Н4С4Т	2,9	4,2	1,0	28	3,8	0,5	—	52...54

\* Содержит 1,5% Мо, 1,32% V и 2,3% Nb.

Таблица 27. Сплавы на основе никеля

Марка сплава	Средний состав никелевого металла, %							Твердость HRC при температуре, °C	
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Fe	B	20	50
X15H60	0,12	0,7	1,0	15	58	Остальное	—	18	—
X20H80	0,12	0,3	1,0	20	76	То же	—	18	—
HX10P2	0,45	2,3	—	11	80	3	2,5	35	29
HX13P3	0,60	4,0	—	13	76	4	3,0	45	42
HX15P4	0,75	4,5	—	15	70	4,5	3,5	56	48
XH80CP2	До 0,1	0,8...1,5	—	15...18	До 80	—	2,0	—	—

Таблица 28. Составы на основе кобальта

Марка сплава	Средний состав наплавленного металла, %							Твердость HRC при температуре, °C	
	C	Si	Mn	Cr	Ni	W	Fe	20	650
KB5X30	1,0	—	—	—	—	4,6	—	42	26
KB8X30	1,3	—	—	29	—	8,5	—	47	30
KB12X30	2,4	1,2	1,0	—	2,0	12,5	4	55	36
KB20X30	2,7	—	—	32	—	19,0	—	60	53

Примечание. Остальное (до 100%)—кобальт.

Таблица 29. Твердые сплавы

Наименование сплава	Средний состав твердых сплавов, %					Твердость HRC
	C	W	Mo	Ni	Cr	
Релит	3,3	95	—	—	—	90...92
Вокар	9...10	90	—	—	—	85...90
Воломит	4	93	2	—	—	90...92
Карбиды хрома	5	—	—	25	70	90...92
Карбиды вольфрама	—	70...85*	—	—	—	—

\* Остальные — сплав медь—никель—марганец.

В отдельных случаях, когда предъявляют более высокие требования по износостойкости, наплавку металлическими электродами ведут с присадкой. Схема такого процесса показана на рисунке 20. В качестве присадки используют трубчатые электроды типа Релит, Вокар и др.

### Автоматическая наплавка деталей предварительно нагретым присадочным электродом

Для увеличения производительности электродуговой наплавки под слоем флюса необходимо предварительно нагревать присадочный электрод. Для этого по электроду пропускают ток низкого напряжения. При этом в месте контакта присадочного электрода с деталью дуга не образуется, а электрод по всей длине вылета нагревается за счет джоулева тепла. Каждый электрод получает собственное энергопитание: основной электрод от сварочного преобразователя ВКСМ-1000, присадочный электрод от преобразователя ПСГ-500 (рис. 21).

Используя в качестве добавочного электрода различные марки легированной проволоки и изменяя количество подаваемого присадочного материала, можно регулировать химический состав наплавленного металла, его твердость и износостойкость.

### Восстановление деталей диффузионной сваркой

Диффузионная сварка — один из видов сварки давлением, осуществляемой в вакууме взаимной диффузией атомов соединяемых поверхностей при относительно длительном воздействии повышенной температуры и незначительной пластической деформации.

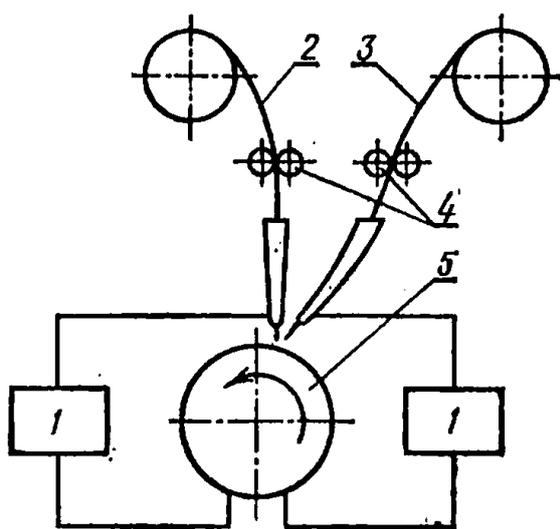


Рис. 21. Схема наплавки деталей предварительно нагретым присадочным электродом:

1 — источник питания; 2 — основной электрод; 3 — присадочный электрод; 4 — подающие механизмы; 5 — наплавленная деталь.

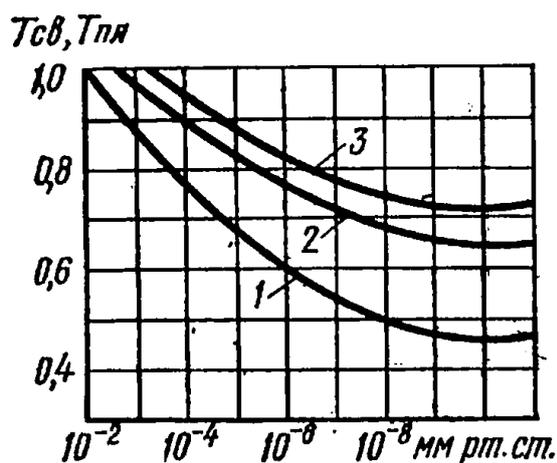


Рис. 22. Зависимость температуры сварки от глубины вакуума:

1 — медь МБ+медь МБ; 2 — медь МБ+сталь Э; 3 — МБ+сталь Х18Н9Т.

Глубина вакуума от  $10^{-2}$  до  $10^{-8}$  мм рт. ст. (рис. 22) повышает эффективность очистки поверхностей деталей от окислов, снижает температуру и давление, минимально необходимые для получения прочного соединения.

Формирование физического (фактического) контакта происходит под действием приложенного давления. В начальный момент приложения нагрузки, когда  $P = (0,5 \dots 0,9) \delta_T$ , действующие напряжения в контактах поверхностей значительно превышают предел текучести  $\delta_T$  материала, поэтому пластическая деформация их развивается с большой скоростью.

Затем через несколько секунд после приложения нагрузки скорость деформации падает и ее величина зависит от температуры нагрева и приложенного давления. Пластическая деформация при этом развивается преимущественно в приконтактной зоне, а площадь контактирования достигает 40...75% всей площади соединения.

Дальнейшее развитие физического контакта соединяемых поверхностей происходит с малой скоростью. Длительность этого этапа также зависит от температуры и давления и составляет единицы — десятки минут, а площадь фактического контакта может достигать 90...95% всей площади соединения (рис. 19).

Диффузионную сварку проводят в вакуумной камере.

Температура соединения при диффузионной сварке ( $T_{св}$ ) однородных материалов должна составлять 0,5...0,7 температуры плавления металлов ( $T_{пл}$ ), а температурой сварки разнородных материалов является температура плавления более легкоплавкого металла.

Давление должно быть таким, чтобы установить физический контакт по всей площади соединяемых поверхностей путем разрушения окисных пленок и смятия микроконтактов. Ориентировочно оптимальное давление при сварке примерно равно пределу текучести свариваемых материалов при температуре сварки.

Диффузионная сварка позволяет соединять детали с высокой размерной точностью, так что не требуется механическая обработка.

Диффузионную сварку используют при восстановлении блоков шестерен. Изношенную шестерню отрезают от блока. Вместо нее в вакуумной камере устанавливают вновь изготовленную и сращивают ее диффузионной сваркой.

Для диффузионной сварки используют установки: СДВУ-50, СДВУ-30Л, СДВУ-24, СДВУ-15, СДВУ-12, СН-335, СЖМ2-327, УДС-3 и др.

## **Восстановление деталей газопламенным напылением порошков**

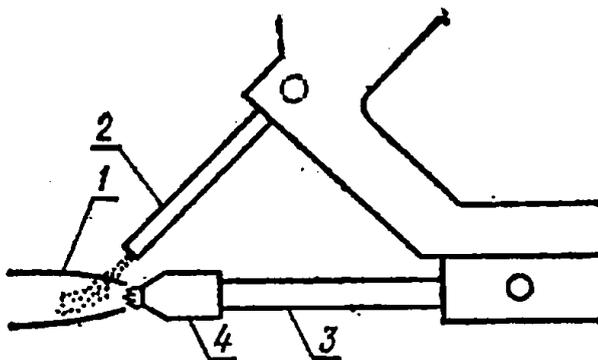
Способ газопламенного напыления порошков без их последующего оплавления целесообразно применять при восстановлении деталей типа «вал», изготовленных из мало-, среднеуглеродистых и низколегированных сталей с износом не более 0,75 мм на сторону.

Для напыления используют порошок алюминий—никель с содержанием 80...82% Ni и 18...20% Al и механическую смесь порошков: 20...25% алюминий — никель и 75...80% порошка ПГ-ХН80СР2. Размер зерен используемых порошков должен быть в пределах 40...100 мкм.

Перед употреблением порошки должны быть в течение 1...1,5 ч прокалены при температуре 100...150°С.

Рис. 23. Принцип работы горелки с внешней подачей порошка:

1 — пламя; 2 — подводящая трубка; 3 — наконечник; 4 — мундштук.



Обрабатываемые поверхности и прилегающие к ней участки на длине 10...15 мм необходимо обезжировать ацетоном ГОСТ 2768-69. ГОСТ 2768-69.

Напыление порошков на восстанавливаемую поверхность ведут в два этапа: первый этап — напыление подслоя (порошка алюминия никеля) толщиной 0,06...0,1 мм; второй этап — напыление основного слоя порошков (смесь порошка алюминия, никеля и порошка ПГ-ХН80СР2), толщина которого должна быть на 0,2...0,3 мм (на сторону) больше номинального размера восстанавливаемой детали. Для газопламенного напыления применима горелка ОКС-5531.

Поверхность, восстановленная с использованием рекомендуемых порошков, имеет твердость HRC 38...40; пористость слоя 17...18%; прочность сцепления слоя с основным материалом 150...180 кгс/см<sup>2</sup>.

Наиболее распространены два способа подачи порошка в зону ацетилено-кислородного пламени: внешняя и осевая.

Принцип работы горелок с внешней подачей порошка (рис. 23) основан на использовании силы тяжести порошка и его текучести.

При напылении порошка с осевой подачей (рис. 24) порошок поступает в горелку из бункера, разгоняется потоком транспортирующего газа и на выходе из сопла 1 попадает в пламя 2, где он оплавляется и, увлекаемый струей горящих газов, направляется на напыляемую поверхность.

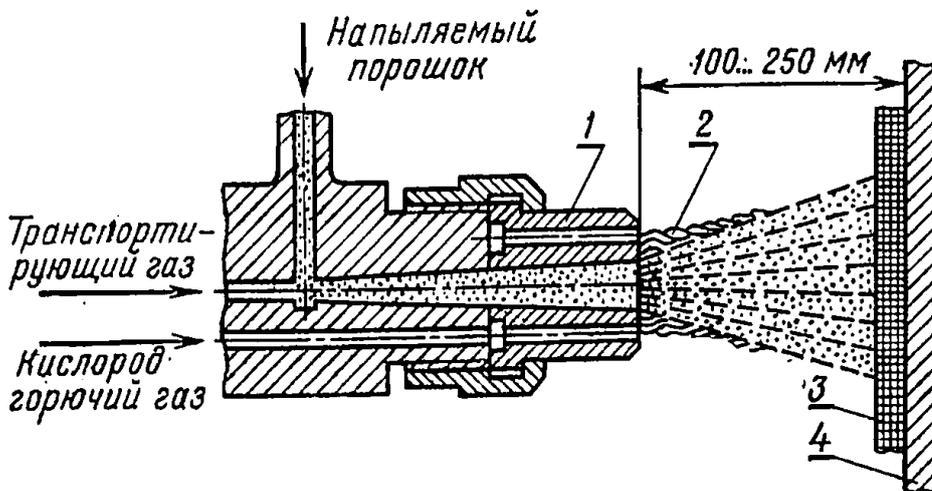


Рис. 24. Ввод порошка при помощи транспортирующего газа:

1 — сопло; 2 — пламя; 3 — покрытие; 4 — подложка.

В связи с тем, что транспортировка порошка к поверхности восстанавливаемой детали происходит под действием струи газа, это уменьшает окисляемость расплавленных частиц и оказывает положительное влияние на свойства напыляемого слоя, в том числе и на прочность его сцепления с основным металлом.

При внешней подаче порошка в зону пламени используют горелки ГАЛ-4-72 и ГАЛ-6-73, а при подаче транспортирующим газом — горелку ГАЛ-2. Эти горелки предназначены для нанесения самофлюсующихся порошков и их последующего оплавления.

В качестве горючих газов используют ацетилен в баллонах ГОСТ 5457 — 60 и кислород ГОСТ 5383 — 58.

#### *Режимы напыления порошков*

Давление кислорода . . . . .	35...45 кПа
Давление ацетилена . . . . .	3...5 кПа
Расход кислорода . . . . .	960...1100 л/ч
Расход ацетилена . . . . .	900...1000 л/ч
Скорость вращения детали . . . . .	18...20 м/мин
Дистанция напыления . . . . .	160...180 мм
Продольная подача аппарата . . . . .	3...4 мм/об
Расход порошка . . . . .	2,5...3 кг/ч

### **Восстановление деталей электрохимической обработкой**

Сущность способа заключается в том, что под давлением инструмента, к которому подведен ток, происходит оплавление и вспучивание металла по краям рабочей кромки инструмента.

Электрохимический способ применяют для восстановления деталей с износом менее 0,35 мм.

В зависимости от профиля инструмента происходит сглаживание или высадка (выпучивание) нагретого металла детали.

Для получения качественной поверхности высаживающую пластинку 3 заменяют сглаживающей 2, получают необходимый диаметр, который не требует дальнейшей обработки резанием (рис. 25).

Примерные режимы электрохимической обработки углеродистых сталей приведены в таблице 30.

На рисунке 26 приведена одна из принципиальных схем для электрохимической обработки.

### **Восстановление деталей наплавкой электродной ленты**

Проплавление основного металла при наплавке деталей лентой определяет степень его перемешивания с наплавленным.

Благодаря постоянному перемещению дуги глубина проплавления основного металла при наплавке лентой меньше, чем при наплавке проволокой. При наплавке электродной лентой под флюсом форма валиков (рис. 27) характеризуется шириной  $b_v$ , глубиной проплавления  $h_n$ , высотой  $s$  и коэффициентом формы  $\chi$ , который может быть представлен в виде

$$\chi = \frac{b_v}{h_n} \quad (40)$$

Рис. 25. Схема высадки и сглаживания металла:

1 — деталь; 2 — сглаживающая пластина; 3 — высаживающая пластина;  $D_0$  — диаметр после сглаживания;  $D_1$  — диаметр после высадки;  $D_2$  — диаметр до высадки;  $S$  — шаг высадки;  $B$  — ширина высадки.

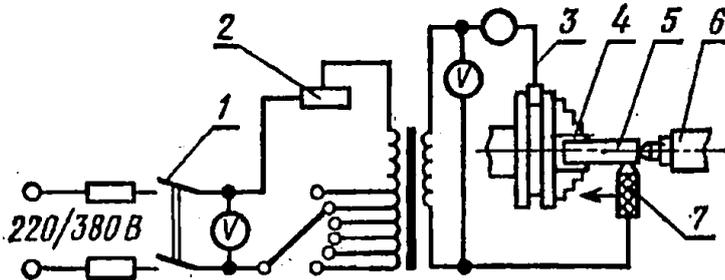
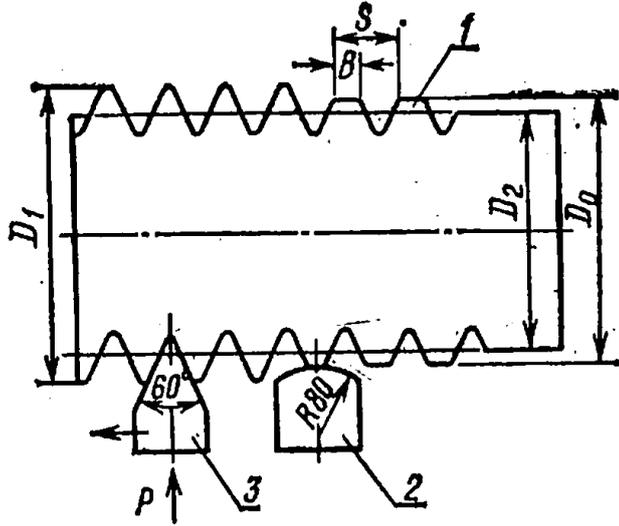


Рис. 26. Принципиальная схема установки для электромеханической обработки:

1 — рубильник; 2 — реостат; 3 — привод вторичной обмотки; 4 — патрон станка; 5 — деталь; 6 — задняя бабка станка; 7 — обрабатывающий инструмент.

Рис. 27. Геометрические характеристики наплавленного валика.

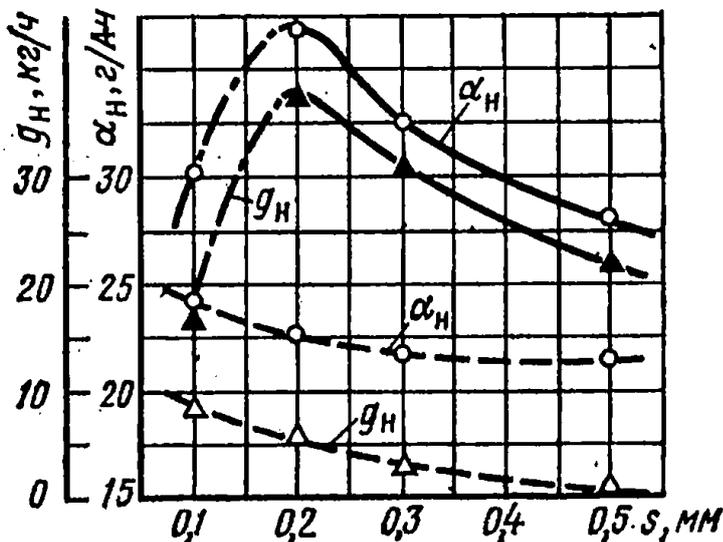
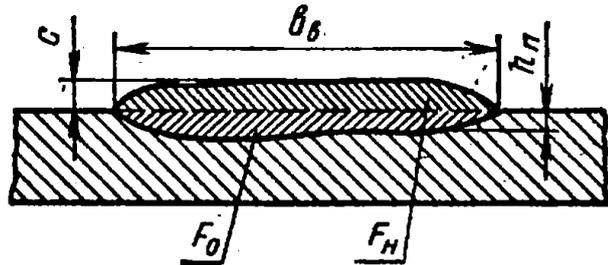


Рис. 28. Максимальные значения коэффициента наплавки  $\alpha_n$  и производительности процесса  $g_n$  в зависимости от толщины ленты  $s$  при  $I = 9...1100$  А:

сплошные кривые — лента из стали 08X18N10T, флюс керамический; пунктирные — лента из стали 08kp, флюс АН-348.

Т а б л и ц а 30. Режим электромеханической обработки

Операции	Сила тока, А	Скорость, м/мин	Подача, мм/об
Высадка	300...500	3...8	1,25...2
Высадка незакаленных деталей под неподвижные посадки	450...550	3...6	1,5
Упрочнение роликом	1100...1300	9...10	0,2...0,3
Сглаживание	350...450	80...130	0,2...0,3
	500...600	15...20	0,2...0,3
	200...400	3...8	1...1,5

Продолжение

Операции	Давление, кН	Класс чистоты	Глубина упрочнения	Число проходов
Высадка	0,5...1,2	—	—	2...8
Высадка незакаленных деталей под неподвижные посадки	—	—	—	2...4
Упрочнение роликом	0,5...0,6	6...7	0,2...0,35	1...2
Сглаживание	0,5...0,6	8...10	0,02...0,03	1...2
	0,5...0,6	8...9	0,05...0,08	1...2
	0,5...1,2	—	—	—

Долю основного металла в наплавленном  $\psi$  определяют отношением площади проплавления основного металла  $F_0$  к площади всего сечения шва, включающего и площадь сечения наплавленной части валика  $F_n$ , т. е.

$$\psi = \frac{F_0}{F_0 + F_n} \quad (41)$$

Наибольшее влияние на глубину проплавления и перемешивания основного металла с наплавленным оказывает скорость наплавки. С ее ростом увеличивается глубина проплавления, уменьшается ширина и толщина наплавленного валика.

При малых скоростях наплавки уменьшается глубина проплавления основного металла.

На рисунке 28 показано изменение коэффициента наплавки  $\alpha_n$  и максимальной производительности  $g_n$  соответствующих значениям плотности тока  $j_{\max}$  и ширины ленты  $b_{\max}$ .

Для наплавки холоднокатаной электродной лентой используют сварочные аппараты: АДС-1000-2, А-384, А-874, ТС-35, головку АБС и сварочные преобразователи постоянного тока ПС-500, ППС-500, ПС-1000, ПСМ-1000-4 и выпрямители ВС-600, ВС-1000, ВКСМ-1000, ВКСМ-2000.

Таблица 31. Сварочный ток в зависимости от напряжения холостого хода сварочного генератора \*

Ширина ленты $b_{II}$ , мм	Толщина ленты $s$ , мм					
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5
	Скорость подачи ленты $S_{под}$ см/с					
	4,7...5,4	3,3...3,9	2,6...3,0	1,7...2,6	1,2...1,5	0,9...1,2
30	250...400 31,8...32,8	275...450 32...33	300...500 32,2...33,4	350...600 32,4...34,1	375...650 32,6...34,5	400...700 32,8...34,9
40	350...500 32,4...33,4	375...550 32,6...33,7	400...600 32,8...34,1	450...700 33...34,9	475...750 33,2...35,3	500...800 33,4...35,6
50	450...600 33...34,1	475...650 33,2...34,5	500...700 33,4...34,9	550...800 33,7...35,6	575...850 33,8...36	600...900 34,1...36,4
60	550...700 33,7...34,9	575...750 33,8...35,3	600...800 34,1...35,6	650...900 34,5...36,4	675...950 34,7...36,7	700...1000 34,9...37
70	650...800 34,5...35,6	675...850 34,7...36	700...900 34,9...36,4	750...1000 35,3...37	775...1000 35,4...36,8	800...1000 35,8...37
80	750...900 35,3...36,4	775...950 35,4...36,7	800...1000 35,6...37	850...1000 36...37	875...1000 36,2...37	—
90	800...950 35,6...36,6	850...975 36...36,8	900...1000 36,4...37	950...1000 36,7...37	—	—
100	950...1000 36,7...37	950...1000 36,7...37	970...1000 36,7...37	—	—	—

87 \* В числителе даны значения сварочного тока, в знаменателе — напряжение холостого хода генератора.

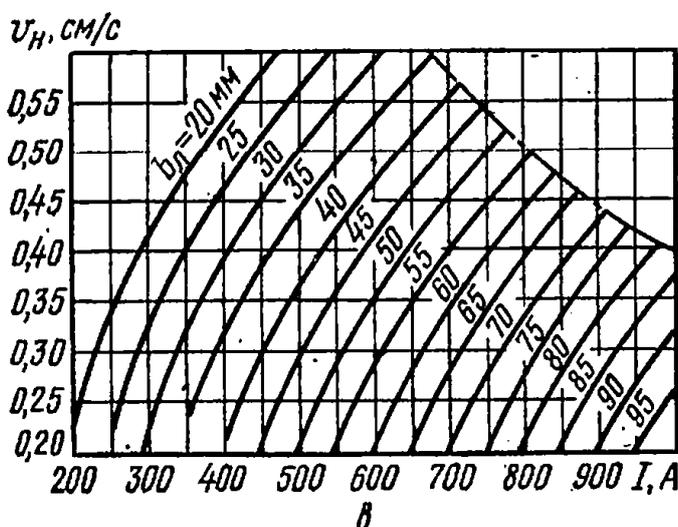
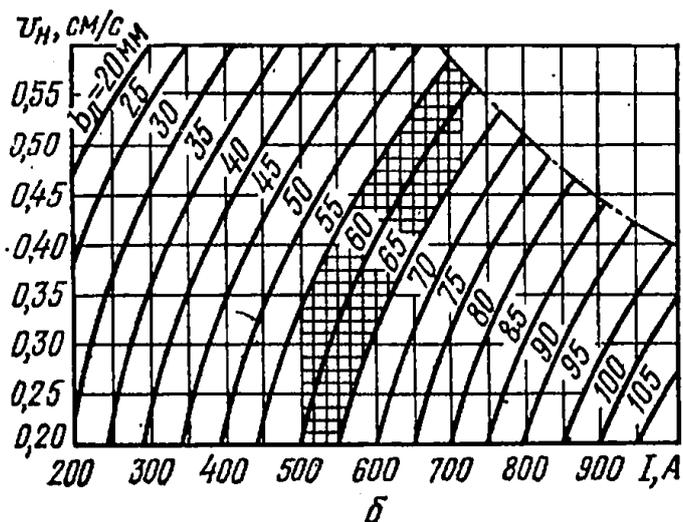
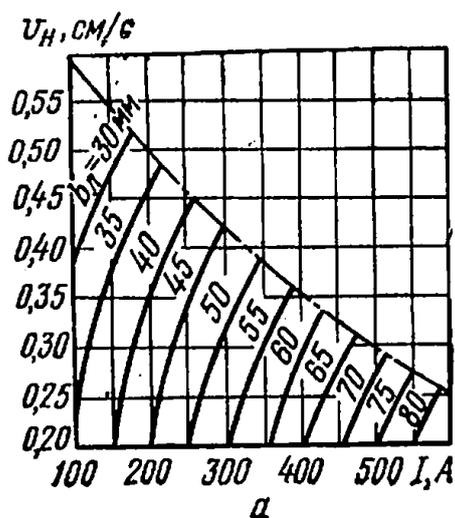


Рис. 29. Номограмма оптимальных режимов наплавки лентами из стали 08кп под флюсом АН-348-А при различной толщине ленты:

а —  $s=0,2$  мм; б —  $s=0,3$  мм;  
в —  $s=0,5$  мм.

Данные для выбора оптимальных режимов наплавки лентами из низкоуглеродистой стали 08кп под флюсом АН-348 и напряжении дуги 30 В приведены в таблице 31.

Рекомендации по выбору вылета электродной ленты и напряжения дуги приведены в таблице 32.

Т а б л и ц а 32. Оптимальные значения вылета  $h_э$  электрода и напряжения дуги  $U_д$

$s$ , мм	$h_э$ , мм	$U_д$ , В	$s$ , мм	$h_э$ , мм	$U_д$ , В
Ленты из углеродистой стали 08кп			Ленты из коррозионно-стойких сталей		
0,1	18...25	30...32	0,1	15...22	30...32
0,2	25...35	30...32	0,2	18...30	30...34
0,3	25...40	28...32	0,3	20...35	32...34
0,5 и свыше	30...45	26...30	0,5 и свыше	30...40	32...34

На рисунке 29 приведена номограмма для выбора режимов наплавки лентами из стали 08кп, обеспечивающих устойчивое плавление ленты и качественное формирование наплавляемого металла.

Т а б л и ц а 33. Режимы наплавки металлокерамическими лентами

Ширина ленты $b_{л}$ , мм	Толщина лен- ты $s$ , мм	Сила тока $I$ , А	Напряжение $U$ , В	Скорость наплав- ки $v_{н}$ , см/с
30	0,8...1,2	300...600	28...32	0,16...0,55
45	0,8...1,2	450...900	28...32	0,16...0,55
60	0,8...1,2	600...1200	28...32	0,16...0,55
75	0,8...1,2	750...1500	28...32	0,16...0,55
90	0,8...1,2	900...1800	28...32	0,16...0,55

Диапазон режимов, например, для электродной ленты размером 0,3...60 мм лежит в заштрихованной области, образованной перпендикулярами из точек  $I_{\min}$  и  $I_{\max}$  кривой  $b_{л}=60$  мм и ограниченной слева соседней кривой  $b_{л}=55$  мм (рис. 29, б).

Широкое применение получили металлокерамические ленты ЛМ-70ХЗНМ, ЛМ-20Х10Г10Т, ЛМ-1Х14НЗ, ЛМ-5Х4ВЗФС, разработанные в институте электросварки им. Е. О. Патона.

Наплавка вышеприведенными металлокерамическими лентами осуществляется на постоянном токе обратной полярности. Плотность тока на электроде 10...20 А/мм<sup>2</sup>, напряжение дуги 28...32 В, скорость наплавки изменяется в пределах 0,16...0,55 см/с. Скорость подачи ленты зависит от режимов наплавки и изменяется в пределах 15...150 м/ч.

Режимы наплавки металлокерамическими лентами приведены в таблице 33.

### Восстановление деталей контактной приваркой металлической ленты

Способ контактного электроимпульсного покрытия заключается в приварке металлической ленты в результате воздействия сварочных импульсов. Для того чтобы исключить нагрев детали и улучшить условия заковки приваренного слоя, в зону сварки подают охлаждающую жидкость.

При приварке ленты толщиной 0,3...0,4 мм рекомендуется емкость батарей конденсаторов 6400 мкФ.

Область регулирования напряжения заряда конденсаторов 260...425 В. Ленту приваривают при напряжении 325...380 В. Чем больше диаметр восстанавливаемой детали и толщина привариваемой ленты, тем больше используют напряжение заряда конденсаторов.

Свариваемость ленты с основным материалом в зависимости от амплитуды и длительности прохождения тока определяют по глубине вмятин сварной точки, количеству пор на поверхности деталей, шлифованных до номинального размера, и шелушению приваренного слоя толщиной 0,15...0,02 мм.

В таблице 34 указаны значения рассматриваемых параметров, полученные при приварке ленты из стали 45 толщиной 0,4 мм к деталям, изготовленным также из стали 45, диаметром 40 мм.

Таблица 34. Влияние энергетических параметров на качество сварного соединения

Емкость ба- тарей кон- денсаторов, мкФ	Амплитуда и длительность импульса сва- рочного тока	Глубина вмя- тин сварной точки, мм	Количество пор при их диамет- ре, мм			Шелушение, % от всей восстановлен- ной поверх- ности
			0,1..0,3	0,3..0,5	0,5..0,8	
1600	$\frac{13,9}{2,7}$	0,07	—	—	—	58
4000	$\frac{14,8}{4,4}$	0,08	15	30	12	12
5600	$\frac{15,0}{4,8}$	0,06	10	20	3	6
6400	$\frac{16,1}{5,5}$	0,06	3	5	2	2
8000	$\frac{16,6}{5,7}$	0,08	2	3	2	—
10 400	$\frac{17,2}{5,9}$	0,16	16	15	14	—

По мере увеличения импульса сварочного тока при емкости 6400 . . 8000 мкФ качество сварного шва улучшается (шелушение приваренного слоя снижается до 2%). В этих областях варьирования энергетических параметров наблюдается также наименьшее количество пор.

Импульсу тока 16...18 кА соответствует глубина зоны термического влияния 0,5...0,6 мм, а импульсу 14...16 кА — 0,4...0,5 мм.

Частота вращения детали, продольная подача сварочных клещей и частота следования импульсов являются важными параметрами процесса, задающими его производительность. Соотношение этих величин подбирают так, чтобы обеспечить 6 или 7 сварных точек на 1 см длины сварного шва (шаг вдоль рядков сварных точек 1,45...1,65 мм).

При ширине рабочей части сварочных роликов, равной 4 мм, рекомендуется величина подачи сварочных клещей 3 мм/об.

При восстановлении деталей диаметром до 50 мм наиболее рационально усилие сжатия 1,30...1,4 кН, а от 50 мм и более — 1,4...1,6 кН.

Наиболее качественную сварку обеспечивают электроды диаметром 180...150 мм, толщиной 20...25 мм и прямоугольным профилем рабочей части шириной 4 мм.

В качестве материалов для электродов используют специальные медные сплавы (табл. 35). Наилучшим материалом является бронза Бр. НБТ, а наиболее универсальным — бронза Бр. ХКд-0,5...0,3.

Т а б л и ц а 35. Характеристики материалов электродов

Материалы	Удельное сопротивление Ом·мм <sup>2</sup> /м	Минимальная электропровод- ность, % от электропровод- ности меди	Минимальная твёрдость, НВ	Состав, %
Хромокадмиевая бронза Бр.ХКд- 0,5...0,3	0,0219	85	110	Хром 0,25...0,45 Кадмий 0,17...0,35 Остальное медь
Хромовая бронза Бр.Х	0,023	80	120	Хром 0,4...1 Остальное медь
Хромоцирконие- вая бронза Бр. ХЦр-0,6... 0,05	0,023	80	140	Хром 0,45...0,65 Цирконий 0,01...0,6 Остальное медь
Сплав Мц4	0,025	75	110	Хром 0,4...0,8 Алюминий 0,08... 0,15 Магний 0,08...0,65 Остальное медь
Бронза Бр. НБТ	0,0385	50	170	Никель 1,4...1,6 Бериллий 0,2...0,4 Титан 0,05...0,15 Остальное медь
Медь М1	0,017	95	90	Медь 99

Для деталей диаметром 80...50 мм рекомендуются следующие режимы приварки ленты толщиной 0,4 мм:

частота вращения детали . . . . .	5 об/мин
подача сварочных клещей . . . . .	3 мм/об
усилие сжатия электродов . . . . .	1,5 кН
коэффициент трансформации . . . . .	36
ёмкость батарей конденсаторов . . . . .	6400 мкФ
напряжение заряда конденсаторов . . . . .	365 В
амплитуда импульса сварочного тока . . . . .	13,5 кА
длительность импульса сварочного тока . . . . .	10,8 мс
число сварочных точек на 1 см сварного шва . . . . .	6 или 7
количество охлаждающей жидкости . . . . .	1,5 л/мин

### Восстановление деталей электроконтактной наплавкой проволоки

Сущность электроконтактной наплавки заключается в совместном деформировании наплавляемого металла и поверхностного слоя металла основы, нагретых в очаге деформации до пластического состояния короткими (0,02...0,04 с) импульсами тока 10...20 кА. Деформация наплавляемого металла за цикл составляет 40...60%.

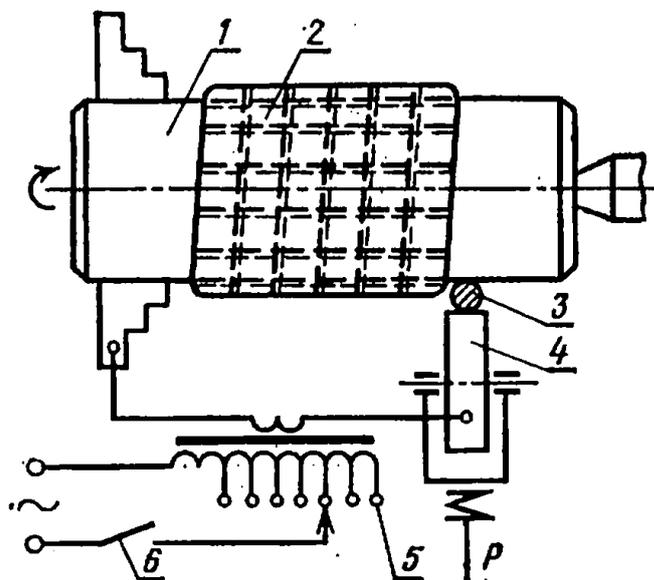


Рис. 30. Основная технологическая схема электроконтактной наплавки:

1 — наплавляемая деталь; 2 — наплавленный металл; 3 — присадочная проволока; 4 — наплавляющий ролик; 5 — трансформатор; 6 — прерыватель тока.

Основная технологическая схема наплавки показана на рисунке 30.

При двухточечной технологической схеме ток в зону наплавки подводится через два наплавляющих ролика. Одним импульсом тока наплавляют две диаметрально противоположные площадки металла (рис. 31).

Технология восстановления электроконтактной наплавки в высаженную канавку предусматривает предварительную электромеханическую высадку спиральной канавки на поверхности изношенной шейки вала (рис. 32, а) и последующую наплавку дополнительного металла в образовавшуюся канавку (рис. 32, б).

Прочность соединения наплавленного валика с основой в этом случае составляет 55...60 кгс/мм<sup>2</sup>.

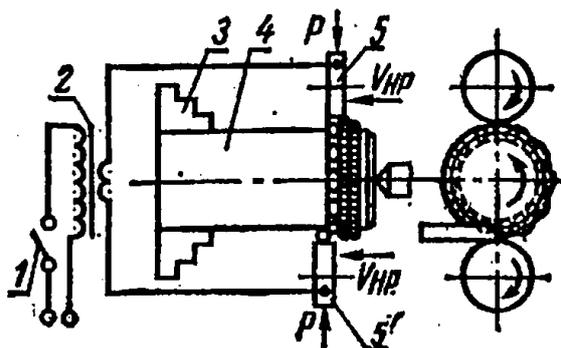
Оптимальным является следующий режим:

сила тока наплавки . . . . .	11 кА
давление на наплавляющий электрод . . . . .	0,8 кН
длительность импульса . . . . .	0,06 с
длительность модуляции . . . . .	0,04 с
длительность пауз между импульсами . . . . .	0,24 с
частота вращения детали . . . . .	9 об/мин

При схеме электроконтактной наплавки узких поясков импульсы тока подводятся в зону наплавки при помощи двух параллельных наплавляющих роликов, под которые подают присадочную проволоку с двух отдельных катушек (рис. 33).

Рис. 31. Двухточечная схема наплавки:

1 — прерыватель тока; 2 — трансформатор; 3 — кулачки патрона базового станка; 4 — металл основы; 5 и 5' — наплавляющие ролики;  $v_{н.р}$  — скорость наплавляющих роликов.



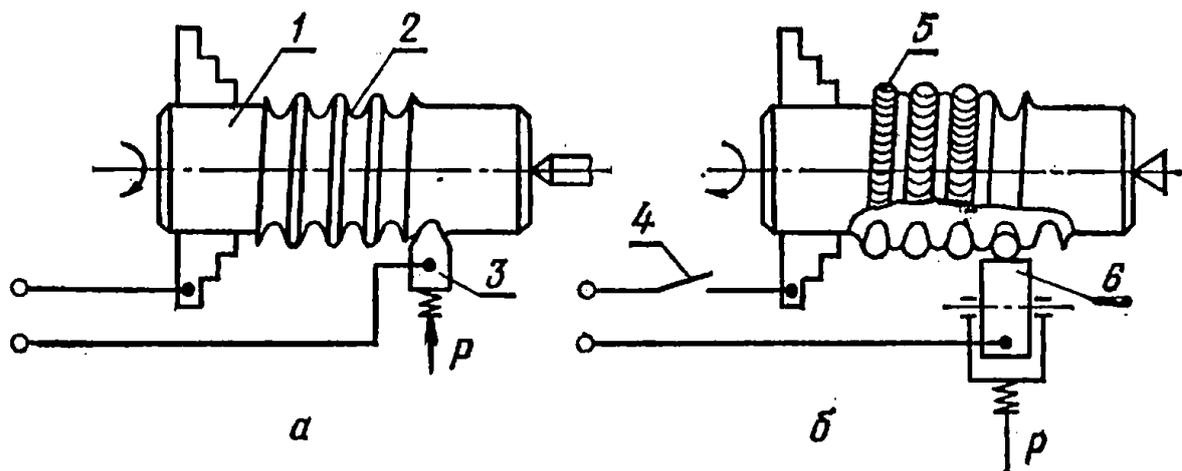


Рис. 32. Схема наплавки в высаженную канавку:

*a* — схема электромеханической высадки; *б* — схема электроконтактной наплавки; 1 — деталь; 2 — высаженная канавка; 3 — высаживающая пластина; 4 — прерыватель тока; 5 — наплавленный валик присадочного металла; 6 — наплавляющий ролик.

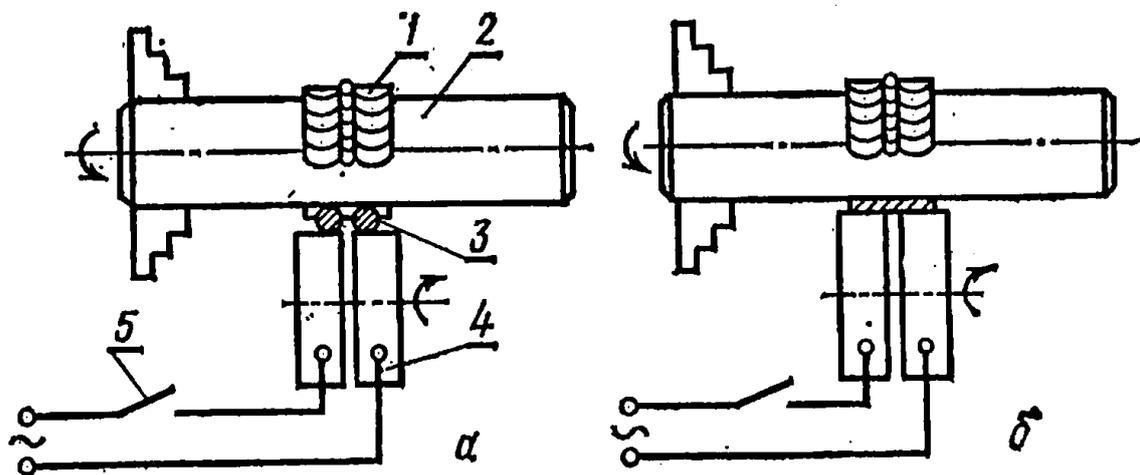
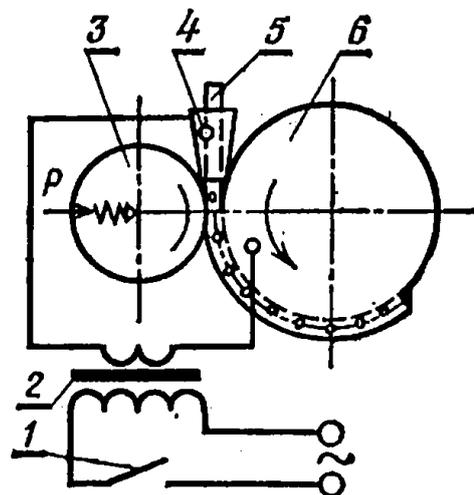


Рис. 33. Схема наплавки узких поясков:

*a* — перед включением импульса тока наплавки; *б'* — после прохождения импульса тока наплавки; 1 — наплавленный пояс; 2 — наплавляемая деталь; 3 — присадочная проволока; 4 — наплавляющие ролики; 5 — прерыватель тока.

Рис. 34. Схема наплавки нейтральным роликом:

1 — прерыватель; 2 — трансформатор; 3 — ролик; 4 — направляющая-токосъемник; 5 — присадочная проволока; 6 — наплавляемая деталь.



**Таблица 36. Режимы электроконтактной наплавки наружных поверхностных цилиндрических деталей**

Присадочная проволока	Диаметр $d_{\text{ц}}$ , мм	Сила тока наплавки $I$ , кА	Длительность импульсов, $t_{\text{д}}$ , с	Пауза, $t_{\text{п}}$ , с	Давление на электрод, $P$ , кН	Скорость наплавки, $v_{\text{д}}$ , м/мин	Подача $S$ , мм/об
Проволока П ГОСТ 9389—60	2	8,5...10	0,02	0,06	1,3	1,8...2,0	2,0...2,2
То же	2	7,5...9	0,04	0,08	1,3	1,6...1,8	2,0...2,2
»	1,6	7...8	0,02	0,06	1,1	1,8...2,0	1,6...1,8
»	1,6	5...6	0,04	0,08	1,1	1,6...1,8	1,6...1,8
Св-08, ГОСТ 2246—70	2,5	8,5...10	0,02	0,06	1,5	1,8...2,0	2,5...2,8
То же	2,5	7,5...9	0,04	0,08	1,5	1,6...1,8	2,5...2,8
»	2,0	8...9	0,02	0,06	1,3	1,8...2,0	2,0...2,2
»	2,0	7...8	0,04	0,08	1,3	1,6...1,8	2,0...2,2
»	1,6	7...8	0,02	0,06	1,1	1,8...2,0	1,6...1,8
»	1,6	5...6	0,04	0,08	1	1,6...1,8	1,6...1,8

Принципиальным отличием схемы электроконтактной наплавки нейтральным роликом является то, что импульсы тока подаются в зону наплавки через наплавляемую деталь и присадочную проволоку (рис. 34).

Производительность существующих установок наплавки 250 см<sup>2</sup>/мин при толщине наплавленного слоя металла 1 мм.

При потребляемой мощности в импульсе 40 кВ·А, токе наплавки 10 кА, длительности импульсов тока 0,02 с и паузах между импульсами 0,06 с приведенная мощность, потребляемая установкой, составляет 10 кВ·А.

На наплавку 1 кг металла при толщине слоя 1 мм расходуется 0,87 кВт·ч электроэнергии.

В таблице 36 приведены значения параметров режима для нескольких случаев электроконтактной наплавки.

### **Восстановление деталей электроконтактным напеканием порошка**

Схемы электроконтактного напекания металлических порошков, разработанные ЧИМЭСХ, представлены на рисунке 35.

Оптимальные режимы напекания порошка, обеспечивающие сцепление слоя в 120...150 МН/м<sup>2</sup>, лежат в пределах: по напряжению — 0,87...1,35 В на 1 мм толщины слоя, по давлению — 40...60 МН/м<sup>2</sup>, затратам энергии — 2,1...3,2 Вт·ч/г.

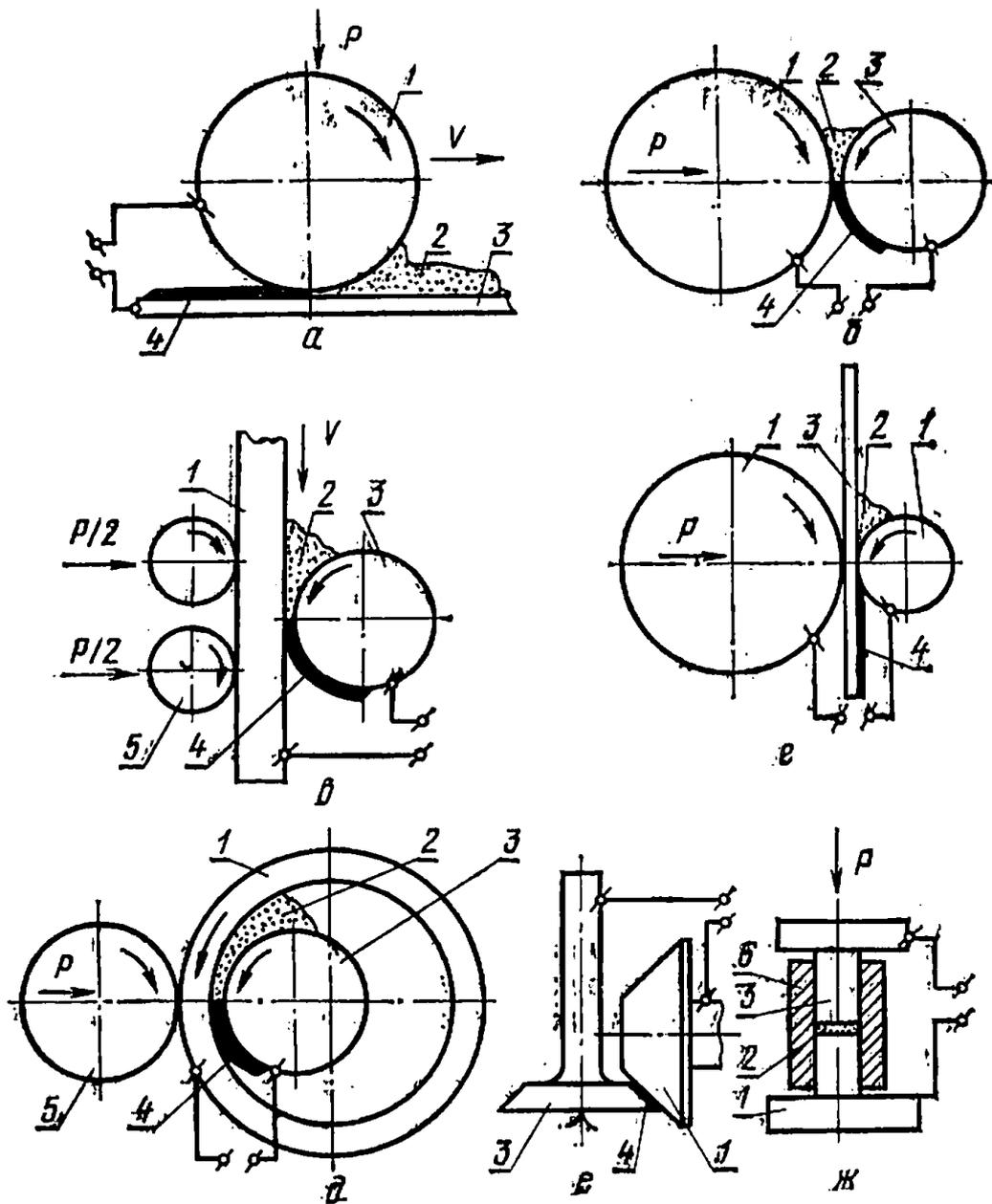


Рис. 95. Схемы электроконтактного напекания металлических порошков на поверхности деталей:

1 — ролик контактный (электрод); 2 — порошок металлический; 3 — деталь; 4 — слой; 5 — ролик нажимной; 6 — форма.

Пористость получаемого слоя на оптимальных режимах лежит в пределах 8...12%; твердость 70...82 HRB.

Напекание порошка с повышенным содержанием углерода ( $C = 0,84\%$ ) проводится на аналогичных режимах, что и для порошка АПМ. При этом сцепление слоя с металлом повышается до 220—250 Н/м<sup>2</sup>.

При напекании смеси из порошка АПМ и ферромарганца нужно значительно повышать удельные давления (до 60...80 МН/м<sup>2</sup>).

Напекание порошка сормайт-1 должно проводиться при высоких удельных давлениях (60...80 МН/м<sup>2</sup>) и пониженных напряжениях 0,73...1,05 В на 1 мм толщины слоя с тем, чтобы исключить плавление порошка.

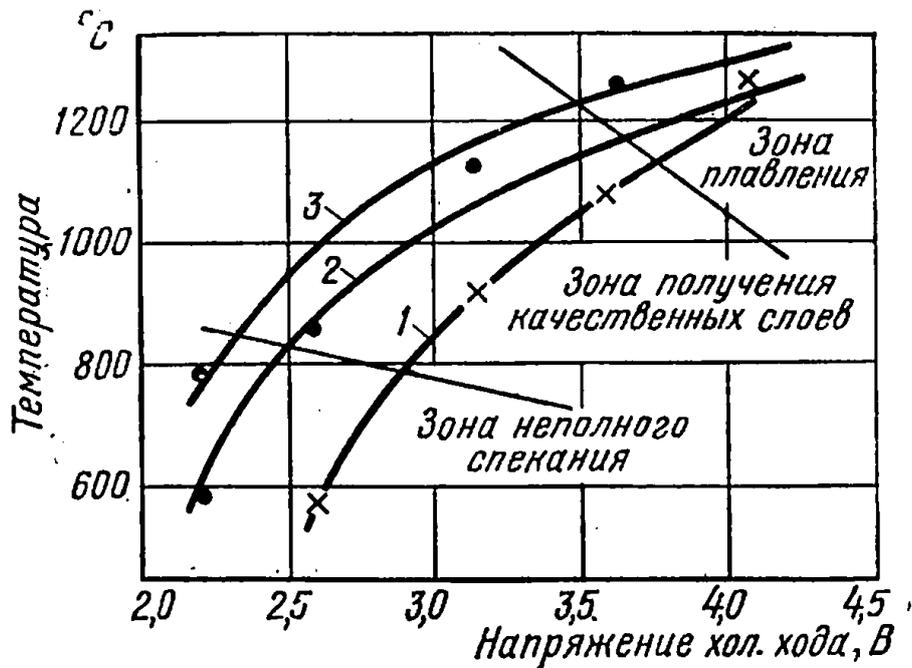


Рис. 36: Температура в граничной зоне в зависимости от напряжения холостого хода и скорости напекания:

(порошок АПХМ, диаметр детали 40 мм, диаметр ролика 100 мм, давление 200 кг на 1 см ширины ролика):  
 1 — при скорости напекания  $v_H = 0,37$  м/мин; 2 — при  $v_H = 0,25$  м/мин; 3 — при  $v_H = 0,17$  м/мин.

Напекание чугунного порошка из-за плохого качества формируемого слоя проводить не рекомендуется.

Напряжение холостого хода при напекании порошков должно быть в пределах 2,6...4 В.

Основное влияние на качество слоя и его сцепление с металлом оказывает скорость напекания, влияющая на температурный режим в процессе напекания (рис. 36).

При напекании на пониженных скоростях (0,12...0,17 м/мин) слой получается весьма плотным (пористостью не более 6...8%).

При повышении скорости напекания до 0,25 м/мин пористость несколько возрастает (до 10...12%), а качество сцепления улучшается в результате уменьшения окисления поверхности детали и порошка в процессе нагрева и формирования слоя.

Напекание порошка ведется «узким» роликом ( $\varnothing 4$  мм) по винтовой линии или «широким» на всю поверхность напекания с учетом соблюдения вышеприведенных режимов.

### Восстановление деталей металлизацией

Сущность способа заключается в нанесении на изношенные поверхности восстанавливаемых деталей покрытий «сырого» порошкового слоя или оболочки и последующей термической или термомеханической обработки.

Под «сырым» понимается слой из порошков, гранул, волокон, пластин, оболочек, армированных систем или композиции, нанесенных напесовкой, пульверизацией или другим способом, со свойст-

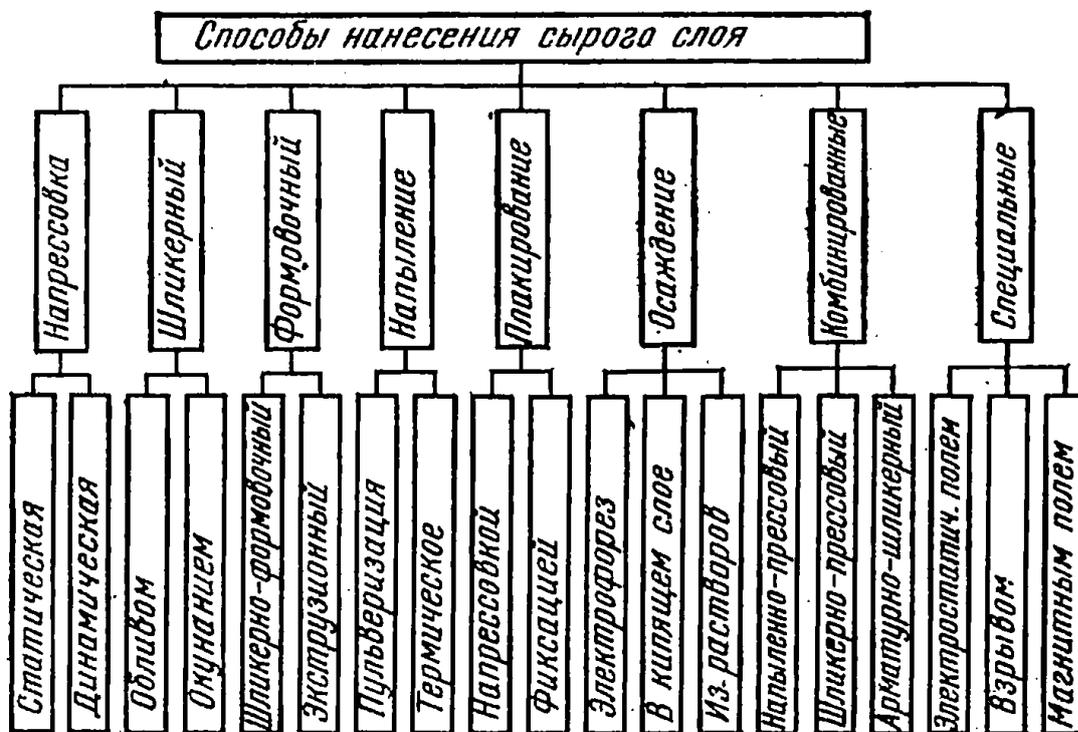


Рис. 37. Классификация способов нанесения сырого слоя.

вами, достаточными лишь для транспортировки и других манипуляций, связанных с последующей обработкой. Покрытие при металлизировании образуется в процессе термообработки за счет спекания сырого слоя и припекания его к поверхности изделия. Классификация нанесения «сырого» слоя дана на рисунке 37.

Характеристики способов нанесения «сырого» слоя представлены в таблице 37.

Классификация способов нагрева при металлизации дана на рисунке 38, а способов спекания — на рисунке 39.

При металлизировании широко применяют порошки металлов и сплавов (табл. 38). Металлические композиции позволяют получать износостойкие, коррозионно-стойкие и другие покрытия.

Технологию нанесения покрытий металлизированием маркируют в зависимости от способа нанесения слоя и операции его спекания. Маркировка основана на буквенно-цифровых обозначениях. Вначале ставят букву, определяющую операцию нанесения сырого слоя: Ш — шликерный способ, Э — экструзионный, Н — напрессовка, М — напыление, О — осаждение, П — плакировка, Ф — формовочный, К — комбинированный, С — специальные. Операцию спекания маркируют цифрами; 1 — с общим нагревом, 2 — с частичным нагревом, 3 — с двукратным нагревом и подпрессовкой между ними, 4 — припекание трением, 5 — спекание под давлением, 6 — горячее припрессование, 7 — спекание с ударной нагрузкой, 8 — спекание с виброударной нагрузкой.

Полная маркировка технологии нанесения покрытий включает в себя режимы нанесения слоя и его спекания: давление припрессования сырого слоя в Н/м<sup>2</sup> стоит в скобках после буквы Н, а горячего припрессования — после цифры 5; затем указывают температуру нагрева (°С), время выдержки в минутах, среду. При этом

38 Таблица 37. Некоторые характеристики способов нанесения «сырого» слоя и свойства получаемых ими слоев

Способ нанесения	Исходный материал		Пронзводительность способа (относительная оценка)	Свойства слоя			
	форма	размер, мкм		толщина, мм	пористость, %	прочность, Н/м <sup>2</sup>	
						на разрыв слоя	связи с осно- ванием
Напрессовка	Порошки, гра- нулы, стружка	1...2000	Высокая	0,5...10	5...25	2...16	0,6...2,4
Шликерный *	Порошки	0,1...100	»	0,02...1,2	22...65	0,4...10	0,2...1,0
Формовочный	Порошки, гра- нулы	1...2000	»	1,5...8	18...45	0,6...12	0,2...1,5
Пульверизация	Порошки	1...100	»	0,06...1,2	25...65	0,4...6	0,4...1,5
Термическое напыление	Порошки, про- волока	1...5	Средняя	0,1...4	5...20	50...200	5...25
Плакирование **	Оболочки, пла- стины	Толщина 0,1...10 мм	Высокая	0,1...10	0...30	5...1000	0,8...15
Осаждение	Порошки	0,1...25	Средняя	0,1...2	3...25	—	—
Напыленно-прессовый	Порошки, гра- нулы, стружка	1...2000	Высокая	1,5...10	5...25	5...10	10...30
Напыленно-плакировоч- ный	Оболочки	0,1...10 мм	Высокая	0,4...10	0...30	5...1000	6...30
Шликерно-прессовый	Порошки	0,1...100	—	0,5...1,5	5...15	1,2...16	0,4...2,6

\* Шликерный способ — нанесение на восстанавливаемую поверхность деталей исходного материала в виде жидкотекучей массы, состоящей из металлического порошка и связующих компонентов, обливом или окунанием.

\*\* Плакирующий способ — фиксация на изношенные поверхности восстанавливаемых деталей заранее приготовленных тонко-стенных оболочек.

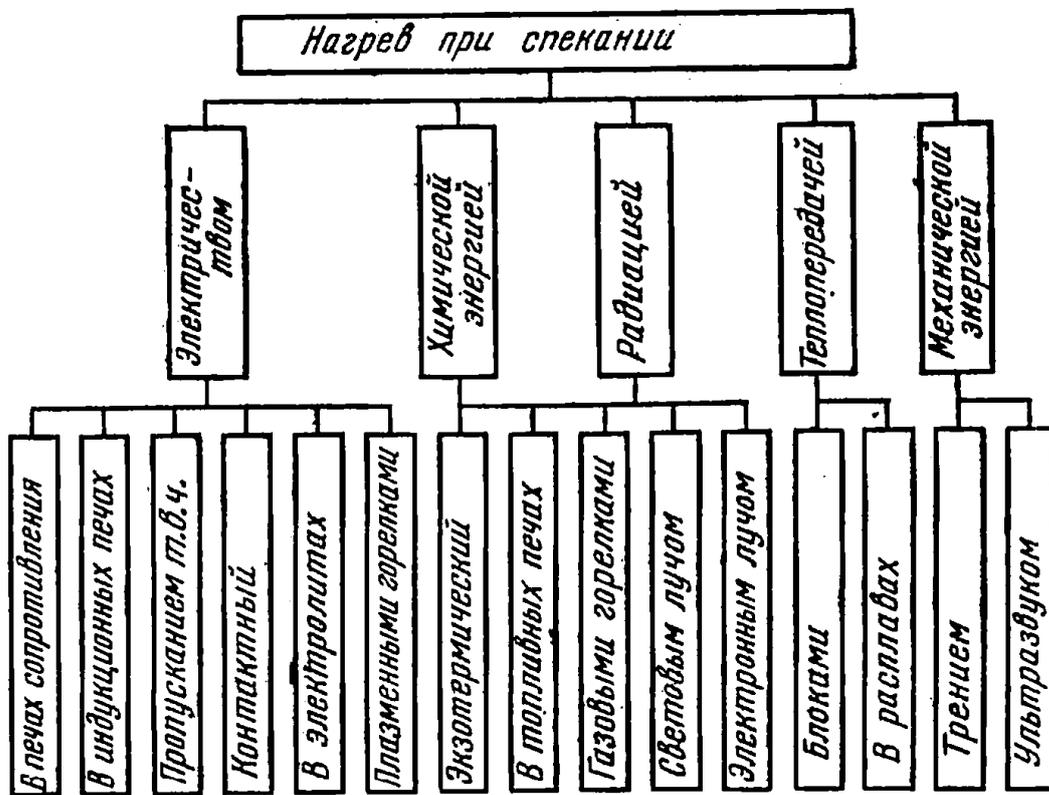


Рис. 38. Классификация способов нагрева при металлургии.

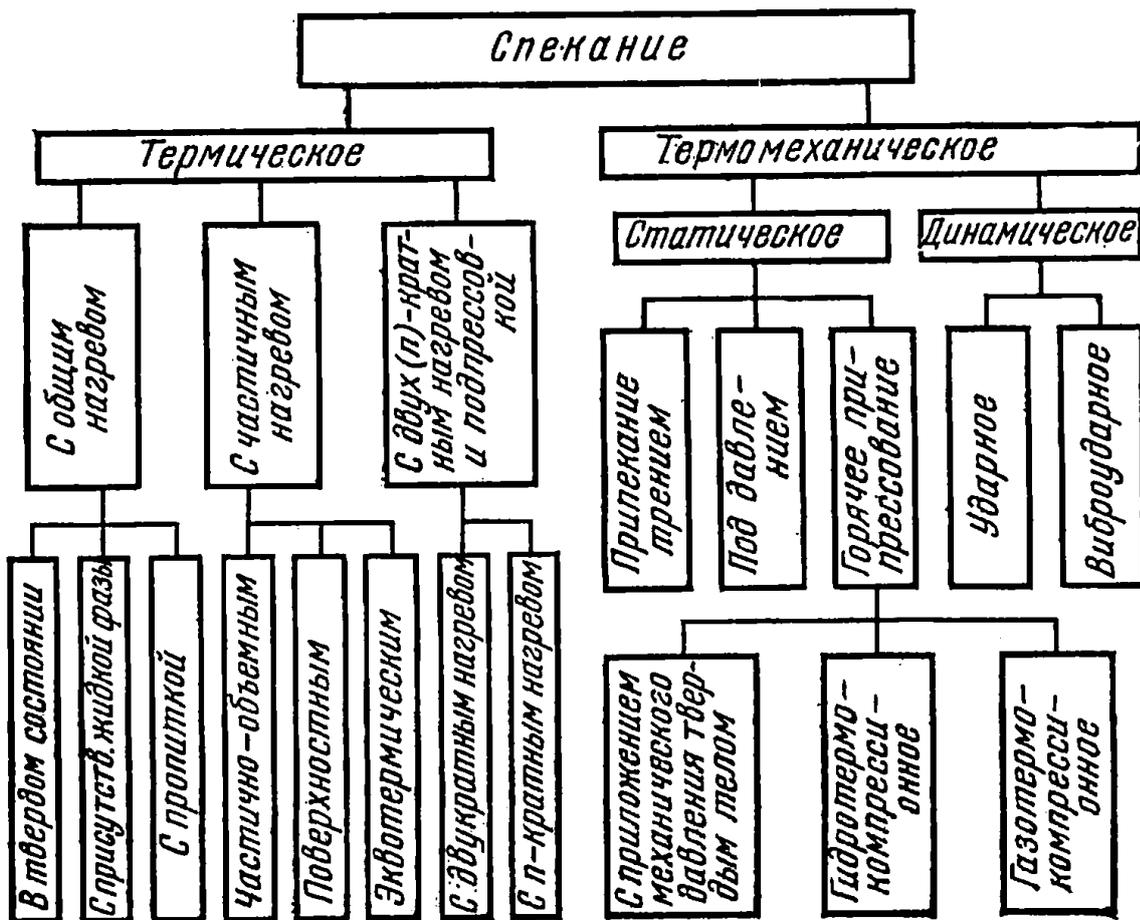


Рис. 39. Классификация способов спекания сырого слоя при металлургии.

Т а б л и ц а 38. Порошки, применяемые при металлизации

Наименование порошков	ГОСТ, ОСТ или техническое условие	Марки
Железный	ГОСТ 9849—74	ПЖО, ПЖ1, ПЖ2, ПЖ3, ПЖ4, ПЖ5, ПЖ6, ПЖ7
Медный	ГОСТ 4960—75	ПМ, ПМу, ПМА, ПМС-1, ПМС-Н, ПМС-8, ПМС-2
Титановый	ЧМТУ1-875—70 ЧМТУ1-866—70	ПТК ПТ
Никелевый	ГОСТ 9722—71	ПНК, ПНЭ
Кобальтовый	ГОСТ 9721—71	ПК-1, ПК-2
Молибденовый	РС 1343—68 ТУ 48-19-69—73	1, 2, 3 МПЧ
Вольфрамовый	РС1341—68 ТУ 48-42-88—71 ТУ 48-19-70—73	ПВ1, ПВ2, ПВ3 В ВЧДК
Серебряный	ГОСТ 9724—61	ПС1 и ПС2
Свинцовый	ГОСТ 16138—70	ПСА
Оловянный	ГОСТ 9723—73	ПОЭ, ПО1, ПО2, ПО3, ПАО, ПА1, ПА2, ПА3, ПА4
Сплавы для наплавки	ГОСТ 21448—75	ПГ-С27, ПГ-С1, ПГ-УС25, ПГ-Ф6Х6-2, ПГ-АГ1, ПГ-СР2, ПГСР-3
Коррозионно-стойкая сталь	ГОСТ 14086—68	ПРОХ18Н10, ПРХ18Н9
Смеси	ТУ 48-19-122—24	ПС-14-80, ПС-14-60 ПС-15-30
Сплав связки	ТУ 48-19-123—74	ЛГС-1, ЛГС-2
Латунный	ТУ 48-08-418—71	ПЛ-36
Никель-алюминиевый	ТУ 48-5-76—73	—
Оловянно-свинцовый	ГОСТ 1499—70	ПОС-40
Титановый антикоррозионный	ТУ 48-10-975	ПТ
Сплав никель-хром — бор		СНГН

водород обозначают Н<sub>2</sub>, аргон — Аг, эндотермический газ — Энд., вакуум — Вк; жидкую и твердую среды отмечают в виде химического обозначения материала ВаСl, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и т. д. Так, например: Н (300)5(0,5)—900—30—Н<sub>2</sub> — технология нанесения покрытий, сырой слой которого нанесен напрессовкой с давлением 300 МПа и спечен под давлением 0,5 МПа, в среде водорода при 900° С в течение 30 мин.

Металлизированные покрытия маркируют также на основе буквенно-цифровых обозначений. Сначала ставят буквы, определяющие форму исходного материала: П — порошок, Г — гранулы, А — ар-

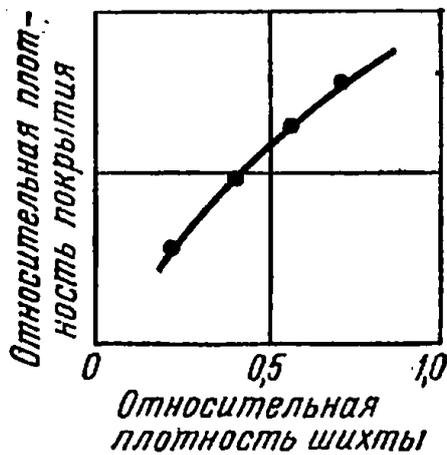


Рис. 40. Зависимость плотности покрытия от плотности шихты.

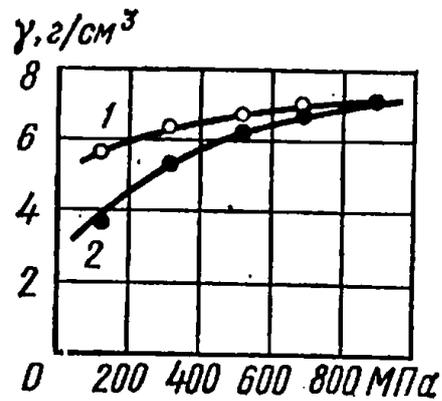


Рис. 41. Зависимость плотности железного покрытия от давления при прессовывании ( $T_{сп}=900^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{сп}=900$  мин; среда —  $\text{H}_2$ ):

1 — плотность насыпки 5,02; 2 — плотность насыпки 2,22.

мирующие пластинки, О — оболочка, В — волокна, проволока, С — стружка мелкая. Химический состав порошков обозначают в соответствии с маркировкой, принятой в порошковой металлургии: ПЖ — железный порошок, ПМ — медный порошок и т. д. Химический состав гранул, пластин, оболочек, проволоки маркируют в соответствии с обозначениями, принятыми в материаловедении (металловедении): ОН — никелевая оболочка, АВК8 — пластины из твердого сплава ВК8 (92WC, 8Co). Шихту сложного состава маркируют составным обозначением. ГВК6+18ПН — шихта, состоящая из 82% гранул из ВК6 (94WC, 6Co) и 18% порошка никеля; СЧ — стружка чугунная и т. д.

Полная маркировка покрытий состоит из маркировки химического состава и технологии: ГВК6+12ПМ—Ф1—1150—15— $\text{H}_2$  — покрытие из гранул ВК6 и 12% меди, сырой слой которого нанесен формовочным способом, а спечен в среде водорода при  $T_{сп}=1150^{\circ}\text{C}$  в течение 15 мин; ПН+12 $\text{Al}_2\text{O}_3$ —Ш6(20)—1250—10—ВК — композиционное покрытие из никеля с 12% окиси алюминия, сырой слой нанесен шликерным способом, горячее припрессование  $T_{сп}=1250^{\circ}\text{C}$ , усилие припрессования 20 МПа, среда вакуум. Чтобы уточнить технологию нанесения сырого слоя и его спекания, иногда ставят вторую букву: ФЭ — экструзионно-формовочный способ нанесения сырого слоя, ИП — спекание с пропиткой, ЭЛ — электронно-лучевой нагрев, Э — экзотермический нагрев и т. д. Если после спекания применяют подпрессовку, то в конце ставят Пд; применение калибровки отмечается буквой К.

Металлизированием можно наносить покрытия с самыми разнообразными свойствами по прочности ( $\sigma_{в1}=50\text{...}1200$  Н/м<sup>2</sup>), твердости до НРА 93, пористости (0...60%), структуре и по другим характеристикам.

Плотность покрытия зависит от плотности исходной шихты, давления при прессовании, вида и режимов спекания. Зависимость плотности показана на рисунке 40. Плотность покрытия пропорциональна плотности исходной шихты. Из рисунка 41 видно, что наи-

Таблица 39. Свойства металлизированных покрытий

Покрытие	Пористость, %	Прочность $\sigma_{В1}$ , Н/м <sup>2</sup>	Твердость	Примечание
ВА—М1—550—120—Н <sub>2</sub>	12...13	35...40	—	После Пд* $\sigma_{В1}=70$ Н/м <sup>2</sup>
ПЖ1С—Ш1—880—120— —Н <sub>2</sub>	42	5...8	—	—
ПЖ1С—Ш3—880—60— —Н <sub>2</sub> —Пд*	3	186	НВ 72	—
ПЖ1С—Н1П—1080—20— —Н <sub>2</sub>	2	312	НВ 286	Пропитка
ПЖ1С—20ВК6—Н1— —1250—90—Н <sub>2</sub>	3,5	—	НВ 400	После проков- ки и закалки 54Н С
СЧ+30Ср+30ПЖ— —Н1—1080—30—Н <sub>2</sub>	8	164	—	—
ППХ20Н80+12А1 <sub>2</sub> О <sub>3</sub> — —М6—1200—Н <sub>2</sub>	0,5	—	НВ 242	Прокатка
СНГН—Н <sub>2</sub> —1300—ВК	0,5	—	НRC 50	—
ПП35ВК15—М7—1250— —30—Эк	1	—	НRC 62	—
ВВ—К2 (эл.)**	0,2	520	НВ 300	—
ПК+12А1 <sub>2</sub> О <sub>3</sub> —Ш6— —1250—ВК	1	—	—	Прокатка
ПК+25МоSi <sub>2</sub> —Ш6— —1350—ВК	1,5	—	—	»
ПР18+2ПМ—Н1—1100— —10—Н <sub>2</sub>	0,5	310	НRC 52...60	»
ГВК6+6ПМ+3ПН—Н7— —1050—10	2	380	1500***	Гранулы
ГМНТ+20ПМФ7—Н5— —1080—60	8...10	—	2500***	Покреты Ni
ОТ30К6—П6—1060—Н <sub>2</sub>	0,2	$\sigma_{ИЗ}=800$	НРА 90	—
ОМНТ—П6—1100—Н <sub>2</sub>	0,3	$\sigma_{ИЗ}=700$	НРА 91	—
ОМ+30Ср—П6—1000— —10—Н <sub>2</sub>	0,5	210	—	Прокатка
ОМ+70В—П6—1000— —10—Н <sub>2</sub>	0,5	—	—	»

\* Пд — подпрессовка.

\*\* Эл. — электронно-лучевой нагрев.

\*\*\* Микротвердость, кгс/мм<sup>2</sup>.

более приемлемое давление припрессования 200...700 МПа. При этом плотность составляет 70...90%.

В таблице 39 приведены данные по прочности на разрыв  $\sigma_{\text{л}}$  и твердости металлизированных покрытий, откуда видно, что прочность зависит от вида и режимов нанесения.

Количество материала, необходимого для нанесения покрытий  $Q_1$ , кг, зависит от площади покрываемой поверхности  $S$ , м<sup>2</sup>, и толщины слоя  $h_1$ :

$$Q_1 = Sh_1 \gamma_i = Sh_1 (1 - \theta) \gamma_M, \quad (42)$$

где  $\gamma_i$  и  $\gamma_M$  — плотность покрытия и компактной части покрытия, г/см<sup>3</sup>;

$\theta$  — относительная пористость.

Для деталей, работающих на износ, толщину покрытия принимают равной

$$h_1 = t_{\text{н}} + l_p + K_{\text{п}}. \quad (43)$$

Величину допустимого износа  $t_{\text{н}}$ , мм, принимают из технических условий эксплуатации соответствующего узла. В большинстве случаев  $t_{\text{н}} = 0,3...3$  мм; перекрытие основного металла  $l_p = 0,05...0,2$  мм; припуск на механическую обработку принимают в зависимости от разновидности спекания: при спекании с поверхностным и общим нагревом  $k_{\text{п}} = 0,5...1,2$ , при термомеханическом способе  $k_{\text{п}} = 0,3...0,5$ , а при использовании калибровки  $k_{\text{п}} = 0...0,3$  мм.

Для жаро- (кислотно- и т. п.) стойких покрытий

$$h_1 = vt_y.$$

где  $v$  — скорость окисления (растворения), мм/ч;  
 $t_y$  — устанавливаемый срок службы изделия, ч.

## Глава 4

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПАЙКОЙ

Сущность метода восстановления неразъемных соединений пайкой заключается в том, что детали соединяются при помощи вводимого в зазор промежуточного металла или сплава (припоя), взаимодействующего с основным металлом и образующего жидкую металлическую прослойку, кристаллизация которой приводит к образованию паяного шва.

Процесс образования паяного шва включает в себя нагрев металла шва до температуры, близкой к температуре плавления припоя, расплавление припоя, растекание паяемого шва, взаимодействие основного металла с жидким припоем, кристаллизацию жидкого припоя. На рисунке 42 показаны разновидности методов пайки металлов.

Качество, прочность и эксплуатационная надежность паяного соединения зависят в первую очередь от правильного выбора припоя. Припои, имеющие верхнюю температурную границу плавления до 500°С, относят к мягкоплавким, а все остальные ( $T_{\text{пл}} \geq 500^\circ$ ) — к тугоплавким (рис. 43).

Наибольшее применение в ремонтном производстве имеют оловянно-свинцовые припои (табл. 40 и 41). Для пайки алюминия применяют припои с добавкой цинка и кадмия.

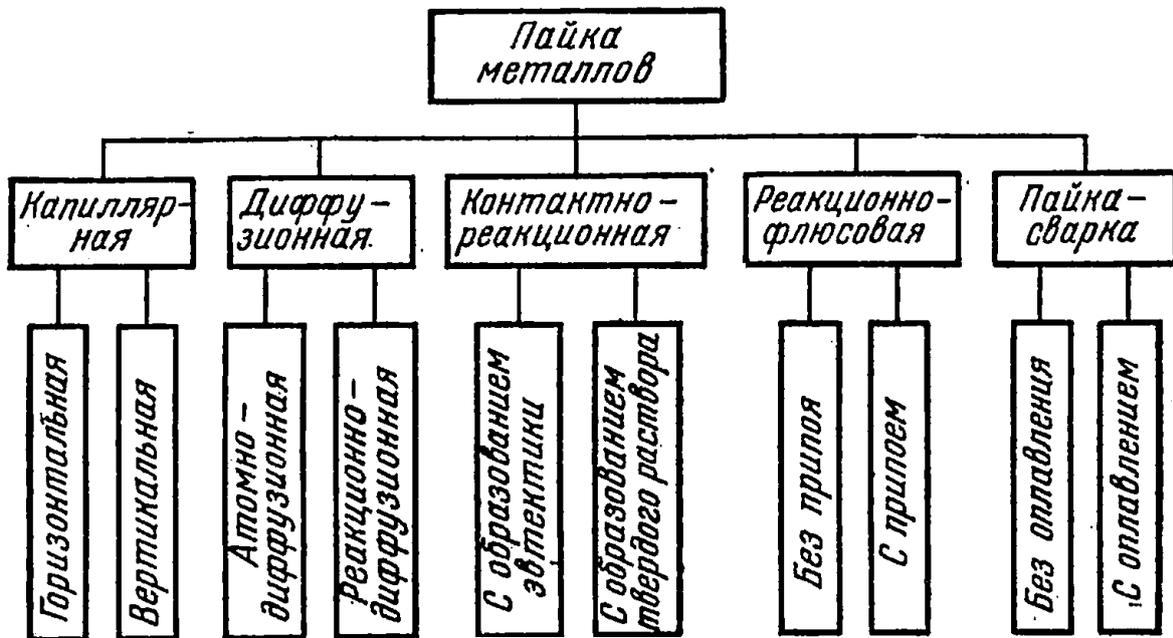


Рис. 42. Разновидности методов пайки металлов.

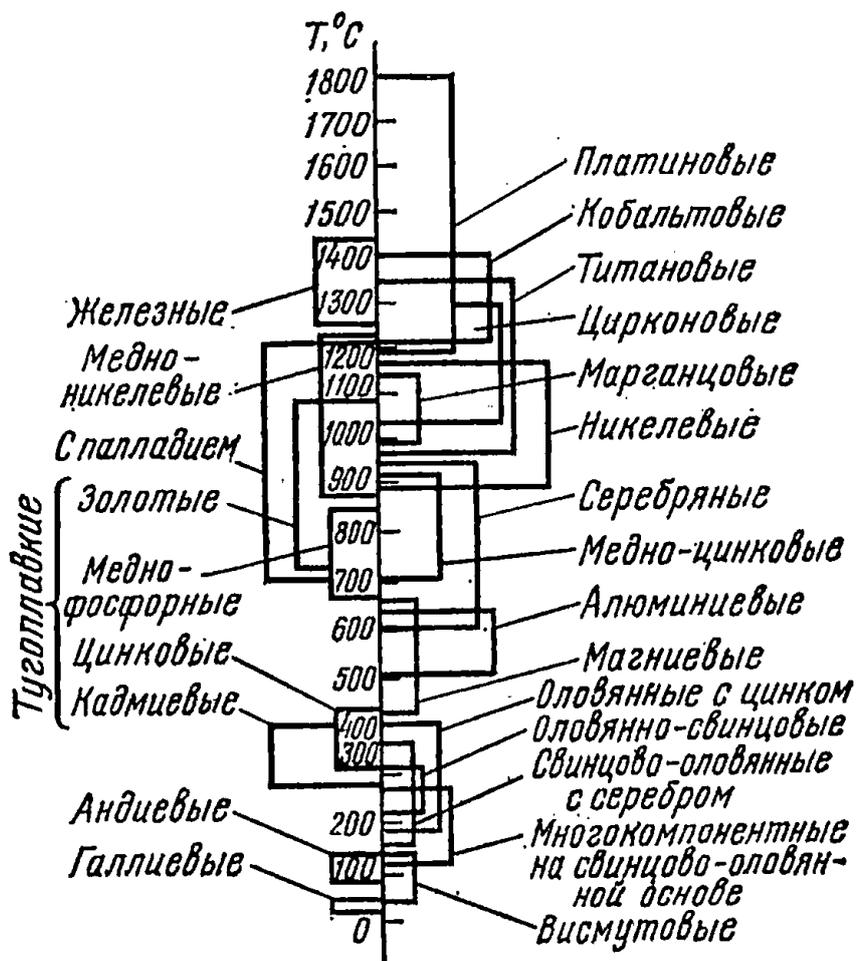


Рис. 43. Температурные границы применения припоев.

Таблица 40. Химический состав оловянно-свинцовых припоев

Марка припоя	Содержание элементов, %, остальное Pb		Температура, °C	
	Sn	Sb	начала плавления	конца плавления
ПОС 90	89...90	0,15	188	220
ПОС 61	59...61	0,8 -	188	185
ПОС 50	49...50	0,8	183	210
ПОС 40	39...40	1,5...2	183	235
ПОС 30	29...30	1,5...2	183	256
ПОС 18	17...18	2...2,5	183	277
ПОС С 4—6	3...4	5...6	245	265

Примечание. По требованию потребителя припой марок ПОС 30 и ПОС 40 поставляют с содержанием сурьмы до 0,25%.

Таблица 41. Свойства оловянно-свинцовых припоев

Марка припоя	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Удельное сопротивление, Ом·м <sup>2</sup> /м	Предел прочности на растяжение, МН/м <sup>2</sup>	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, Нм/см <sup>2</sup>	Твердость по Бринеллю HB
ПОС 90	7,7	—	4,3	25	1,85	13
ПОС 61	8,54	0,145	4,7	34	3,80	12,6
ПОС 50	8,83	0,156	3,6	32	4,59	15,6
ПОС 40	9,31	0,170	3,2	63	4,75	12,6
ПОС 30	9,68	0,182	3,3	58	4,67	10,1
ПОС 18	10,23	0,220	2,8	67	3,86	10,5
ПОС С 4—6	10,7	—	5,9	23,7	0,80	14,2

Медь марок М0 и М1 применяют при пайке деталей из конструкционных сталей, никелевых сплавов, углеродистых и нержавеющей сталей.

Припой ПМЦ36, ПМЦ48 и ПМЦ54 малопластичны, их используют главным образом для пайки меди и сплавов на ее основе. Для припайки быстрорежущей стали и твердых сплавов применяют припой ГПФ и ГФК (табл. 42).

Наибольшее распространение получили припой системы серебро—медь—цинк (табл. 43). Они обладают высокой прочностью и пластичностью.

Серебряные припой применяют для пайки черных и цветных металлов, самые распространенные из них ПСр26 и ПСр45. Их используют для пайки стали, меди, бронзы, латуни.

Таблица 42. Припой для пайки пластин из быстрорежущей стали с державками

Марка припоя	Химический состав припоя, % по массе						Температура, °C	
	Cu	Zn	Fe	Ni	Mn	Si	начало плавления	полного расплавления
ГПФ	66...72	—	12...14	10...14	4...5	1...1,8	1280	1190
ГФК	62...71	6...8	5...7	4...5	5...6	3...4	955	935

Таблица 43. Химический состав и физико-механические свойства серебряно-медно-цинковых припоев

Марка припоя	Состав по массе, %			Температура, °C		Плотность, г/см <sup>3</sup>	Предел прочности при растяжении, МН/м <sup>2</sup>	Относительное удлинение, %
	Ag	Cu	Zn	начало плавления	полного расплавления			
ПСр70	70±0,5	26±0,5	4+1	730	755	9,8	30...35	—
ПСр65	65±0,5	20±0,5	15 <sup>+1</sup> <sub>-1,5</sub>	740	—	9,6	30...35	—
ПСр45	45±0,5	30±0,5	25 <sup>+1</sup> <sub>-1,5</sub>	660	725	9,1	37...50	16...35
ПСр25	25±0,3	40±1	35 <sup>+1,5</sup> <sub>-2</sub>	745	775	8,7	28	—
ПСр12М	12±0,3	52±1	36 <sup>+1,5</sup> <sub>-2</sub>	780	825	8,5	18,5	—
ПСр10	10±0,3	53±1	37 <sup>+1,5</sup> <sub>-2</sub>	815	850	8,45	—	—

Таблица 44. Припой и флюсы для пайки углеродистых и низколегированных сталей

Способы нагрева детали	Припой	Флюсы	
		название или марка	химический состав, %
Паяльником	На оловянной и свинцовой основах	Канифоль Хлористый цинк Хлористый цинк, хлористый аммоний	Канифоль 100 Хлористый цинк 75, вода 25 Хлористый цинк 18, хлористый аммоний 6, вода 76

Способы нагрева детали	Припой	Флюсы	
		название или марка	химический состав, %
Газопламенными горелками в печах с контролируемой атмосферой	Медно-цинковые, серебряные, медь	Бура Бура и борная кислота № 209	Бура обезвоженная 100 Бура обезвоженная 50, борная кислота 50 Фтористый калий (обезвоженный) 42, фторборат калия 23, борный ангидрид 35
Электроконтактным и индукционным нагревом	Оловянно-свинцовые, медно-свинцовые, медные, серебряные	Хлористый цинк Бура Бура и борная кислота № 209	Хлористый цинк 75, вода 25 Бура обезвоженная 100 Бура обезвоженная 50, борная кислота 50 Фтористый калий (обезвоженный) 42, фторборат калия 23, борный ангидрид 35
В соляных ваннах	Медно-цинковые, медные, серебряные	То же	То же

Т а б л и ц а 45. Припой и флюсы для пайки чугуна

Способы нагрева деталей	Припой	Флюсы	
		название или марка	химический состав, %
Паяльником	Оловянно-свинцовые	Хлористый цинк Хлористый цинк и хлористый аммоний	Хлористый цинк 75, вода 25 Хлористый цинк 50, хлористый аммоний 50
Газопламенными горелками, в печах с контролируемой атмосферой	Медь, медно-цинковые	Бура Бура и борная кислота 284	Бура обезвоженная 100 Бура обезвоженная 50, борная кислота 50 Фтористый калий (обезвоженный) 25, фторборат калия 42, борный ангидрид 23
Индукционный	Медно-цинковые	То же	То же

Т а б л и ц а 46. Флюсы для различных способов пайки

Способы нагрева деталей	Припой	Флюсы	
		название или марка	химический состав, %
Паяльником	На оловянной и свинцовой основах	Канифоль КЭ	Канифоль 100
		ЛТИ	Канифоль 30, спирт этиловый 70 Канифоль 24, триэтиламин 2, диэтиламин солянокислый 4, спирт этиловый 70.
		ЛК	Канифоль 28, хлористый цинк 3, спирт этиловый 68
		Хлористый цинк	Хлористый цинк 75, вода 25
		Смесь хлористого цинка и хлористого аммония	Хлористый цинк 50, хлористый аммоний 50
		Паста 15—85	Хлористый цинк 15, вазелин 85
Газопламенными горелками	Медно-никелевые, медно-фосфорные, серебряные	Флюс паста	Вазелин 74, хлористый цинк 20, хлористый аммоний 5, вода 1
		Бура Смесь буры и борной кислоты № 209	Бура обезвоженная 100 Бура обезвоженная 50, борная кислота 50
Электроконтактным нагревом	Оловянно-свинцовые, медно-цинковые, медно-фосфорные, серебряные	Хлористый цинк Бура	Фтористый калий 42, фторборат калия 23, борный ангидрид 35 Хлористый цинк 75, вода 25 Бура обезвоженная 100
		Смесь буры и борной кислоты № 209	Бура обезвоженная 50, борная кислота 50 Фтористый калий 42, фторборат калия 23, борный ангидрид 35

Получить паяное соединение хорошего качества не всегда возможно без применения дополнительных материалов — флюса.

Флюсы для плавки тугоплавкими припоями подразделяют на две группы: для припоев с температурой пайки от 850 до 1100°С и с температурой пайки 600...850°С.

К первой группе относят флюсы для пайки медью, медно-цинковыми припоями и припоями на основе серебра: к ним относят флюсы № 1, БМ-1, 200, 201.

Ко второй группе относят флюсы на основе фтористых соединений: к ним относят флюсы марок 209, 284.

Пайку углеродистых низколегированных сталей можно выполнять способами, указанными на рисунке 42, а припой и флюсы для их пайки приведены в таблице 44. При пайке чугуна с поверхности

**Т а б л и ц а 47. Флюсы, применяемые с алюминиевыми и оловянно-свинцовыми припоями**

Способы нагрева детали	Припой	Флюсы	
		марка	химический состав, %
Паяльником, ультразвуком, газовым пламенем	На основе алюминия	34А	Хлористый калий 50, хлористый литий 32, хлористый цинк 8, фтористый натрий 10
		Ф320	Фтористый калий 28, фтористый литий 42, фтористый цинк 24, фтористый натрий 6
		Ф370	Фтористый калий 47, фтористый литий 38, фтористый кадмий 10, фтористый натрий 5

деталей пескоструйной обработкой удаляют графит с последующим его выжиганием окислительным пламенем газовой горелки или электрохимической обработкой в соляной ванне при температуре 450...510° С. В дальнейшем пайку чугунных деталей проводят так же, как и стальных.

Материалы для пайки чугунных деталей в зависимости от способа нагрева приведены в таблице 45.

При пайке меди оловянно-свинцовыми и другими легкоплавкими припоями целесообразно пользоваться спирто-канифольным флюсом. Для пайки латуни можно использовать флюсы ЛК-2, ЛТИ-120 и др.

Флюсы применяемые для различных способов пайки, приведены в таблице 46.

При пайке алюминия применяют активные флюсы типа 34А, а в качестве припоя чаще всего используют сплавы на основе алюминия (34А, П590А, П575, П550А и др.) (табл. 47).

Во избежание коррозии после пайки нужно смыть остатки флюса с детали проточной водой в течение 15...20 мин и обработать в 5%-ном растворе хромового ангидрида (5...10 мин).

## **РЕЗКА МЕТАЛЛА ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ**

**Кислородная резка.** Кислородная резка основана на сгорании металла в струе технически чистого кислорода.

Для кислородной резки пригодны горючие газы и пары горючих жидкостей, дающие температуру пламени при сгорании в смеси с кислородом не менее 1800° С. Особенно важную роль при резке имеет чистота кислорода. Для резки необходимо применять кислород с чистотой 98,5...99,5%.

Для ручной разделительной резки широко применяют резаки типов «Пламя-62» и РГС-60М. Резак РГС-60М вставной, его присоединяют к стволам сварочных горелок «Москва» и ГС-3. Кроме этих резаков, применяют также универсальный резак РУ-66. Универсальный резак предназначен для ручной резки с использованием подогревающего пламени, образуемого смесью ацетилена или газов — заменителей ацетилена с кислородом.

Резак РУ-66 выпускают в трех исполнениях:

РУ — для резки стали с использованием в качестве горючего ацетилен и газов заменителей

РУА — для резки стали с использованием в качестве горючего только ацетилен;

РУЗ — для резки стали с использованием в качестве горючего газов — заменителей ацетилен.

Для срезания головок заклепок применяют вставной резак РАЗ-60, который присоединяют к стволам горелок «Москва» и ГС-3.

Кислородно-флюсовая резка. Обычная кислородная резка хромистых и хромоникелевых сталей, а также чугуна, меди и ее сплавов практически невозможна. Для резки этих металлов применяют кислородно-флюсовую резку.

Кислородно-флюсовая резка заключается в том, что в струю режущего кислорода подают порошкообразный флюс (преимущественно железный порошок). В зависимости от химического состава разрезаемого металла применяют флюсы ПЖ-2М, ПЖ-5М (ГОСТ 9849—61) и др.

Дуговая резка металлическим электродом. Сущность этого способа резки заключается в том, что металл в месте реза проплавляют электрической дугой. Обычно при резке металлическим электродом сила тока на 20...30% больше, чем при сварке электродами такого же диаметра. Металлическим электродом можно резать чугун, нержавеющие стали и цветные металлы, которые не поддаются обычной кислородной резке.

При дуговой резке используют электроды, имеющие специальные электродные покрытия, улучшающие процесс резки. Металлические электроды для резки изготовляют из проволоки марок Св-08 или Св-08А по ГОСТ 2246—70 диаметром 3...12 мм и длиной не более 250...300 мм. На электродные стержни наносят покрытия следующего состава.

1. Марганцевая руда . . . . .	98%
Поташ . . . . .	2%
2. Марганцевая руда . . . . .	94%
Мрамор . . . . .	3%
Каолин . . . . .	3%

Толщина слоя покрытия 1...1,5 мм на сторону.

**Т а б л и ц а 48. Режимы резки стали угольными или графитированными электродами**

Толщина стали, мм	Диаметр электрода, мм	Режим резки	
		сила тока, А	скорость, м/ч
6	10	400	21,00
10			18,00
16			10,50
25	15	600	4,80
50			2,70
75			1,80
100	20	800	1,00
200			0,45
300			0,24

Т а б л и ц а 49. Режимы разделительной воздушно-электродуговой резки угольным омедненным электродом

Толщина разрезаемого металла, мм	Диаметр элект- рода, мм	Сила тока, А	Скорость резки, м/ч	
			низкоуглеро- дистая сталь	нержавеющая сталь
5	6	270...300	60...62	63...65
	8	360...400	26...28	30...32
10	10	450...500	30...32	32...34
			20...22	22...24
12	12	540...600	22...24	24...26
	10	450...500	10...12	12...14
20	12	540...600	12...14	14...15
			8...10	10...12
25	14	630...700	10...11	12...13

Металлическим электродом можно резать на переменном и на постоянном токе.

**Дуговая резка угольным электродом.** При этом способе резки применяют угольные или графитированные электроды. Обычно режут на постоянном токе, в большинстве случаев при прямой полярности (минус на электроде). Режимы резки угольными или графитированными электродами приведены в таблице 48.

**Кислородно-дуговая резка.** Она заключается в том, что разрезаемый металл разогревают электрической дугой, а затем сжигают струей кислорода. При резке применяют угольные, графитированные или стальные электроды.

Кислородно-дуговой резкой можно резать углеродистые, легированные, нержавеющие стали, чугун и цветные металлы.

**Воздушно-электродуговая резка.** Сущность этого способа резки заключается в том, что металл расплавляют теплом электрической дуги, а затем выдувают из места реза струей сжатого воздуха. При резке используют омедненные угольные или графитированные электроды.

Давление сжатого воздуха должно быть не менее 500 кПа (5 кгс/см<sup>2</sup>).

Режимы разделительной резки приведены в таблице 49.

## Глава 5 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ГАЛЬВАНОПОКРЫТИЯМИ

### Определение продолжительности электролиза

Длительность наращивания при заданной толщине покрытия определяют по формуле

$$\tau_B = \frac{\gamma 100 \delta}{c D_K \eta}, \quad (44)$$

где  $\gamma$  — плотность металла покрытия, г/см<sup>3</sup>;  
 $\delta$  — толщина покрытия, мм;  
 $c$  — электрохимический эквивалент металла (для железа — 1,042 г/А·ч; для хрома — 0,324 г/А·ч);  
 $D_k$  — плотность тока, А/дм<sup>2</sup>;  
 $\eta$  — выход по току (для железа — 80%, для хрома — 15%).

## Железнение (осталивание)

**Технология железнения.** Процесс восстановления деталей железнением состоит из следующих технологических операций: механическая обработка перед покрытием; обезжиривание в бензине или щелочном растворе; промывка в горячей воде; промывка в холодной воде; анодная обработка (травление); промывка в холодной воде; железнение; промывка в горячей воде; нейтрализация; измерение детали; механическая обработка.

**Растворы и режимы для железнения.** Раствор для обезжиривания: едкий натр (NaOH) — 30...50 г/л; жидкое стекло (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) — 10...20 г/л; кальцинированная сода (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) — 25...30 г/л; тринатрийфосфат (Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>·12H<sub>2</sub>O) — 10 г/л, пирофосфатный натрий — 2 г/л. Отношение площади анода к площади катода ( $S_a : S_k$ ) 4 : 1. Детали обрабатывают при температуре раствора 60...70° С и плотности тока от 5 до 15 А/дм<sup>2</sup>.

Раствор для удаления шлама, образовавшегося при травлении: хромовый ангидрид (CrO<sub>3</sub>) — 150 г/л; серная кислота (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) — 1,5...2,5 г/л. Отношение площади анода к площади катода ( $S_a : S_k$ ) 4:1. Детали обрабатывают при температуре раствора 50...60° С. Вначале деталь обрабатывают на катоде 20...30 с при плотности тока 40...60 А/дм<sup>2</sup>, затем изменяют направление тока и выдерживают деталь в качестве анода в течение 1...2 мин при плотности тока 5...15 А/дм<sup>2</sup>.

Раствор для нейтрализации деталей после железнения: азотно-кислый натрий (NaNO<sub>3</sub>) — 50 г/л; технический уротропин — 30 г/л; кальцинированная сода (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) — 10 г/л. Температура раствора 60...70° С. Вначале деталь выдерживают в растворе без тока 5 мин, затем на катоде в течение 1...2 мин при плотности тока 10 А/дм<sup>2</sup>.

**Растворы для железнения.** Для получения покрытий твердостью от 30 до 48 HRC рекомендуется электролит, содержащий двуххлористое железо (FeCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O) — 300...360 г/л, соляную кислоту (HCl) — 1,5 г/л.

Осаждение покрытий ведется при отношении площади анода к площади катода ( $S_a : S_k$ ) 4:1, при температуре раствора 65...80° С и плотности тока 10...40 А/дм<sup>2</sup>. Рекомендуется соблюдать следующие операции: после травления и промывки деталей повесить их в ванну железнения, выдержать без тока 20...30 с, затем включить ток плотностью 3...5 А/дм<sup>2</sup> и при этом токе вести осаждение металла в течение 3...5 мин, затем увеличить ток в 2 раза и осаждают покрытие еще 2 мин. Таким образом постепенно довести плотность тока до требуемой величины и продолжать осаждение покрытий до необходимой толщины. Скорость осаждения железа 0,15...0,3 мм/ч. Чем больше плотность тока, тем выше скорость осаждения железа.

Для осаждения покрытий (железа) повышенной твердости (50...52 HRC) целесообразно применять электролит следующего состава, г/м:

Т а б л и ц а 50. Составы электролитов железнения и режимы электролиза

Наименование основных компонентов (режимы электролиза)	Наименование электролитов		
	хлористый	сульфатно-хлористый	метилсульфатный
Хлористое железо $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , г/л	300...600	200	150
Сернокислое железо $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ , г/л	—	200	—
Метилсульфатное железо $\text{Fe}(\text{CH}_3\text{OSO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , г/л	—	—	348
Кислотность, рН	1,5...0,6	0,6...1	0,7...1,3
Температура электролита, °С	90...30	50...30	50...30
Плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	60...20	40...20	60...20

двухлористое железо ( $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) — 300...360; хлористый марганец ( $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) — 60; соляная кислота (HCl) — 1,5.

Режим работы; температура электролита 65...80°С, плотность тока 10...40 А/дм<sup>2</sup>.

Для осаждения покрытий высокой твердости (60...62 НРС) целесообразно применять электролит следующего состава, г/л: двухлористое железо ( $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) — 250; хлористый никель ( $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) — 50; гипофосфит натрия ( $\text{NaH}_2\text{PO}_2$ ) или калия — 1,5...2, соляная кислота (HCl) — 1,5...2.

Режим работы: температура электролита 65...80°С, плотность тока 20...30 А/дм<sup>2</sup>.

Для осаждения покрытий пониженной твердости (30...35 НРС) целесообразно применять электролит следующего состава: двухлористое железо ( $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) — 400...460 г/л; хлористый марганец ( $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) — 60 г/л; соляная кислота (HCl) — 2 г/л; температура электролита 80...85°С, плотность тока 10...15 А/дм<sup>2</sup>.

При осаждении железных покрытий на реверсивном токе рекомендуется такой режим электролиза, при котором отношение продолжительности анодного периода  $t_a$  к продолжительности катодного периода  $t_k$  должно составлять  $t_a:t_k=6:1$ ; 14:1.

Отраслевая научно-исследовательская лаборатория гальванопокрытий при Кишиневском сельскохозяйственном институте им. М. В. Фрунзе рекомендует электролиты, приведенные в таблице 50.

Для изготовления анодов используют прутки или полосы из стали марок: Ст 2, Ст 3, 10, 20, 08А, 10 А. Наиболее целесообразно изготавливать аноды из полос листовой стали толщиной 10...40 мм, шириной 40...80 мм. Длина анодов должна быть на 5...10 мм меньше длины детали. Аноды в ванне располагают на штанге на расстоянии 180...200 мм друг от друга и на расстоянии 100 мм от деталей.

Потребное количество железной стружки и соляной кислоты для приготовления хлористого электролита с различной концентрацией приведено в таблице 51.

Скорость осаждения железа зависит от плотности тока и выхода по току (табл. 52).

Расход материалов на железнение деталей при средней толщине покрытия 0,1 мм приведен в таблице 53.

Т а б л и ц а 51. Потребное количество железной стружки и соляной кислоты

Концентрация $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Потребное количество, г/л							
	Fe	соляной кислоты плотностью						
		1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20
300	84,3	399	372	348	330	312	294	282
400	112,4	532	496	464	440	416	392	376
500	140,5	665	620	580	550	520	490	470
600	168,5	798	744	696	660	624	588	564

Т а б л и ц а 52. Зависимость скорости осаждения железа от плотности тока и выхода по току

Плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	Выход по току, %		
	90	95	98
1	11,5	12,4	13
5	56,5	62,0	64
10	115,0	124,0	130
20	230,0	250,0	260

Т а б л и ц а 53. Расход материалов на железнение сталей

Наименование материала	ГОСТ	Расход (г) на 1 дм <sup>2</sup> поверхности
Двухлористое железо	4149—65	4
Сернокислое железо (купорос)	4148—78	0,15
Хлористый марганец	612—75	1,3
Соляная кислота (уд. в. 1,19)	3118—77	0,005
Серная кислота (уд. в. 1,84)	4204—77	0,7
Едкий натр	2263—79	2,7
Кальцинированная сода	5100—75	2,2
Тринатрийфосфат	201—76	0,25
Жидкое стекло	13078—67	0,15
Венская известь	—	2,7
Аноды стальные	—	8,4
Стеклоткань ТСФ(а)—9П	10146—74	0,1 дм <sup>2</sup>
Бензин	8505—57	0,5
Обтирочный материал	—	3

## Хромирование

**Технология хромирования.** Технологический процесс подготовки и хромирования деталей включает следующие операции: механическую обработку поверхности; промывку органическими растворителями; изоляцию участков, не подлежащих покрытию; монтаж на подвесные приспособления; обезжиривание; промывку в горячей и холодной воде; декапирование; электроосаждение покрытия.

**Растворы и режимы для хромирования.** Поверхности деталей, подлежащих хромированию после механической обработки (шлифование, полирование), должны иметь шероховатость не более 1,25 мкм по ГОСТ 2789—73.

Жировые и масляные загрязнения удаляют промывкой деталей в органических растворителях: бензине ГОСТ 8505—57, керосине ГОСТ 4753—68, уайт-спирите ГОСТ 3134—52; четыреххлористом углероде ГОСТ 4—65, толуоле ГОСТ 4809—49 и др.

Для изоляции поверхностей, не подлежащих покрытию, используют целлулоид, винипласт, хлорвиниловый лак, нитролак АК-20.

Электрохимическое обезжиривание деталей проводят в электролите следующего состава, г/л:

едкий натр ГОСТ 2263—79 . . . . .	30...50
кальцинированная сода ГОСТ 10689—75 . . . . .	25...30
жидкое стекло ГОСТ 13078—67 . . . . .	5...10
гринатрийфосфат ГОСТ 201—76 . . . . .	10...15

Режим обработки: температура раствора 60...70° С, плотность тока 5...10 А/дм<sup>2</sup>, продолжительность выдержки 3...4 мин на катоде и 1...2 мин на аноде.

Обезжиренные детали промывают последовательно в ванне с горячей (60...70° С) водой, а затем в ванне с холодной водой.

Декапирование деталей из черных металлов (стали, чугуна) проводят в ванне хромирования. Для этого детали в течение 5...6 мин выдерживают без тока, а затем в течение 30...90 с при анодном токе плотностью 20...30 А/дм<sup>2</sup>. В дальнейшем переключением тока на катод начинают осаждение хрома.

Декапирование можно проводить в отдельной ванне, содержащей раствор следующего состава, г/л:

хромовый ангидрид ГОСТ 2548—77 . . . . .	100
серная кислота ГОСТ 4204—77 . . . . .	2..3
Режим работы: температура раствора . . . . .	50...69°С

Т а б л и ц а 54. Плотность растворов хромового ангидрида (при 15° С)

Плотность, г/мл		1,09	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19
содержание хромового ангидрида	%	12	14	15	16	18	19	20	21	22	23
	г/л	131	157	171	185	200	215	229	243	257	272

Т а б л и ц а 55. Составы электролитов хромирования и режимы электролиза

Компоненты раствора и режимы электролита	Электролит		
	универсальный	саморегулирующийся горячий	саморегулирующийся холодный
Хромовый ангидрид, г/л ГОСТ 2548—77	250	250	400
Серная кислота, г/л ГОСТ 2184—77	2,5	—	—
Сернокислый стронций, г/л	—	6	—
Калий кремнефтористый, г/л	—	20	—
Кальций углекислый, г/л ГОСТ 4530—76	—	—	60
Сернокислый кобальт, г/л ГОСТ 4462—78	—	—	20
Температура раствора, °С	50...60	40...70	18...25
Плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	40...100	50...120	50...200
Выход по току, А	12...16	18...22	33...40

Концентрацию хромового ангидрида определяют по плотности, руководясь данными таблицы 54.

Отраслевая лаборатория гальванопокрытий при Кишиневском сельскохозяйственном институте им. М. В. Фрунзе рекомендует составы электролитов хромирования и режима электролиза, приведенные в таблице 55.

При хромировании используют нерастворимые аноды из чистого свинца или сплава, содержащего 92...93% свинца и 7...8% сурьмы. Толщина анодов 8...15 мм. Аноды располагают вокруг восстанавливаемых деталей на расстоянии 40...50 мм. Площадь анодов зависит от покрываемой поверхности ( $S_a:S_k=1:1...3:1$ ).

Для удаления пленки с поверхности анодов один раз в смену их обрабатывают раствором (1:1) соляной кислоты с последующей промывкой в воде и зачисткой металлической щеткой.

Свойства хромовых покрытий зависят от режима осаждения хрома на поверхности металла, т. е. от катодной плотности тока и температуры электролита (рис. 44...48 и 52). Изменение плотности тока и температуры влияет на внешний вид осадка, который бывает серым, блестящим и молочным, и на свойства осаждаемого слоя.

Представление о примерных границах режимов электролиза, обеспечивающих получение серого, блестящего и молочного осадков хрома, дают диаграмму плотности тока и температуры, изображенные на рисунках 49...51.

Блестящий осадок получается на катоде при средних температурах электролита 45...65° С и широком диапазоне плотностей тока. Осадки блестящего хрома обладают наиболее высокой твердостью (600...900 кг/мм<sup>2</sup>), высокой износостойкостью и меньшей хрупкостью. Скорость осаждения хрома зависит от плотности тока и выхода по току (табл. 56).

После хромирования покрытия декапируют (на аноде) в том же электролите в течение 7...8 мин при плотности тока 30...50 А/дм<sup>2</sup>.

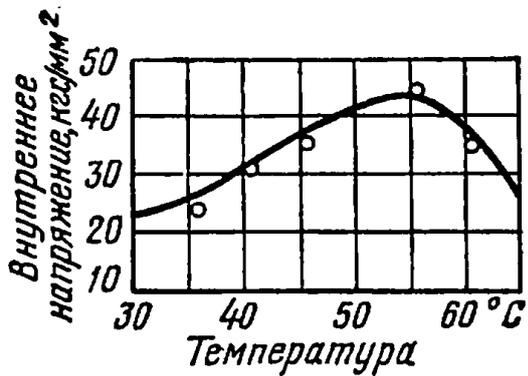


Рис. 44. Влияние температуры электролита на величину внутренних напряжений в хромовых осадках.

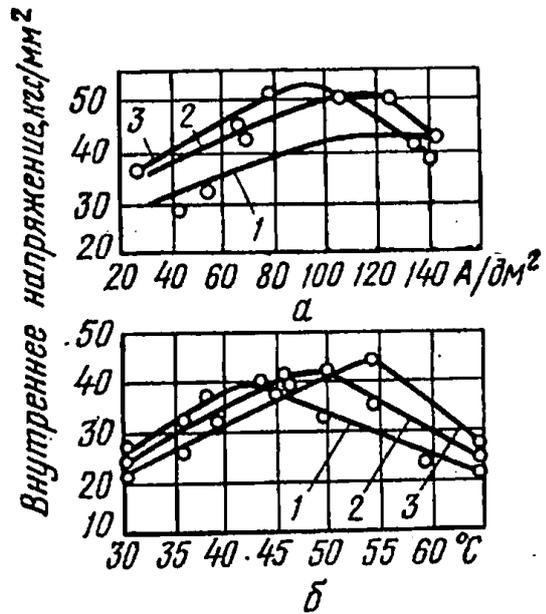


Рис. 45. Влияние плотности тока (а) и температуры электролита (б) на величину внутренних напряжений при хромировании на токе переменной полярности (универсальный электролит):

1 —  $t_k = 9$  мин;  $t_a = 10$  с; 2 —  $t_k = 15$  мин;  $t_a = 15$  с; 3 — на прямом токе.

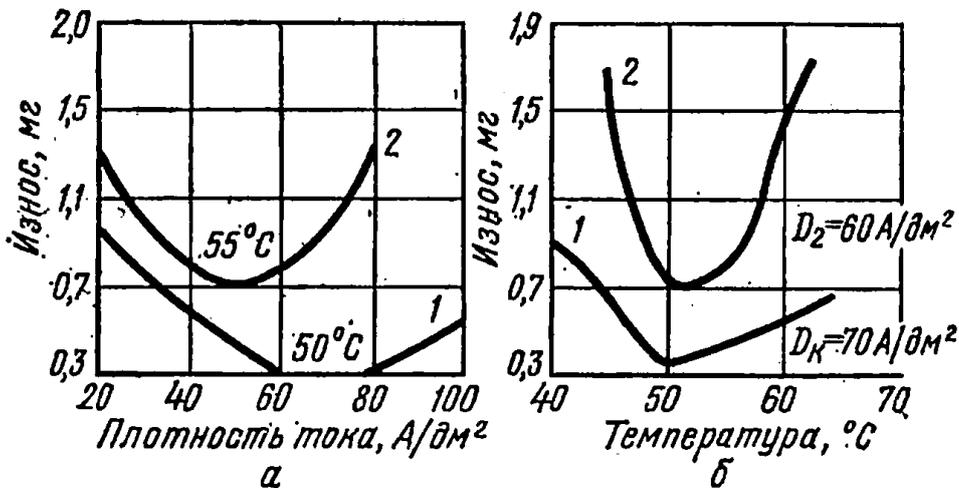
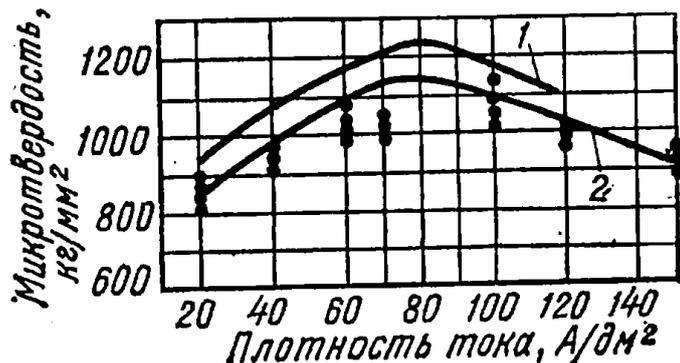


Рис. 46. Кривые зависимости износа осадков хрома от плотности тока (а) и температуры электролита (б):

1 — в саморегулирующемся электролите; 2 — в универсальном электролите.

Рис. 47. Зависимость твердости хромовых покрытий от плотности тока (150 г/л CrO<sub>3</sub>, толщина слоя хрома 0,12... ..0,15 мм); для температуры:

1 — 55° С; 2 — 60° С.



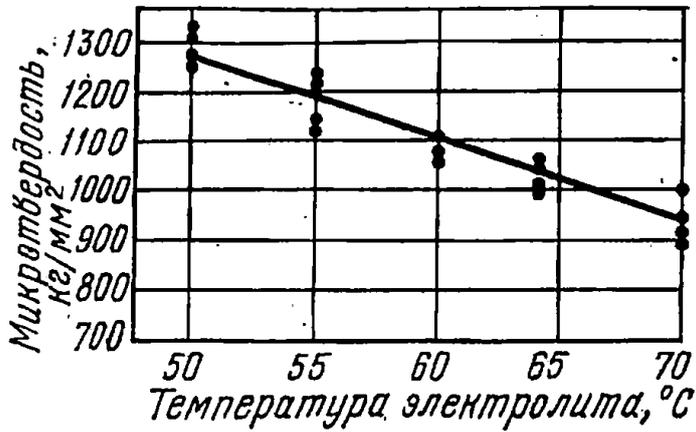


Рис. 48. Зависимость твердости хромовых покрытий от температуры электролита (150 г/л  $\text{CrO}_3$ ; плотность тока 60 А/дм<sup>2</sup>; толщина слоя хрома 0,12...0,15 мм).

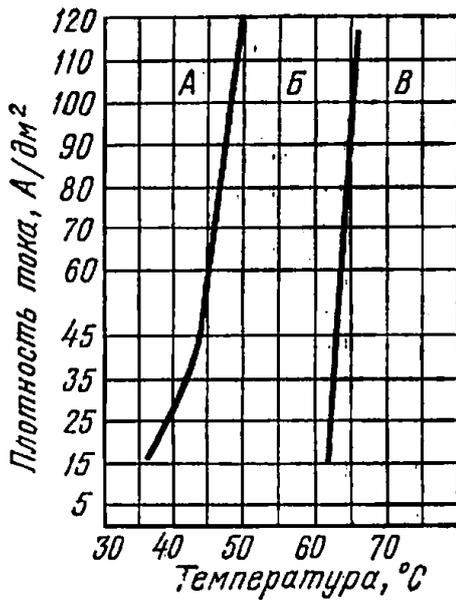


Рис. 49. Диаграмма расположения хромовых осадков в зависимости от плотности тока и температуры электролита. Зоны осадков: А — серых; Б — блестящих; В — молочных.

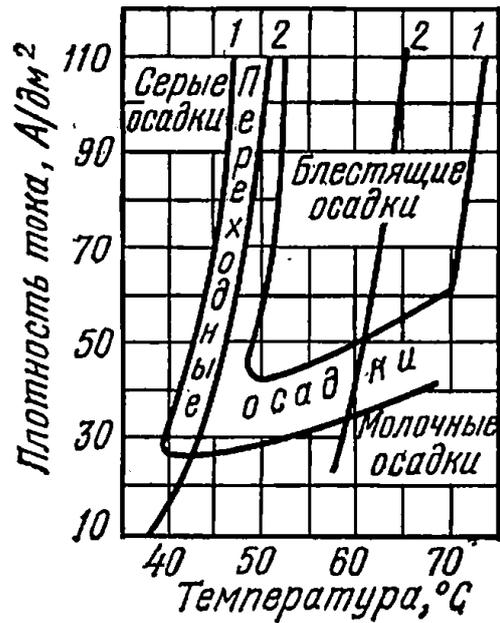


Рис. 50. Диаграмма расположения зон хромовых осадков в электролите: 1 — саморегулирующаяся; 2 — универсальной.

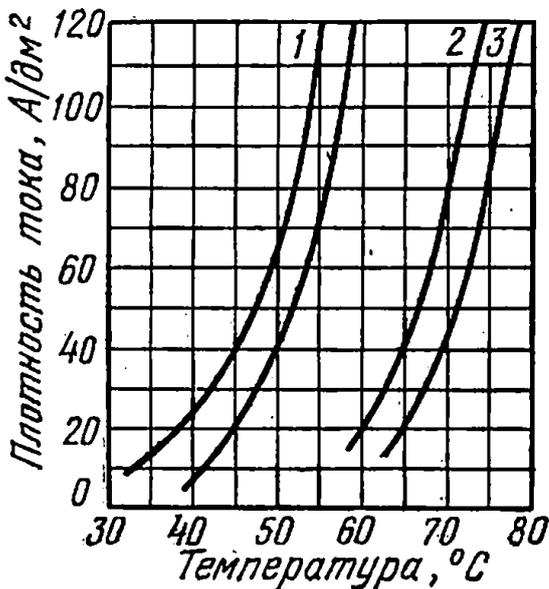


Рис. 51. Зоны хромовых осадков: 1 — серых; 2 — блестящих; 3 — молочных.

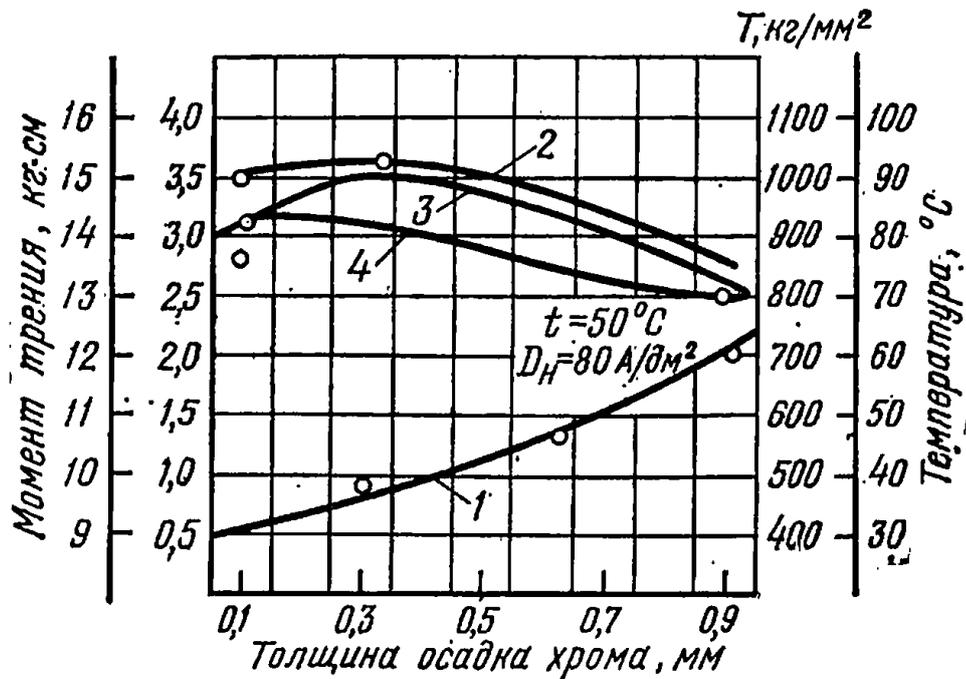


Рис. 52. Влияние толщины осадка хрома на качество хромового покрытия:

1 — микротвердость; 2 — момент трения; 3 — температура; 4 — износ.

Т а б л и ц а 56. Зависимость скорости осаждения хрома от плотности тока и выхода по току

Плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	Выход по току, %	
	13	15
	скорость осаждения хрома, мкм/ч	
10	6,1	7
15	9,1	10,5
20	12,2	14
30	18,3	21
50	30,5	35
80	48,8	56
100	61	70

После хромирования детали промывают в воде (ванна улавливания хрома).

Хромированные детали обезводороживают путем нагрева в масле или в сушильном шкафу при температуре 150...200° С в течение 2...3 ч. Расход материалов в процессе хромирования деталей при средней толщине покрытия 0,1 мм приведен в таблице 57.

Т а б л и ц а 57. Расход материалов на хромирование деталей при средней толщине покрытия 0,1 мм

Наименование материалов	ГОСТ	Расход на 1 дм <sup>2</sup> поверхности, г
Хромовый ангидрид	2548—77	19
Серная кислота	4204—77	0,04
Едкий натр (твердый)	2263—79	2,7
Кальцинированная сода	10689—75	2,2
Жидкое стекло	13078—67	0,15
Тринатрийфосфат	201—76	0,25
Венская известь	—	2,7
Аноды свинцовые	1292—74	0,54
Нитролак АК-20	—	4
Бензин	8505—57	0,5
Обтирочный материал	—	3

### Никелирование

Схема подготовки деталей и технологического процесса при никелировании в общих чертах аналогична хромированию и осталиванию.

Для твердого никелирования при высоких плотностях тока можно пользоваться электролитом следующего состава, г/л:

сернокислый никель . . . . .	167...238
сернокислый магний . . . . .	10...20
муравьиная кислота . . . . .	60...80

Режим работы:

плотность тока, А/дм <sup>2</sup> . . . . .	100...135
температура электролита, °С . . . . .	20...100

Введение в состав электролита соединений фосфора (гипофосфита натрия  $\text{NaH}_2\text{PO}_2$ , фосфорной кислоты) способствует образова-

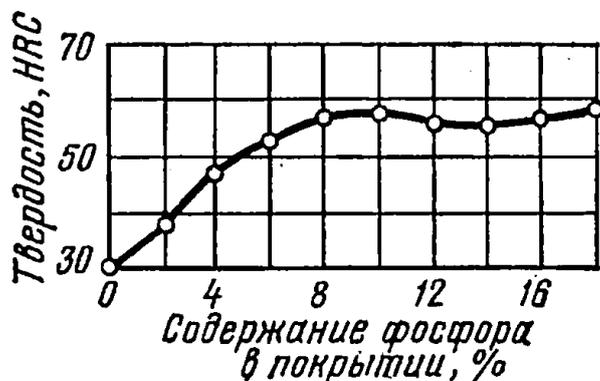


Рис. 53. Зависимость твердости никелевого покрытия от содержания в нем фосфора.

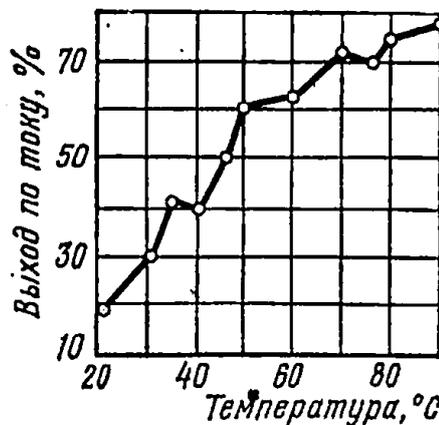


Рис. 54. Зависимость выхода по току от температуры электролита.

нию в структуре покрытий фосфидов никеля, повышающих их твердость.

Никель-фосфатные покрытия имеют низкий коэффициент трения (на 30% ниже хромового покрытия) по стали и чугуну и довольно высокую твердость (рис. 53).

Состав электролита (г/л) для таких покрытий рекомендуется следующий:

сернокислый никель . . . . .	.180...200
хлористый никель . . . . .	.30...40
гипофосфит (фосфорноватистый натрий) . . . . .	.5...10

Режим работы:

плотность тока, А/дм <sup>2</sup> . . . . .	.8...12
температура, °С . . . . .	.75...90
активность водородных ионов, рН . . . . .	.1...2,5

Нагрев никель-фосфатных покрытий до 350...400° С и выдержка при этой температуре в течение часа увеличивают их твердость с HRC 57 (при 10%-ном содержании фосфора) до HRC 67.

Высокую твердость (до HB 650) и износостойкость имеют осадки никеля, полученные из электролита следующего состава, г/л NiSO<sub>4</sub>—269, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>—37,5, NaCl—0,8, рН 4,9.

Режим работы: плотность тока 0,7...1 А/дм<sup>2</sup>, температура 38...40° С.

Для получения мелкозернистых, светлых и блестящих покрытий рекомендуется щавелевокислая ванна, которая при высоких плотностях тока не нуждается в перемешивании и постоянной фильтрации.

Состав щавелевокислой никелевой ванны, г/л:

сернокислый никель . . . . .	140
аммоний щавелевокислый . . . . .	300
натрий или аммоний хлористый . . . . .	3...5
натрий или аммоний фтористый . . . . .	15

Режим работы:

плотность тока, А/дм <sup>2</sup> . . . . .	10...20
активность водородных ионов, рН . . . . .	7...10
температура электролита, °С . . . . .	80...85

Скорость осаждения никеля в сернокислых электролитах приведена в таблице 58.

Т а б л и ц а 58. Скорость осаждения никеля

Плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	Скорость осаждения никеля, мкм/ч, при выходе по току, %					
	50	60	70	80	90	95
0,5	3,1	3,7	4,4	5,0	5,6	5,9
1	6,3	7,4	8,7	10,0	11,2	11,8
2	12,5	14,9	17,6	20,0	22,4	23,6
3	18,8	22,3	26,2	29,9	33,6	35,4
4	25,1	29,8	34,9	39,9	44,8	37,2
5	31,4	37,2	43,7	49,8	56,0	59,0
10	62,8	74,4	87,3	99,7	112,0	118,0

На рисунке 54 дана зависимость выхода по току от температуры электролита.

Процесс химического никелирования основан на способности солей фосфорноватистой кислоты (гипофосфитов) восстанавливать соли никеля. Этот процесс дает возможность наносить весьма равномерные по толщине износостойкие и защитные покрытия на детали любой конфигурации, изготовленные как из металлов, так и неметаллов.

Химическое никелирование, не требуя специального электротехнического оборудования, позволяет в несколько раз увеличить коэффициент загрузки ванн.

Применяют следующие составы растворов, г/л:

- 1) хлористый никель — 20,  
гипофосфит натрия — 24,  
лимоннокислый натрий — 45,  
25%-ный раствор гидроксида алюминия — 50..60,  
хлористый алюминий — 30;
- 2) сернокислый никель — 20,  
гипофосфит натрия — 24,  
уксуснокислый натрий — 10.

Режимы работы в данных растворах: температура 90...96° С, кислотность рН 4,8...5,0, скорость отложения осадка 0,02...0,023 мм/ч.

Получаемый осадок представляет сплав никеля (90...95%) с фосфором (10...5%). Твердость осадка достигает НРС 45. Как и при электрохимическом никелировании, нагрев осадка до температуры 350...400° С при часовой выдержке повышает его твердость до НРС 67 и увеличивает прочность сцепления с основным металлом.

### **Прогрессивные технологические приемы получения износостойких железных и хромовых покрытий**

Для ремонтного производства наиболее перспективны следующие способы: нанесение покрытий металла на асимметричном периодическом токе; нанесение покрытий металла в проточном электролите.

Применение асимметричного периодического тока позволяет путем изменения параметров обратного импульса управлять свойствами гальванических осадков железа (износостойкостью, микротвердостью, внутренними напряжениями, усталостной прочностью), повышать прочность сцепления покрытий с деталями и одновременно увеличивать допустимую плотность катодного тока за счет активирования поверхности детали и снижения концентрационных ограничений под воздействием обратного импульса.

При катодном осаждении железа в холодных электролитах действие переменного тока проявляется в некотором снижении выхода по току металла (на 12...18%), одновременно появляется возможность увеличения допустимой плотности катодного тока до 60...70 А/дм<sup>2</sup>. Применение периодического тока с обратным регулируемым импульсом устраняет пассивность анода, снижает напряжение на клеммах гальванической ванны, а следовательно и расход электроэнергии на единицу массы осажденного металла.

Асимметричный периодический ток получается в результате наложения (сложения) переменного тока на постоянный (выпрями-

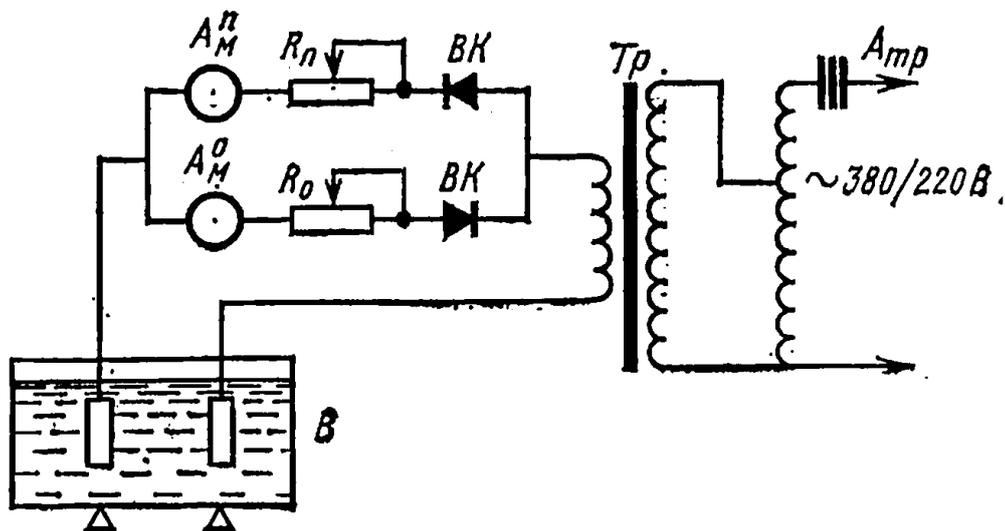


Рис. 55. Схема установки для получения асимметричного периодического тока при встречно-параллельном включении вентиля:

$A_{\text{ТР}}$  — автотрансформатор;  $Tr$  — силовой трансформатор;  $BK$  — полупроводниковые вентиля;  $R_{\Pi}$ ,  $R_{\circ}$  — управляемые резисторы прямого и обратного тока;  $A_M^{\Pi}$  и  $A_M^{\circ}$  — амперметры для измерения величины силы прямого и обратного тока;  $B$  — гальваническая ванна.

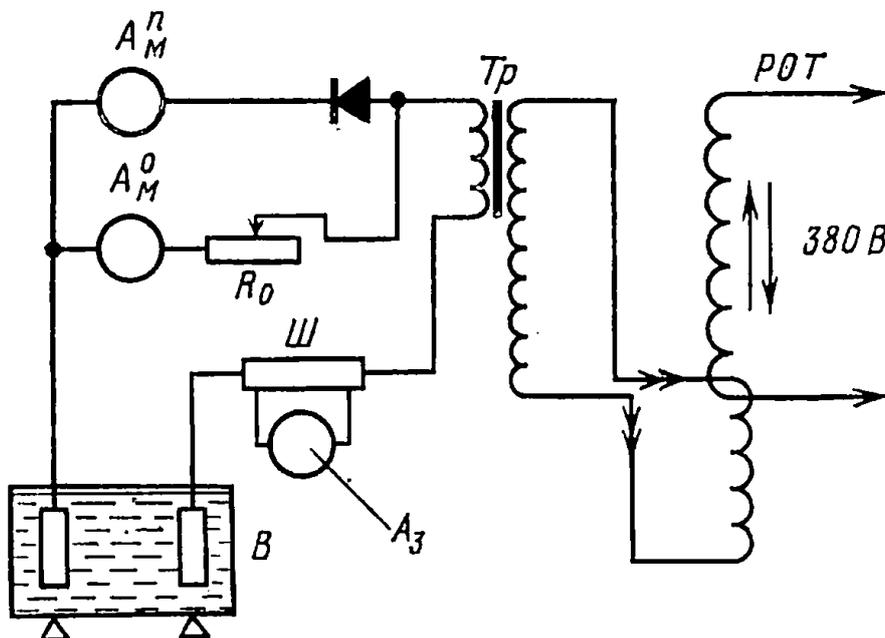


Рис. 56. Схема установки для получения асимметричного периодического тока путем наложения переменного тока на однополупериодично-выпрямленный:

$POT$  — регулятор однофазного тока;  $Ш$  — шунт общей цепи;  $A_3$  — амперметр электромагнитной системы;  $R_{\circ}$  — управляемый резистор прямого и обратного тока;  $Tr$  — силовой трансформатор;  $A_M^{\Pi}$  и  $A_M^{\circ}$  — амперметры для измерения величины прямого и обратного тока;  $B$  — гальваническая ванна.

тельный). Из всех известных схем формирования асимметричного периодического тока большое распространение в ремонтном производстве получили схемы установок, приведенные на рисунках 55 и 56.

### Восстановление посадочных отверстий корпусных деталей методом электролитического натирания

Одним из перспективных и экономичных способов восстановления посадочных мест под подшипники в корпусных деталях с износами, не превышающими 0,6 мм на сторону, является осаждение железо-цинкового сплава методом электролитического натирания. Сущность способа заключается в следующем.

В отверстие детали вводят нерастворимый анод, обшитый абсорбирующей тканью, и приводят во вращение. В образовавшийся рабочий зазор между тканью анода и поверхностью отверстия подают электролит, содержащий в растворе серную кислоту, соли закисного железа, цинка и марганца. Под действием электрического тока на поверхности отверстия образуется осадок железо-цинкового покрытия. Величина зерна покрытия, форма и ориентация кристаллов, определяющие его свойства, зависят от температуры, состава электролита и плотности тока. Изменяя эти показатели, можно получить осадки сплава с различной микротвердостью в пределах 110...190 кг/мм<sup>2</sup>.

Железо-цинковые (Fe—Zn) покрытия пластичны, что позволяет применить простейшие методы последующей обработки поверхностей (дорнование, раската и т. п.).

В качестве анодов используют стальные и алюминиевые основы, покрытые свинцом марки СО, а также чистый свинец без основы.

Поверхности перед нанесением покрытия обезжиривают органическими растворителями (бензин), зачищают шкуркой РЛС ГОСТ 13344—79, обезжиривают венской известью (50% окиси магния и 50% окиси кальция) и промывают водой.

Натирание осуществляется в рабочих электролитах, указанных в таблице 59.

Т а б л и ц а 59. Состав электролитов электролитического натирания

Компоненты, г/л			рН	Микротвердость, кг/мм <sup>2</sup>
Fe	Zn	Mn		
120	250	—	2,35	110
170	250	—	2,4	121
220	250	—	2,45	130
270	250	—	2,4	134
320	250	120	2,45	143
170	250	150	2,45	179

Высокая сцепляемость обеспечивается при катодной плотности тока 40...50 А/дм<sup>2</sup> в течение первых 3 мин электролиза. Увеличение

плотности тока в начальный период до 90 А/дм<sup>2</sup> значительно снижает прочность сцепления.

При соблюдении этих условий сернокислые электролиты позволяют получить покрытия с прочностью сцепления 600...900 кг/см<sup>2</sup> (для электролитов с концентрацией железа 170 г/л) и 800...1000 кг/см<sup>2</sup> (для электролитов с добавкой марганца 120 г/л).

Для повышения прочности сцепления сплавов, осаждаемых из сернокислых электролитов, с основным металлом детали целесообразны следующие технологические режимы:

анодное декапирование в рабочем электролите при  $D_a=50$  А/дм<sup>2</sup> в течение 30 с;

начальный период электролиза при  $D_n=40$  А/дм<sup>2</sup> в течение 1 мин;

повышение плотности тока до рабочего режима в течение 2 мин.

При электронатирании корпусных деталей с диаметром покрываемой посадочной поверхности отверстий 60...200 мм рекомендуются следующие режимы и условия электролитического натирания:

частота вращения анода, об/мин . . . . .	100
скорость подачи электролита, л/мин . . . . .	60
температура электролита, °С . . . . .	24+35
плотность тока, А/дм <sup>2</sup> . . . . .	60...120
напряжение, В . . . . .	6+40
рабочий зазор, мм . . . . .	1+1,5
угол охвата анода, град . . . . .	360

Перед электролитическим хромированием и никелированием покрываемые поверхности обычно шлифуют и полируют, применяя сборные и цельные шлифовальные круги.

В ремонтном производстве используют войлочные круги, как наиболее дешевые: мягкие — для шлифования деталей из алюминиевых и цинковых сплавов, твердые — для шлифования стальных деталей. При тонком шлифовании войлочными кругами может быть получен 8-й и 9-й классы шероховатости по ГОСТ 2789—73. Полировальные круги изготовляют из войлока, сукна, фетра, бязи, миткаля, байки и киперной ткани. На рабочую поверхность полировальных кругов наносят полировальные пасты. Составы наиболее распространенных полировальных паст приведены в таблице 60.

Поверхности деталей, подвергаемые электрическому наращиванию, должны быть тщательно очищены от жиров, смазки и окислов. Смазку и жир с поверхностей деталей в электролитических цехах обычно удаляют натиранием составами, приготовляемыми на основе венской извести, или обработкой в щелочных растворах в специальных ваннах. Составы паст и растворов для химического обезжиривания перед электролитическими покрытиями стальных, алюминиевых и цинковых поверхностей приведены в таблице 61.

По сравнению с горячим химическим обезжириванием более эффективно горячее электрохимическое обезжиривание в электролитических ваннах. Очищаемую деталь обычно подключают в качестве катода. В качестве анода рекомендуется применять никелевые или стальные никелированные пластины. Возможно и обратное подключение (деталь — анод) и даже работа на переменном токе. Обезжиривание деталей во всех случаях объясняется интенсивным выделением на их поверхностях пузырьков газа (кислорода или водорода), разрывающих жировую пленку. Составы растворов приведены в таблице 62.

126 Таблица 60. Составы полированных паст, применяемых при подготовке деталей под электролитические покрытия и для обработки полученных покрытий

Паста	Полируемые поверхности	Состав, % (по массе)						
		окись хрома	венская известь (керосин)	олеиновая кислота (керосин)	силикагель (сало говяжье)	расщепленный жир (парафин)	сода двууглекислая (цезерин)	стеарин
Паста ГОИ: грубая средняя тонкая	Стальные, хромо- вые То же »	81	(2)	—	2	5	—	10
		76	(2)	—	2	10	—	10
		74	(2)	2	1,8	10	0,2	10
Паста ЗИЛ: хромовая известковая	Хромовые Алюминиевые, ни- келевые	73	—	4	—	—	—	23
		—	74	—	(1,5)	—	(1,5)	23
Паста для полировки стали	Стальные	65	—	4	—	(8)	—	23
Паста для меди и алю- миния	Алюминиевые, медные	—	70	(15)	—	(5)	—	10
Паста для хромовых по- крытий	Хромовые	78	—	2	(14)	—	(2)	14

Таблица 61. Наиболее распространенные составы и растворы для химического обезжиривания перед электролитическими покрытиями

Компоненты и режимы обезжиривания	Химический состав				
	составы для натирания, %		состав для обезжиривания перед железнением, г/л	составы для ванн обезжиривания перед никелированием и хромированием, г/л, деталей	
	I	II		стальных	из цинковых и алюминиевых сплавов
Венская известь <sup>1</sup>	08,5	97	—	—	—
Каустическая сода ГОСТ 2263—71	1,5	—	100...150	20...22	6...8
Кальцинированная сода ГОСТ 5100—73	—	3	30...50	—	—
Тринатрийфосфат ГОСТ 13493—77Е	—	—	—	1	1,6...2,0
Натрий азотнокислый ГОСТ 828—77Е	—	—	—	Пирофосфат натрия <sup>2</sup>	—
Натрий углекислый ГОСТ 2156—76	—	—	—	10	3,5...4,5
Натрий кремнекислый — жидкое стекло ГОСТ 13078—67	—	—	3...5	11	11...13
Эмульгатор ОП-7 или ОП-10	—	—	5...7	0,4	0,3...0,4
Температура, °С	16...20	16...20	70...80	80...90	80
Время, мин	5...10	5...10	10...30	3	1

<sup>1</sup> Венская известь представляет собой продукт обжига известняка и доломита; содержит не менее 94,5% окиси кальция, остальное — окиси магния и железа. Зерна венской извести имеют закругленную форму без острых режущих граней.

Таблица 62. Растворы для электрохимического обезжиривания перед электролитическими покрытиями

Компоненты и режим обезжиривания	Составы раствора, г/л, для деталей				
	стальных			алюминиевых	
	I	II	III	I	II
Каустическая сода ГОСТ 2263—71	60	—	40	—	—
Кальцинированная сода ГОСТ 5100—73	40	3	20...30	30	10
Натрий кремнекислый ГОСТ 13078—67	2...3	2...3	8...10	—	30
Тринатрийфосфат ГОСТ 13493—77Е	—	50	10...15	20	—
Эмульгатор ОП-7 (ОП-10)	—	—	—	5...10	—
Мыло хозяйственное	—	—	—	—	2...3
Температура, °С	70...80	60...80	70...80	70...80	60...80
Анодная плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	5...10	3...8	3...8	5...8	3...8
Время, мин	7...10	7...10	5...8	2...8	5...10

Таблица 63. Растворы для анодной обработки (декапирования) перед железнением и хромированием

Компоненты и режим обработки	Назначение и состав растворов							анодное электроотравление перед струйным хромированием, %
	анодное травление перед ваннным железнением на токе		анодное пассирование, %	анодное травление и обезжиривание перед поточным отслаиванием на переменном токе, г/л	анодное декапирование перед ваннным хромированием		II, г/б	
	постоянном, г/л	переменном, %			I, %			
30%-ная серная кислота ГОСТ 2548—77	365	25	100	150	Серная кислота, 5%-ный раствор	2...3	50	
Сернокислое железо ГОСТ 6981—75	10...25	—	—	—	—	—	—	
Ортофосфорная кислота ГОСТ 10678—76	—	75	—	—	—	—	50	
Хромовый ангидрид ГОСТ 2548—77	—	—	—	—	—	100	—	
Тиомочевина ГОСТ 6344—73	—	—	—	0,2	—	—	—	
Эмульгатор ОП-7 или ОП-10	—	—	—	25	—	—	—	
Температура, °С	18...25	18...25	16...20	16...20	16...20	16...20	18...20	
Анодная плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	50...70	20...30	15...20	15...20	5	5	30	
Время, мин	2...3	2...5	1...1,5	1...1,5	1	1	1	

Т а б л и ц а 64. Электролиты для получения защитно-декоративных никелевых покрытий

Химические компоненты, блескообразователи, режим работы	Состав электролита, г/л, для получения				
	блестящего никелирования	покрытия три-никель	покрытия силь-никель	блестящего никелирования	
				I	II
Сернистый никель ГОСТ 4465—74	270...310 г/л	270...310 г/л	270...330 г/л	280...310 г/л	270...330 г/л
Двухлористый никель ГОСТ 4038—74	40...55 г/л	55...56 г/л	54...66 г/л	80...95 г/л	54...66 г/л
Борная кислота ГОСТ 18704—73	38...45 г/л	40...47 г/л	36...44 г/л	40...50 г/л	36...44 г/л
Блескообразователи	«2Н»—0,625 см <sup>3</sup> /л «Е»—1,25 см <sup>3</sup> /л	Три-никель— 20—25 см <sup>3</sup> /л. «22»—2...5 см <sup>3</sup> /л	«2-бутилдиол-1,4»—0,2...0,3 г/л Сахарин— 0,7...1,2 г/л	«41»—12 см <sup>3</sup> /л «461»—3,5 см <sup>3</sup> /л «63»—10 см <sup>3</sup> /л «662»—10 см <sup>3</sup> /л «88»—12 см <sup>3</sup> /л 4,2...4,8	«2-бутилдиол-1,4»—0,1...0,2 г/л Сахарин—1...1,5 г/л
Кислотность, рН	3,4...4	2,8...3,5	3...4		3...4
Температура, °С	55...62	38...45	60	58...65	60
Плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	3...4	3...4	3...4	4...5	4...5
Время, мин	11	4	3	8,5	20

Таблица 65. Электролиты для цинкования деталей

Компоненты и режим работы	Кислый (для ванн и колоколов)	Цинкаты (для ванн)	Цинкаты (для ванн)	Цинкаты (для ванн)	Пирофосфорнокислый (для ванн)	Аммиачный (для ванн и колоколов)
Цинк сернокислый ГОСТ 8723—75 (окись цинка), г/л	200...250	(2...6)	(3,5...6,8)	40...50	(12...15)	
Алюминий сернокислый ГОСТ 12966—75, г/л	30	—	—	—	—	—
Едкий калий ГОСТ 9285—69 (едкий натр ГОСТ 2263—71), г/л	—	(60...72)	90...110	—	—	—
Хлористый аммоний ГОСТ 2210—73 (пирофосфат натрия, ГОСТ 342—77), г/л	—	—	—	(150...200)	240...260	
Сернокислый натрий ГОСТ 6318—77 (борная кислота ГОСТ 18704—73), г/л	30...100	—	—	—	(20...25)	
Олово двухлористое ГОСТ 4780—72 (фтористый калий), г/л	—	0,15...0,25	0,2...0,5	(5...10)	—	
Добавки, г/л	Декстрин 10	—	—	—	—	Клей столярный 1...2
Кислотность, рН	3,8...4,4	—	—	8...9,5	6,3...6,8	
Температура, °С	13...25	50	50	50	18...25	
Катодная плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	1...2	1,2	1;2	1	0,8...1	

Т а б л и ц а 66. Электролиты для кадмирования деталей

Компоненты и режимы работ	Кислый	Цианистый		Аммиакатный
		I	II	
Сернокислый кадмий, г/л ГОСТ 2352—69	100	—	—	—
Борная кислота, г/л ГОСТ 18704—78	20	—	—	20
Хлористый натрий, г/л ГОСТ 4233—77	30	—	—	—
Цианистый кадмий, г/л	—	50	—	—
Окись кадмия, г/л	—	45	—	30
Цианистый натрий, г/л ГОСТ 8464—79	—	120	80	—
Едкий натр, г/л ГОСТ 2263—79	—	—	30	—
Сернокислый натрий, г/л ГОСТ 6318—77	—	50	50	—
Сернокислый никель, г/л	—	1,5	1,5	—
Сернокислый аммоний, г/л ГОСТ 3769—78	—	—	—	300
Столярный клей, декст- рин или желатин, г/л	5	—	—	2
Кислотность, рН	2,4...4,5	—	1,5	—
Температура, °С	20...25	25...30	25...30	30...50
Катодная плотность то- ка, А/дм <sup>2</sup>	1...2	1,5	—	0,7...1,1
Выход по току	97...100	90...95	90...95	90...95

Процесс снятия окисной микропленки с поверхностей деталей перед покрытиями называется *декапированием* или *анодным травлением*. Этот процесс может осуществляться химическим и электрохимическим способами. Химическое декапирование стальных деталей под различные покрытия проводится в ваннах, содержащих 30...50 г серной или соляной кислоты на 1 л воды. В ремонтном производстве, как правило, применяется электрохимическое декапирование. Применительно к хромированию и никелированию его можно осуществлять непосредственно в рабочих ваннах для наращивания переключением на 30...50 с полярности ванны (деталь на это время становится анодом) или в специальных ваннах. При осталивании декапирование (анодное травление) всегда проводится в специальных ваннах. При декапировании деталь подключают в качестве анода. Катодами служат в кислых растворах свинцовые пластины, в щелочных — железные. Составы для анодной обработки (декапирования) поверхностей перед хромированием и железнением деталей, осуществляемой по различным технологическим вариантам, приведены в таблице 63.

В таблицах 64, 65 и 66 приведены получившие распространение составы электролитов соответственно для меднения, никелирования, цинкования и кадмирования поверхностей.

**Глава 6**

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПОЛИМЕРНЫМИ  
МАТЕРИАЛАМИ**

В таблице 67 приведены полимерные материалы и синтетические клеи, рекомендуемые для ремонта деталей сельскохозяйственной техники. В таблице 68 дана характеристика эпоксидных смол.

**Т а б л и ц а 67. Полимерные материалы и синтетические клеи**

Материал	ГОСТ или ТУ	Область применения
Смола капроновая (капрон первичный)	СТУ 73.1008—63	Ремонт валков, втулок, вкладышей подшипников, изготовление шестерен, шкивов и т. д.
Полиамид ПП-610	ТУ6-05-081-138—72	То же
Полиамид 68	ГОСТ 10589—73	»
Полиэтилен НД	ГОСТ 16338—70	Нанесение покрытий, изготовление защитных деталей (пробки, заглушки)
Полиэтилен ВД	ГОСТ 16337—70	
Полиамид ПП-610	ТУ6-05-081-138—72	Ремонт деталей с повышенными механическими свойствами
Фенилон С-2		Ремонт шеек валов, кулачковых валов, нанесение тонкослойных покрытий, ремонт вкладышей подшипников
Полистирол	ГОСТ 9440—60	Изготовление деталей, работающих при температуре до 65° С
Полиформальдегид	МРТУ6-0,5-1018—66	Используется в качестве заменителя сталей и цветных металлов при ремонте и изготовлении деталей
Волокнит АГ-4	ГОСТ 10087—62	Изготовление крыльчаток шестерен и деталей, работающих при температуре от —60 до 200° С

Материал	ГОСТ или ТУ	Область применения
Текстолит	ГОСТ 5—72	Изготовление прокладок шестерен, ремонт направляющих
Эластомер ГЭН-150(В)	ТУ П-651—69	Ремонт неподвижных соединений деталей и узлов сельскохозяйственной техники
Эпоксидная смола ЭД-16	ГОСТ 10587—76	Ремонт трещин и пробоин в корпусных деталях, ремонт посадочных мест под подшипники, клеесварные соединения, стабилизация и ремонт резьбовых соединений деталей и узлов
Герметик «Эластосил 137—83»	ТУ 6-02-1-292—72	Герметизация и уплотнение соединений деталей и узлов
Герметик «Эластосил 1.101В»	—	
Синтетический клей БФ-52Т	ТУ 6-05-211-797—72	Приклеивание фрикционных накладок ведомых дисков
Клей ВС-10Т	—	То же
Клей БФ-2	ГОСТ 12172—74	Склеивание металлов и полимерных металлов
Клей БФ-4	ГОСТ 12172—74	То же
Клей 88Н	МРТУ 38-5-880—66	Склеивание резин и резины с металлами
Клей ВК-2	МРТУ 6-05-1214—69	Клеесварные, клеезаклепочные и клеерезьбовые соединения

В таблице 69 приведены рекомендуемые количества отвердителей для эпоксидной смолы ЭД-6.

Температурные пределы переработки эпоксидных смол с различными отвердителями представлены в таблице 70.

В таблице 71 приведены режимы отверждения эпоксидных составов, отвержденных наиболее распространенными отвердителями холодного и горячего отверждения.

Т а б л и ц а 68. Характеристика эпоксидных смол

Марка смолы	ГОСТ или ТУ	Средняя молекулярная масса	Содержание эпоксидных групп, %	Температура плавления, °С
ЭД-5	ГОСТ 10587—76	340...450	18...24	—
ЭД-6	ГОСТ 10587—76	460...540	14...18	—
ЭД-П	ГОСТ 10587—76	900	11...14	—
ЭД-Л	ГОСТ 10587—76	1500	8...11	60
ЭД-8	ГОСТ 10587—76	860...1100	8...10	—
ЭД-10	ГОСТ 10587—76	660...860	10...19	50...65
ЭД-14	ГОСТ 10587—76	540...620	13,9...15,9	—
ЭИ-16	ГОСТ 10587—76	480...540	16...18	—
ЭД-20	ГОСТ 10587—76	390...430	19,9...22	—
ЭД-22	ГОСТ 10587—76	Не более 300	22,1...23,5	—
Э-40	ТУ 6-10-977—70	600	16...21	30
Э-33	ВТУ ЛКУ 559—62	1000	7,5...10	70...80
Э-41	МРТУ 6-10-607—66	1000	9...12	77
Э-44	ТУ 6-10-1347—73	1600...1700	6...8	87
Э-49	МРТУ 6-10-606—66	2500...3200	2...4	105...115
Э-10«В»	ВТУ ГИПИ-4-597—63	3000	1,5...3,8	106...116
Э-05К	МРТУ 6-10-831—69	3500	1,5...2,5	120
ЭДФ-1	СТУ 49-92—60	400	18...20	—
ЭДФ-3	СТУ 49-92—60	330	20...23	—

Для устранения хрупкости эпоксидные смолы пластифицируют или модифицируют термопластичными полимерами, каучуками. В качестве пластификаторов эпоксидных составов используют высококипящие малолетучие жидкости, представляющие собой сложные эфиры, например: фталаты — дибутилфталат, диоктилфталат; фосфаты — трикрезилфосфат, триэтилфосфат; бидутилсебацинат; низкомолекулярные полиамидные смолы — Л-18, Л-19, Л-20, являющиеся также отвердителями.

Сочетание материалов, отличающихся коэффициентами линейного расширения, например металлов и эпоксидного состава, приводит к возникновению внутренних напряжений. Чтобы снизить эти напряжения, вводят наполнители. Наполнители значительно влияют на свойства эпоксидных составов. Так, кварцевые пески повышают электроизоляционную способность, железный (чугунный) порошок — прочность, алюминиевая (бронзовая) пудра и белая сажа — тиксотропность состава и т. д.

Рекомендуемые количества наполнителей для приготовления составов на основе эпоксидных смол приведены в таблице 72.

В таблице 73 приведены физико-механические свойства отвержденных композиций.

Области применения эпоксидных смол при ремонте деталей и узлов машин приведены в таблице 74.

В таблице 75 приведены технологические режимы переработки полимерных материалов и изделия литьем под давлением и прессованием.

Т а б л и ц а 69. Рекомендуемые количества отвердителей для смолы ЭД-6

Отвердитель	Количество на 100 массовых частей смолы, ее частей по массе	Расчетная формула
Полиэтиленполиамин	9...12,6	(0,65—0,7) К*
Диэтилентриамин	6...9	(0,42—0,5) К
Гексаметилендиамин	9...13,5	(0,67—0,75) К
Диаминодициклогексилметан (диамин)	17...24,5	(1,22—1,35) К
Триэтаноламин	10	—
Метафенилендиамин	8,7...11	0,62 К
Малеиновый ангидрид:	27...40	(1,94—2,20) К
без ускорителя		
с ускорителем (триэтаноламином)	32...41	2,28 К
Метилтетрагидрофталеый ангидрид:	51...70	(3,66—3,86) К
без ускорителя		
с ускорителем (триэтаноламином)	54...70	3,86 К
Фталевый ангидрид	43...62	(3,1—3,45) К
Дициандиаמיד	7...8	0,49 К

\* К — количество эпоксидных групп, %.

Т а б л и ц а 70. Температурные пределы переработки эпоксидных смол с различными отвердителями

Отвердитель	Температура плавления, °С	Температурные интервалы, °С		
		совмещения	предварительного отверждения	отверждения
Полиэтиленполиамин	—	20...40	20...50	20...120
Диэтилентриамин	—	20...40	20...40	20...120
Гексаметилендиамин	42	20...50	20...50	20...120
Диаминодициклогексилметан	39...43	20...50	30...60	50...40
Триэтаноламин	—	40...80	80...120	120...140
Малеиновый ангидрид	63...64	60...90	60...100	120...150
Метафенилендиамин	54	60...110	80...110	120...180
Метилтетрагидрофталеый ангидрид	68	80...110	80...110	120...180
Фталевый ангидрид	131,6	110...120	120...140	120...180
Дициандиаמיד	200...205	200...210	150...170	180...200

Т а б л и ц а 71. Режимы отверждения эпоксидных составов

Температура отверждения, °С	Полиэтиленполнамин		Фталевый ангидрид	
	минимальное время отверждения, ч	оптимальное время отверждения, ч	минимальное время отверждения, ч	оптимальное время отверждения, ч
20	24	70...160	—	—
40	8...10	45...50	—	—
60	2...3	20...24	—	—
80	1...1,5	5	—	—
100	1	3	15	20
130	—	—	10	15
150	—	—	5	10
160	—	—	3	7
180	0,5	1	1	3
200	—	—	0,7	1

Т а б л и ц а 72. Рекомендуемое количество наполнителей для приготовления составов на основе эпоксидных смол

Наполнитель	Эпоксидная смола ЭД-5	Эпоксидная смола ЭД-6, Д-40
	количество на 100 массовых частей смолы, частей по массе	
Железный порошок ГОСТ 9849—74	200	160
Графит ГОСТ 5979—71	80	40
Алюминиевая пудра ГОСТ 5494—71	25	20
Бронзовая пудра	130	80
Кварцевая мука	230	150
Портландцемент (марки 500)	200	120
Асбест измельченный	100	85
Сажа ВТУ 1672-А-53р		35
Форфоровая мука	150	145

Т а б л и ц а 73. Физико-механические показатели основных эпоксидных составов

Составы на основе эпоксидных смол, частей по массе	Пределы прочности, кгс/см <sup>2</sup>		Твердость по Бринеллю, кгс/мм <sup>2</sup>	Удельная ударная вязкость, кг·см/см <sup>2</sup>	Температура по Мартенсу, °С
	при сжатии	при статическом изгибе			
ЭД-6 (100) Дибутилфталат (15) Железный порошок (150) Полиэтиленполиамин (10)	540...600	400...450	12...15	4...5	60
ЭД-6 (100) Дибутилфталат (20) Портландцемент (120) Полиэтиленполиамин (10)	450...600	300...350	11...13	1,5...3	50
ЭД-6 (100) Дибутилфталат (10) Графит (25) Полиэтиленполиамин (10)	460...570	250...320	13...17	2...3	59
ЭД-6 (100) Полиэфир № 59 (10) Графит (35) Маленновый ангидрид (40)	1100	464	13...16	4	68
ЭД-6 (100) Дибутилфталат (10) Каолин (33) Маленновый ангидрид (40)	1560	655	13...16	2	56
Дибутилфталат (10) Титановые белила (33) Маленновый ангидрид (10)	2000	800	21,3	4,5	85
ЭД-6 (100) Дибутилфталат (10) Железный порошок (160) Полиэтиленполиамин (7)	800...1000	500...600	22...24	5...6	60
ЭД-6 (100) Дибутилфталат (10) Цемент-500 (120) Полиэтиленполиамин (7)	450...600	350...400	11...13	2...3,5	50

Т а б л и ц а 74. Области применения составов на основе эпоксидных смол при ремонте деталей и узлов машин

Составы на основе эпоксидных смол, час- тей по массе	Область применения	Примеры
ЭД-6 (100) Дибутилфталат (15) Полиэтиленполиамин (8)	Склеивание металлических деталей, ремонт неподвижных сопряжений и резьбовых соединений; устранение небольших трещин до 2 мм	Ремонт неподвижного сопряжения шарикоподшипник — гнездо шаро- коподшипника коробки передач, шарикоподшипник — вал, шпиль- ка — корпус, трещина в корпусе карбюратора и т. д.
ЭД-6 (100) Дибутилфталат (15) Железный порошок (160) Полиэтиленполиамин (8)	Устранение трещин; ремонт резьбо- вых соединений и рабочих поверх- ностей корпусных деталей, которые испытывают при эксплуатации тем- пературные колебания.	Трещина водяной рубашки блока ци- линдров двигателя; трещина водя- ной рубашки головки блока ци- линдров; изношенные рабочие по- верхности корпуса гидравлического насоса и т. д.
ЭД-6 (100) Дибутилфталат (20) Цемент-400 (120) Полиэтиленполиамин (9)	То же	То же
ЭД-6 (100) Дибутилфталат (20) Алюминиевый порошок (25) Полиэтиленполиамин (8)	»	»

<p>ЭД-6 (100) Дибутилфталат (15) Железный порошок (160) Полиэтиленполиамин (8) Стеклоткань или техническая бязь 3...4 слоя</p>	<p>Устранение пробоин в корпусных деталях, которые испытывают при эксплуатации температурные колебания</p>	<p>Пробоины в блоке цилиндров, корпусе коробки передач и т. д.</p>
<p>ЭД-6 (100) Дибутилфталат (20) Цемент-400 (120) Полиэтиленполиамин (9) Стеклоткань или техническая бязь 3...4 слоя ЭД-6 (100)</p>	<p>То же</p>	<p>То же</p>
<p>Полнэтиленполиамин (9) Смола капроновая (порошок) (90)</p>	<p>Нанесение на изношенные поверхности подшипников скольжения в качестве антифрикционного состава</p>	<p>Подшипники скольжения, работающие при температуре не выше 120° С, удельном давлении не более 10 МПа и скорости скольжения не выше 4 м/с</p>
<p>ЭД-6 (100) Дибутилфталат (20) Мука слюдяная (80) Полиэтиленполиамин (9)</p>	<p>Шпаклевание сварных швов; выравнивание вмятин на облицовке тракторов и автомобилей</p>	<p>Блоки цилиндров двигателей, корпуса коробок передач, корпуса задних мостов, облицовки тракторов и т. д.</p>
<p>ЭД-6 (100) Дибутилфталат (20) Цемент-400 (120) Полиэтиленполиамин (9)</p>	<p>То же</p>	<p>Блоки цилиндров двигателей, корпуса коробок передач, корпуса задних мостов, облицовки тракторов и т. д.</p>

**Таблица 75. Технологические условия переработки полимерных материалов в изделия литьем под давлением и прессованием**

Материал	Температура нагрева материала, °С	Удельное давление, МПа	Выдержка под давлением, мин/мм	Усадка при переработке, %
Фенольноформальдегидные смолы с наполнителями:				
органическим	140...180	15...35	0,5...1,5	0,6...1
минеральным	150...180	15...40	2,5	0,2...0,6
органическим и минеральным	155...190	20...40	1...1,5	0,6...1
Волокнит	160...170	25...50	1,5...2	0,3...0,4
Асболокнит	170...190	45...50		
Стекловолокнит и др.	АГ-4 150...160	30...80	0,5...1	0,15
Текстолит	150...165	7...15	4,5	
Текстолитовая крошка	150...180	15...16	1,5...2	0,6...0,8
Стеклотекстолит	160...165	6...10	5	—
Полистирол	180...200	20...35	—	—
Полиэтилен	140...180	—	1...2,5	1...2,5
Фторопласт-4	370...420	20	—	4,7
Полиамид П-68	240...260	—	10...30	1,2...1,4
Полиамид П-548	170...180	—	—	—
Полиамид П-6	200...220	—	1...1,5	—
Полиамид ПАК-7	255...265	—	10...30	—
Капрон	180...200	—	1...1,5	1...1,5
Полиуретан ПУ-1	180...185	20	1,5...1,6	1...1,2
Полиформальдегид	200...225	—	—	1...3,5
Поликарбонат	280...302	—	—	0,6...0,7

### Восстановление деталей методом нанесения полимерных покрытий с комбинированным подслоем

Методом нанесения тонкослойных покрытий в псевдооживленном слое можно восстанавливать детали с износом рабочих поверхностей до 1 мм. Комбинированный подслоем должен состоять из смеси: 55% по массе просушенного поликапроамидного порошка и 45% порошкового состава на основе твердых эпоксидных смол типа Э-49.

Предварительно нагретые до 280...300°С детали сначала опускают в псевдооживленный слой порошковой смеси и выдерживают там 1 с, затем деталь с оплавленным комбинированным подслоем помещают в псевдооживленный слой поликапроамидного порошка. Зависимость толщины наносимого поликапроамидного покрытия от времени выдержки в псевдооживленном слое и отношения массы детали к площади поверхности приведена на графике (рис. 57).

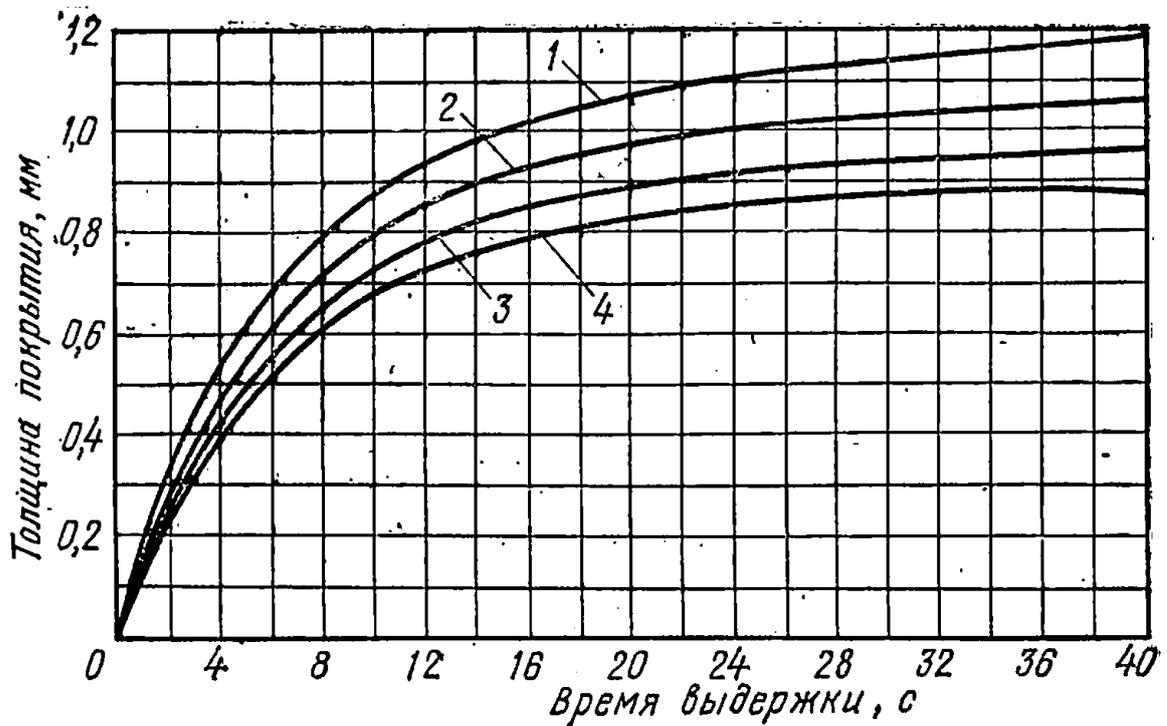


Рис. 57. Зависимость толщины покрытия от времени выдержки нагретых деталей в псевдооживленном слое:

$$1 - \frac{m}{F} = 15 \text{ г/см}^2; \quad 2 - \frac{m}{F} = 10 \text{ г/см}^2;$$

$$3 - \frac{m}{F} = 10 \text{ г/см}^2; \quad 4 - \frac{m}{F} = 1 \text{ г/см}^2.$$

Детали с нанесенным поликапроамидным покрытием с комбинированным подслоем помещают на 10 мин в ванну с маслом Дп-11, нагретым до 120° С, а затем охлаждают на воздухе.

После нанесения покрытия детали проходят механическую обработку.

## Глава 7

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Сварочные свойства алюминия и его сплавов отличаются от таковых стали и чугуна. Алюминий и его сплавы имеют низкую температуру плавления (637° С), химически активны и, соединяясь с кислородом, образуют окись алюминия, являющуюся неэлектропроводной, тугоплавкой (2050° С), тяжелой по сравнению с алюминием. Попадая в расплавленную ванну, окись алюминия в виде твердых частиц оседает вниз, препятствуя сплавлению наплавленного металла с основным. Окись алюминия можно удалить механическим или химическим путем. Можно предупредить ее возникновение, защитив зону дуги и расплавленный металл инертным газом — аргоном.

## Ручная электросварка

Алюминий и его литейные сплавы имеют различную величину усадки, поэтому для сварки каждого сплава можно применять лишь вполне определенные электроды. При сварке алюминия марок А6, АД0, АД1, АД — электроды ОЗА-1 или АФ-1; алюминиевомарганцевого сплава АМЦ и литейного сплава АЛ-9 — электроды А2; силуминов Ал-2, Ал-4, Ал-5, Ал-9п, Пл-11 — электроды ОЗА-2.

При сварке силуминов электродами ОЗА-2 металл шва имеет примерно такой же химический состав, как и основной металл, поэтому усадка их происходит одновременно и трещин не образуется. Место сварки деталей предварительно нагревают до  $250...350^{\circ}\text{C}$ . Источником нагрева может быть пламя газовой горелки или термическая печь. Для сварки применяют в основном электроды диаметром 5 мм. Сварку ведут короткой дугой при обратной полярности по режиму: напряжение холостого хода  $60...70\text{ В}$ , сила тока  $126...160\text{ А}$ , скорость  $0,4...0,6\text{ м/мин}$ .

Перед заваркой трещины по всей ее длине вырубают канавку.

## Газовая сварка без флюсов

Способ газовой сварки без флюсов заключается в следующем. Горелкой с восстановительным пламенем с небольшим избытком ацетилена разогревают место сварки и присадочный металл до расплавления, металлическим прутом удаляют окислы и перемешивают основной и присадочный металл.

Дефектные места заваривают в такой последовательности (рис. 58): набивают деталь песком и замазывают глиной отверстия; нагревают до  $250...300^{\circ}\text{C}$  (контролируя по цвету черты синего термокарандаша; при  $300^{\circ}\text{C}$  синий цвет меняется на белый), устанавливают на рабочее место и укладывают возле трещины кусочки присадочного материала, нагревают свариваемый участок до начала плавления, контролируя его размягчение и начало плавления стальным крючком, после расплавления основного металла удаляют крючком тугоплавкую окись алюминия и другие случайно попавшие включения (обработанная таким образом расплавленная поверхность приобретает зеркальный блеск), вводят в расплавленную ванну кусочек подогретого присадочного материала, удаляя крючком окисную пленку, перемешивают сварочную ванну крючком, добиваясь надежного сплавления основного и расплавленного металла, после заварки в течение  $1...2$  мин выравнивают температуру детали

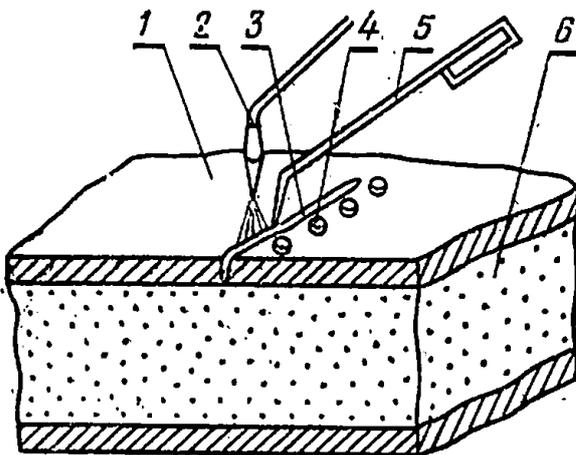


Рис. 58. Схемы заварки трещины:

1 — головка блока; 2 — газовая горелка; 3 — трещина; 4 — кусочки присадочного материала; 5 — крючок; 6 — песок.

равномерным прогревом остальных частей, охлаждают деталь на воздухе, удаляют песок и промывают в горячей воде.

При этом способе сварки отпадает необходимость в вырубке металла при подготовке к заварке трещин, наружную поверхность трещин очищают только металлической щеткой на расстоянии 12...15 мм от трещины.

### Газовая сварка с использованием флюсов

Газовая сварка алюминия и его сплавов с использованием флюсов мало отличается от аналогичных способов сварки чугуна или стали. В качестве присадочных прутков применяют сплав с содержанием 5...6% кремния. Флюс насыпают на кромки трещин и в процессе сварки вносят в сварочную ванну прутком. Флюс предназначен для растворения и удаления тугоплавкой окисной пленки. В качестве флюса можно использовать смесь из 35 частей криолита, 15 частей хлористого натрия и 15 частей хлористого калия. В некоторых случаях применяют флюсы, в состав которых входят хлористые и фтористые соли натрия, лития, кальция и калия. Активным растворителем пленки окиси алюминия является хлористый литий.

Перед сваркой деталь очищают от загрязнения, место сварки тщательно зачищают металлической щеткой, а затем протирают ацетоном или чистым бензином. После этого деталь нагревают до 250...300° С, зачищают место сварки и насыпают флюс на кромки трещины. Интенсивно нагревая место сварки и присадочный пруток, проводят сварку.

При сварке алюминиевых сплавов рекомендуется применять пламя газовой смеси  $O_2:C_2H_2=1,1...1,2$ . Мощность пламени выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла:

толщина металла, мм . . . . .	0,5...0,8	1,0	12	1,5...2	3...4
мощность пламени ацетилена, л/г .	50	75	75...150	150...300	300...500

### Электродуговая сварка угольным электродом

При этом способе сварки основной и присадочный металлы расплавляют электрической дугой между деталью и угольным электродом. В качестве электродов применяют графитовые угольные стержни длиной 200...700 мм и диаметром 10..18 мм. Диаметр электрода, присадочного прутка и величину тока выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла (табл. 76).

Т а б л и ц а 76. Данные для выбора режима сварки

Толщина свариваемого металла, мм	Сила тока, А	Диаметр присадочного прутка, мм	Диаметр угольного электрода, мм	Диаметр графитового электрода, мм
3...5	120...250	4...6	12,5	10
5...8	250...400	5...6	15	12,5
8...10	250...400	6...7	15	12,5
10...15	400...500	7...8	18	15

При помощи присадочного прутка вводят в сварочную ванну флюс и удаляют из нее шлак и часть нерастворившихся окислов. Детали перед сваркой обязательно нагревают до 250...300° С. Во время сварки электрод перемещают только линейно, без поперечных колебаний, держа его перпендикулярно относительно свариваемой поверхности. Дуга должна быть как можно короче.

### Ручная аргоно-дуговая сварка

При аргоно-дуговой сварке дуга горит между деталью (участком сварки) и вольфрамовым электродом. В зону дуги аргон подают под определенным давлением. Одновременно от тепла дуги расплавляется присадочный материал. Дуга разрушает поверхностную окисную пленку, а аргон предохраняет расплавленный и присадочный металл от окисления.

В качестве присадочного материала можно использовать проволоки марок АМГ, АМГЗ диаметром 1,6...3 мм либо прутки из основного металла. С присадочного материала перед сваркой необходимо удалить жир, грязь и окисную пленку химическим либо механическим путем. После очистки присадочный материал промывают в холодной воде и сушат при 60° С не ниже.

Режимы сварки и диаметр присадочной проволоки в зависимости от толщины свариваемого материала приведены в таблице 77.

Т а б л и ц а 77. Режимы сварки

Толщина материала, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм
2...3	70...100	22...24	2...3	2
4...6	100...120	22...24	4	3
6...10	120...160	22...24	3...4	3...4
10...15	160...240	20...22	4...5	4...5
15 и более	200...240	20...22	5	5

Сварочную дугу возбуждают на графитовой пластине и после достаточного накала вольфрамового электрода переносят на деталь. Горелку нужно держать под углом 65...70° к поверхности изделия, а присадочную проволоку под прямым углом к оси горелки.

## Глава 8

### ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЕЙ ПАЙКОСВАРКОЙ

Для пайки чугуна марки СЧ18-36 с нагревом его выше температуры ликвидуса припоя используют различные комбинации припоев марок Л-63, ЛОМНА, ЛОК-59-1-0,3, ЛК-62-05 с флюсами марок: АН-ШТ2, бура МАФ-1, № 209, ФПСН-2.

Температура пайки чугуна с использованием принятых технологических материалов различна. Наименьшая температура обра-

зования паяного соединения чугуна (940...960° С) получается при использовании в качестве флюса синтетического шлака марки АН-ШТ2.

С флюсом АН-ШТ2 равнопрочные соединения серого чугуна получаются при использовании припоев марок Л-63 и ЛОК-59-1-0,3 а припой марок ЛОМНА и ЛК-62-05 образуют такие соединения с флюсом марки МАФ-1.

Прочность паяных соединений линейно зависит от пористости паяных швов. Чем меньше пористость, тем выше прочность паяного соединения. Наименьшей пористостью ( $K_p=0,1$ ) и лучшей прочностью ( $K_\sigma=1$ ) обладают паяные соединения чугуна с применением в качестве припоя латуни марки Л-63 и флюса марки АН-ШТ2.

Наименьшее увеличение микротвердости в чугуне СЧ18-36 (НУ-20-19...20 кгс/мм<sup>2</sup>) происходит при использовании припоев марок: Л-63 и ЛОК-59-1-03 в сочетании с флюсом марки АН-ШТ2. Наименьшее увеличение микротвердости в паяном шве (НУ-20-15...16 кгс/мм<sup>2</sup>) наблюдается при пайке чугуна припоем марки Л-63 с флюсами АН-ШТ2 и МАФ-1. В ряде случаев при восстановлении чугунных деталей может оказаться целесообразным соединением чугуна со сталью (табл. 78).

Т а б л и ц а 78. Композиции припоев и флюсов для пайки чугуна со сталью

Марка припоя	Марка флюса	Температура пайки, °С		Прочность на изгиб, кгс/мм <sup>2</sup>	
		стали	чугуна	стали	чугуна
Л-63	АН-ШТ2	950	950	60	>36
ЛОМНА	МАФ-1	930	960	35	>36
ЛОМНА	№ 209	960	950	47,1	>36
ЛОК-59-1-03	АН-ШТ2	980	960	40,6	>36

Например, заднее колесо и картер механизма рулевого управления автомобилей восстанавливают пайкой с постановкой стальных дополнительных ремонтных деталей, так как сталь, как более прочный конструкционный материал, существенно повышает ресурс восстановленных деталей.

Температура пайки стали припоем ЛОК-59-1-03 с флюсом марки АН-ШТ2 на 20° С выше верхнего предела температуры пайки чугуна. Температура пайки стали припоем марки Л-63 с флюсом марки АН-ШТ2 составляет 950° С и равна температуре пайки чугуна с использованием тех же технологических материалов и применяемых технологических материалов. Для пайки серого чугуна и стали хорошими свойствами обладает композиция: припой Л-63 и флюс АН-ШТ2. Использование этих технологических материалов для пайки ковкого (КЧ35-10) и высокопрочного (ВЧ50-1,5) чугунов показывает, что температура их пайки равна 950° С. Такая же температура при пайке серого чугуна и стали, поэтому можно легко совмещать паяемые пары металлов, то есть чугун с чугуном и со сталью.

Прочность паяных соединений ковкого и высокопрочного чугунов на изгиб составляет 60 кгс/мм<sup>2</sup>, что соответственно составляет 95 и 71% прочности основного металла. Твердость ковкого чугуна остается близкой к исходной, а твердость высокопрочного чугуна возрастает на 30...40 кгс/мм<sup>2</sup>.

Затекание припоя в капиллярный зазор при пайке различных материалов оказывается неодинаковым. При высоте поднятия припоя 15 мм максимальная величина капиллярных зазоров соответственно составляет для СЧ18-36 0,3 мм, для КЧ35-10 0,35 мм.

Увеличение температуры пайки несколько повышает прочность паяных соединений серого чугуна СЧ18-36 за счет улучшения его структуры. Прочность паяных соединений ковкого чугуна КЧ35-10 при этих условиях снижается на 3...5%.

В паяных соединениях серого чугуна СЧ18-36 диффузионные явления развиваются несколько быстрее, чем в ковком чугуне КЧ35-10. Припой проникает по границам зерен чугуна, и оторвавшиеся зерна, переходя в толщину паяного шва, насыщаются элементами припоя. Проникновение припоя в сталь незначительно.

## Глава 9

### СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЧУГУННЫХ ДЕТАЛЕЙ СВАРКОЙ

Трещины и изломы чугунных деталей можно заваривать дуговой сваркой металлическим или угольным электродом, газовой сваркой, термитной сваркой или заливать жидким чугуном.

По состоянию свариваемой детали различают три способа сварки чугуна: холодную, полугорячую (300...400° С), горячую (600...800° С).

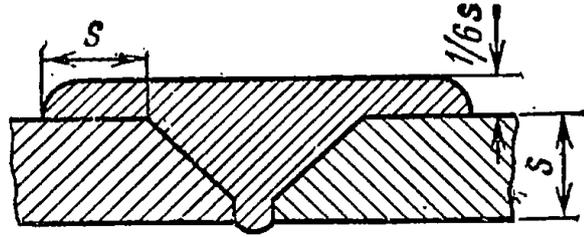
#### Холодная сварка

Этот способ сварки имеет несколько разновидностей: стальными электродами, стальными электродами со специальными покрытиями, стальными электродами при помощи шпилек, чугунными электродами, комбинированными электродами, медными электродами, электродами из монель-металла, электродами из никелевого аустенитного чугуна, газовая (ацетилено-кислородным пламенем).

**Сварка стальными электродами.** Ее применяют при ремонте неответственных чугунных изделий небольших размеров с малым объемом наплавки, не требующих после сварки механической обработки.

**Сварка электродами с защитно-легирующими покрытиями.** Выполняют с V-образной или X-образной разделкой кромок. Длина отдельных наплавленных участков сварного шва не должна превышать 100...120 мм. После наплавки отдельных участков им дают возможность остыть до 60...80° С. При сварке изделий толщиной 8...15 мм сварку ведут с увеличенной шириной усиления шва (рис. 59). Сваривать электродами с покрытиями ОММ-5 и К-5 можно на переменном или постоянном токе. Наилучшие результаты получают при сварке электродами с покрытием УОНИ-13/45.

Рис. 59. Сварка чугунных деталей стальными электродами с увеличенной шириной усиления сварного шва.



Сварку электродами с покрытием УОНИ проводят на постоянном токе обратной полярности.

**Сварка при помощи шпилек.** При этом способе кромки свариваемых деталей скашивают под углом  $45^\circ$  (при толщине деталей свыше 5...6 мм). Общий угол разделки должен быть  $90^\circ$ . В подготовленных кромках просверливают отверстия и нарезают резьбу. В отверстия ввертывают шпильки из низкоуглеродистой стали, располагая их в шахматном порядке (рис. 60). При большей толщине свариваемых деталей диаметр шпилек ориентировочно выбирают по таблице 79. Высота возвышения шпилек над поверхностью свариваемого металла должна быть равной 0,5...1 диаметра шпильки, а глубина посадки шпилек — 1...2 диаметром шпильки. Разделка кромок может быть V- и X-образной.

Сварку ведут на постоянном или переменном токе с использованием электродов с защитно-легирующими покрытиями типов Э42, Э42А, Э50 и Э50А. При толщине металла до 5 мм диаметр электрода 3...4 мм, при толщине 5...10 мм — диаметр 4...5 мм. Ориентировочный режим сварки следующий:

диаметр электрода, мм	3	4	5
сила тока, А . . . .	90...100	130...160	180...200

При толщине металла 10 мм в ответственных деталях рекомендуется между шпильками устанавливать анкеры из полосовой или круглой низкоуглеродистой стали. Анкеры устанавливают под углом  $45^\circ$  или перпендикулярно к сварному шву (рис. 61). Длину анкеров берут в зависимости от ширины свариваемого участка а толщину или диаметр — в пределах 6...12 мм.

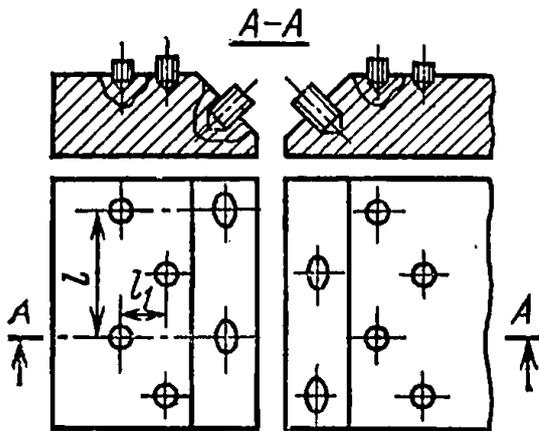


Рис. 60. Подготовка чугунных деталей под сварку при помощи шпилек.  $l$  и  $l_1$ —расстояния между шпильками.

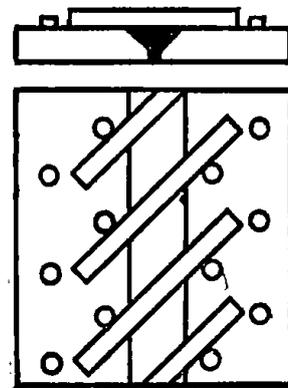


Рис. 61. Сварка чугунных деталей при помощи шпилек и анкеров.

Т а б л и ц а 79. Диаметр шпилек в зависимости от толщины свариваемых чугунных деталей

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр шпильки, мм	Расстояние между шпильками, мм	
		<i>l</i>	<i>l</i> <sub>1</sub>
10...20	10	40...60	5...10
20...25	12	48...50	10...12
25...30	14	50...56	12...16
30 и более	16	50...80	15...20

Сварка стальными электродами со специальным покрытием. Сваривают изделия несложной формы, средних размеров и массы, с толщиной стенок до 15 мм, работающие при незначительных статических и ударных нагрузках.

Наиболее распространенные специальные покрытия имеют следующий состав:

- 1) графит — 40% ГОСТ 5279—74, карборунд — 60%;
- 2) графит — 50%, ферросилиций — 40% ГОСТ 1415—78, мел — 10% ГОСТ 4415—75;
- 3) графит — 20%, мел — 40%, плавиковый шпат — 40%  
( $\frac{\text{ОСТ}}{\text{НКПТ}} 7633/655$ ).

Сварка чугунными электродами. Применяют для исправления дефектов деталей раковин и трещин. Металл сварного шва можно получить близким по химическому составу к основному металлу, однако в металле сварного шва и прилежащих к нему зонах наблюдается отбел, что затрудняет последующую механическую обработку. Чугунные электроды изготовляют из круглых литых прутков следующих размеров, мм:

диаметр . . . . .	4	6	8, 10, 12
длина . . . . .	250	350	450

Прутки изготовляют из чугуна марок: А и Б (табл. 80). Прутки марки А применяют для газовой сварки и для стержней электродов при горячей сварке, марки Б — для стержней электро-

Т а б л и ц а 80. Химический состав чугунных электродных прутков, %

Марка	C	Si	Mn	S не более	P	Не более		Примерное назначение
						Cr	Ni	
А	3...3,6	3...3,5	0,5... 0,8	0,8	0,2... 0,5	0,05	0,3	Для газовой сварки и для стержней электродов при горячей сварке
Б	3...3,6	3,6... 4,8	0,5... 0,8	0,08	0,3... 0,5	0,05	0,3	Для стержней электродов при горячей, полугорячей и холодной сварке

дов, предназначенных для холодной, полугорячей и горячей сварки. Компоненты электродных покрытий для чугунных электродов замешивают на жидком стекле.

Режимы сварки приведены в таблице 81.

Т а б л и ц а 81. Режимы холодной сварки чугунными электродами

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А
До 15	6	270...300
Свыше 15 до 30	8	300...400
» 30 » 40	10	450...500
» 40 »	12	500...650

Сварка медными электродами. Сваривают детали, работающие при незначительных статических нагрузках.

Медные электроды изготовляют из стержней диаметром 3...6 мм, которые затем обертывают стальной низкоуглеродистой лентой или проволокой. На подготовленный стержень наносят меловое покрытие. Вместо обертки из стальной ленты для медных электродов применяют также специальное покрытие, имеющее следующий состав:

титановая руда . . . . .	5
ферросилиций . . . . .	40
алюминий в порошке . . . . .	15
графит . . . . .	20
мрамор . . . . .	10
плавиковый шпат . . . . .	10

Медными электродами можно сваривать на постоянном и переменном токе. Лучшие результаты получаются при сварке на постоянном токе обратной полярности.

Сварка электродами из монель-металла. Электроды из монель-металла состоят из медно-никелевых стержней диаметром 3...6 мм и специального покрытия. Составы покрытий для электродов приведены в таблице 82. Сварку проводят на постоянном токе обрат-

Т а б л и ц а 82. Покрытия для электродов из монель-металла

Компоненты	Состав, %			
	1	2	3*	4
Графит	66	40	74	—
Мел	32,5	60	—	58
Углекислый калий (поташ)	1,5	—	—	—
Окись алюминия	—	—	4	—
Каолин	—	—	6	—
Углекислый стронций	—	—	—	30
Железная окалина (крокус)	—	—	—	12

\* Состав покрытия приведен в частях по массе.

ной полярности. Валики накладывают короткими участками по 60...70 мм, после чего им дают остыть. В процессе сварки валики подвергают легкой проковке.

Сварка электродами из никелевого аустенитного чугуна. Электроды состоят из легированных никелем чугуновых прутков, покрытых специальным составом.

Примерный химический состав никелевого чугуна следующий, %:

углерод . . . . .	2,5	никель . . . . .	20...22
кремний . . . . .	2...2,5	медь . . . . .	5
марганец . . . . .	0,6...0,8	сера . . . . .	0,05...0,06
		фосфор . . . . .	0,1...0,2

Покрытие состоит из 70% карборунда и 30% углекислых бария или стронция, разведенных на жидком стекле. Кроме того, можно применять покрытие УЗТМ-81 на электродный стержень в два слоя. Первый слой состоит из алюминиевого порошка, а второй слой имеет следующий состав, %:

графит . . . . .	55	алюминий металлический	
титановая руда . . . . .	30	в порошке . . . . .	10
		мрамор . . . . .	5

В холодном состоянии с применением чугуновых прутков в качестве присадочного металла сваривают неотвеченные детали с малым объемом наплавки. Ориентировочные режимы газовой сварки чугуна приведены в таблице 83. Для обеспечения выхода газов жидкий металл сварочной ванны перемешивают концом присадочного чугунового прутка.

Т а б л и ц а 83. Ориентировочные режимы газовой сварки чугуна с применением чугуновых присадочных прутков

Толщина металла, мм	Номер наконечника горелки	Мощность пламени из расчета расхода ацетилена, л/ч
До 5	3 или 4	400...500
Свыше 5 до 10	4 » 5	700...1100
» 10 » 15	5 » 6	1100...1700
» 15	6 » 7	1700...2800

### Полугорячая сварка

Детали перед сваркой нагревают в термических печах, горнах или газовыми горелками ацетилено-кислородным пламенем.

Полугорячую сварку чугуна можно осуществлять низкоуглеродистыми стальными электродами с защитно-легирующими покрытиями типа ОММ-5, МР-3, К-5 и УОНИ-13 чугуновыми электродами и ацетилено-кислородным пламенем с применением чугуновых присадочных прутков.

Газовая сварка. Это весьма распространенный способ ремонта чугуновых деталей. При использовании латуинных прутков в качестве присадочного металла сварной шов получается достаточно плот-

ным и поддается механической обработке. Газовую сварку чугуна можно разделить на собственно сварку и на пайку. При сварке в качестве присадочного металла применяют стальную сварочную проволоку Св-08 и Св-08А или стержни из чугуна марки А, при пайке — латунные прутки, химический состав которых приведен в таблице 84. Состав флюсов, применяющихся при сварке и пайке, приведен в таблице 85.

Т а б л и ц а 84. Примерный химический состав (%) латуни и бронзы, применяющихся в качестве присадочного металла при газовой пайке чугуна

Присадочный металл	Cu	Zn	Pb	Fe
Латунь	58...59	38...40	0,9...1,1	0,5...1
Латунь	58...59	38...40	0,9...1,1	0,5...1
Латунь ЛК 62-0,5	60,5...65	39	0,05	0,6
Бронза сварочная (бронза «Тобина»)	56...62	38,41	1, 3, 5	0,7...1

Продолжение

Присадочный металл	Mn	Ni	P	S
Латунь	0,4...0,8	—	0,01	—
Латунь	0,4...0,8	0,5	0,12	0,25
Латунь ЛК 62-0,5	—	—	0,02	0,4...0,6
Бронза сварочная (бронза «Тобина»)	0,5...0,8	0,3...0,8	—	—

Т а б л и ц а 85. Флюсы для сварки и пайки чугуна (ГОСТ 19250—73)

Компоненты	Состав, %			
	1	2	3	4
Бура	100	56	70	56
Поваренная соль	—	22	20	—
Углекислый калий (поташ)	—	22	—	22
Борная кислота	—	—	10	—
Углекислый натрий (сода)	—	—	—	22

Примечание. Флюсы 1, 2 и 3 используют при газовой сварке и пайке, а также при сварке угольным электродом. Флюс 4 используют при газовой пайке.

## Горячая сварка

Горячая сварка складывается из таких последовательных операций: механической обработки под сварку, формовки свариваемых деталей, нагрева, сварки и охлаждения сваренных деталей.

Для предохранения расплавленного металла от вытекания участки, подлежащие сварке формируют при помощи формовочной земли и графитовых пластинок (рис. 62).

Детали нагревают в специальных нагревательных печах, колодцах, горнах или при помощи индукционных подогревателей. Для горячей сварки применяют чугунные электроды со стержнями марок А и Б. Наиболее распространенными электродными покрытиями для горячей сварки являются ОМЧ-1 и УЗТМ-74.

Чугунные детали сваривают чугунными электродами на следующих режимах:

диаметр электро-				
да, мм	8	10	12	16
сила тока, А	600...700	750...800	1000...1200	1500...1800

Сварку ведут без перерывов, с тем чтобы металл сварочной ванны все время был в расплавленном состоянии. После сварки детали должны медленно охлаждаться вместе с нагревательной печью или под слоем мелкого древесного угля.

### Механизированная сварка чугуна самозащитной проволокой ПАНЧ-11 без подогрева

Сварка проволокой ПАНЧ-11 осуществляется открытой дугой, без дополнительной защиты газом или флюсом. Лучшие результаты обеспечиваются на постоянном токе прямой полярности при следующих значениях параметров режима (для проволоки диаметром 1,2 мм):  $I_{св}=100...140$  А;  $U_A=14...18$  В;  $v_{св}=0,15...0,25$  см/с. Горение дуги отличается стабильностью, процесс протекает практически без разбрызгивания, формирование швов хорошее, без подрезов и других внешних дефектов, во всех пространственных положениях.

Металл шва характеризуется следующими показателями механических свойств: предел прочности — до 55 кгс/мм<sup>2</sup>, предел текучести — до 35 кгс/мм<sup>2</sup>, удлинение — до 25%. Свойства соединений в целом определяются свариваемым чугуном. При испытании на растяжение образцы разрушаются, как правило, по основному металлу.

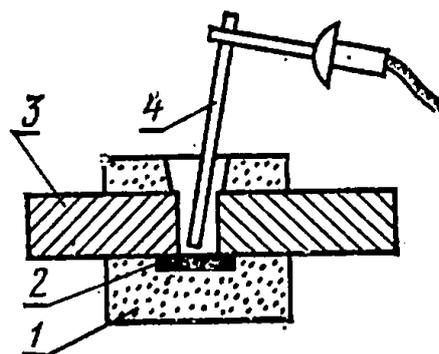


Рис. 62. Горячая сварка чугуна:

1 — формовочная земля; 2 — графитная пластинка; 3 — свариваемые детали; 4 — электрод.

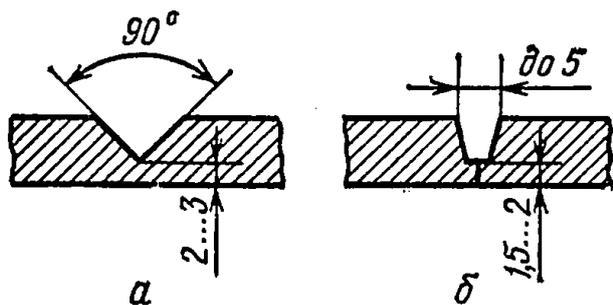


Рис. 63. Рекомендуемая разделка кромок при сварке штучными электродами (а) и проволокой ПАНЧ-11 (б).

Малый диаметр проволоки (1 . . . 1,2 мм) ПАНЧ-11 дает возможность рекомендовать узкую разделку кромок (рис. 63). В результате этого достигается значительное уменьшение тепловложения в деталь, обеспечиваются жесткие термические циклы в районе сварки (рис. 64), сужается зона структурных превращений в основном металле.

Для сварки проволокой ПАНЧ-11 пригодны любые шланговые полуавтоматы, предназначенные для подачи проволоки диаметром 1 . . . 1,2 мм: А-547; А-547У; А-285; серии ПДГ и другие в комплекте с выпрямителями ВС-200; ВС-300 или сварочными преобразователями с жесткой характеристикой.

Механизированную сварку проволокой ПАНЧ-11 применяют при восстановлении базисных чугунных деталей машин, работающих в сельском хозяйстве.

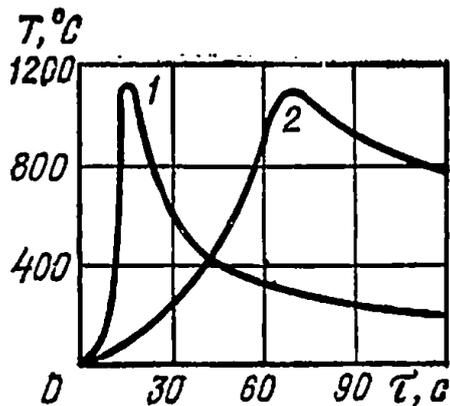


Рис. 64. Термические циклы в околошлаковой зоне при сварке чугунных деталей толщиной 5 мм:

1 — проволокой ПАНЧ-11 диаметром 1,2 мм ( $Q=1350$  Вт;  $v_{св}=0,15$  см/с); 2 — электродом Casio-lin 2240 диаметром 3 мм ( $Q=1350$  Вт,  $v_{св}=0,07$  см/с).

## Глава 10

### СЛЕСАРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

#### Способ ремонтных размеров

Способ заключается в том, что одну из сопрягаемых деталей, обычно сложную и дорогостоящую (например, вал), ремонтируют механической обработкой до заранее заданного ремонтного размера, а другую, более простую и дешевую (втулка), заменяют новой деталью соответствующего ремонтного размера. При этом полностью восстанавливается работоспособность сопряжения, так как обработка под ремонтный размер осуществляется с теми же допусками, с которыми изготовляют новые детали. Назначение ремонтных размеров должно проводиться в пределах, обеспечивающих достаточную прочность деталей.

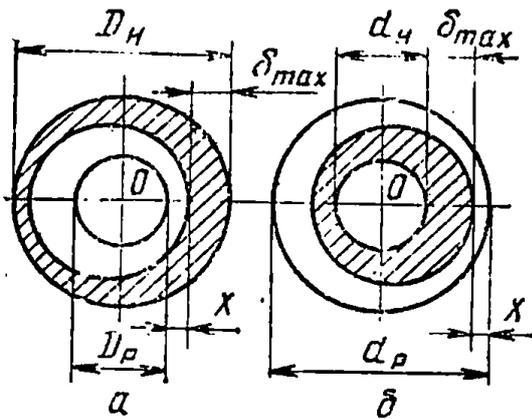


Рис. 65. Схема к расчету ремонтных размеров для поверхностей:

*a* — наружных; *б* — внутренних.

где  $d_H$  — диаметр отверстия новой втулки по чертежу, мм.

Число устанавливаемых ремонтных размеров определяют по формуле

$$\text{для вала } n_D = \frac{D_H - D_{р.п}}{\alpha}; \quad (47)$$

$$\text{для втулки } n_d = \frac{d_{р.п} - d_H}{\alpha},$$

где  $\alpha$  — ремонтный интервал, т. е. разность между размером по чертежу и первым ремонтным размером или между соседними ремонтными размерами;

$D_{р.п}$ ,  $d_{р.п}$  — последний (предельный) ремонтный размер.

Последний (предельный) ремонтный размер ограничен предельно допустимым размером детали, установленным техническими условиями на ремонт.

Для деталей типа «вал» очередной ремонтный размер (рис. 65) по диаметру определяют по формуле

$$D_p = D_H - 2i(\delta_{max} + x), \quad (45)$$

где  $D_H$  — диаметр новой втулки по чертежу, мм;

$i$  — порядковый номер ремонтного размера;

$\delta_{max}$  — наибольший износ на одну сторону, мм;

$x$  — припуск на обработку (на одну сторону), мм.

Для деталей типа «втулка» очередной ремонтный размер по диаметру отверстия равен

$$d_p = d_H + 2i(\delta_{max} + x), \quad (46)$$

## Восстановление резьбы

Изношенные резьбы в деталях восстанавливают следующими способами:

1) нарезанием резьбы ремонтного размера. Изношенную резьбу при этом удаляют и нарезают на валах резьбу уменьшенного, а в отверстиях — увеличенного размера. Ремонтные размеры резьбы приведены в таблице 86.

2) наваркой и нарезанием резьбы нормального размера. Изношенную резьбу при этом удаляют обтачиванием на 1 мм. Наваривают слой металла с припуском 2...3 мм на сторону. Затем это место обтачивают и на нем нарезают новую резьбу (табл. 87);

3) постановкой резьбовых пробок;

4) установкой спиральных вставок.

Для определения размеров резьбового соединения со спиральной вставкой рассчитывают размеры резьбы в корпусе (рис. 66), где за исходные принимают размеры резьбы болта.

Т а б л и ц а 86. Ремонтные размеры резьбы

Нормальная резьба	Вал		
	ремонтная резьба	диаметр обточки, мм	
		под плашку	под резец
1M12×1,25	1M10×1	0,95 <sup>-0,1</sup>	10 <sup>-0,1</sup>
1M12×1,5	1M12×1,75; 1M12×1,25	11,8 <sup>-0,12</sup>	12 <sup>-0,12</sup>
1M16×1,5	1M14×1,5	13,94 <sup>-0,12</sup>	14 <sup>-0,12</sup>
1M20×1,5	1M18×1,5	17,94 <sup>-0,12</sup>	18 <sup>-0,12</sup>
1M24×2,0	1M22×1,5	21,93 <sup>-0,14</sup>	22 <sup>-0,14</sup>
1M27×2	1M24×2,0	23,93 <sup>-0,14</sup>	24 <sup>-0,14</sup>
1M30×2,0	1M27×2	26,93 <sup>-0,14</sup>	27 <sup>-0,14</sup>
1M33×1,5	1M30×1,5	29,93 <sup>-0,14</sup>	30 <sup>-0,14</sup>

*Продолжение*

Нормальная резьба	Отверстие		
	ремонтная резьба	диаметр сверла, мм, при обработке	
		чугуна, бронзы	стали, латуни
1M12×1,25	1M14×1,5	12,3	12,4
1M14×1,5	1M16×1,5	14,3	14,4
1M16×1,5	1M18×1,5	16,3	16,4
1M20×1,5	1M22×1,5	20,3	20,4
1M24×2,0	1M27×2,0	24,7	24,8
1M30×2,0	1M33×2,0	30,7	30,8
1M33×2,0	2M36×2,0	33,7	33,7

Расчеты ведут по формулам

$$d_p^k = d^6 + 2 \frac{H}{8} + 2H - 2 \frac{H}{8}$$

или

$$d_p^k = d^6 + 2H,$$

но

$$H = 0,866 S,$$

Таблица 87. Размеры ремонтной резьбы

Размер резьбы		Диаметр обточки, мм, для резьбы		Диаметр наплавки, мм, для резьбы	
нормальный	ремонтный	нормальный	ремонтный	нормальный	ремонтный
M16×2,0	M14×2	15,88 <sub>-0,12</sub>	13,88 <sub>-0,12</sub>	21	19
M18×2,5	M14×2	17,88 <sub>-0,12</sub>	13,88 <sub>-0,12</sub>	21	17
M20×2,5	M18×2,5	19,86 <sub>-0,14</sub>	17,88 <sub>-0,12</sub>	25	23
M22×2,5	M20×2,5	21,86 <sub>-0,14</sub>	19,86 <sub>-0,14</sub>	27	25
M24×3,0	M20×2,5	23,86 <sub>-0,14</sub>	19,86 <sub>-0,14</sub>	29	25
M27×3,0	M24×3	26,86 <sub>-0,14</sub>	23,86 <sub>-0,14</sub>	32	29
M30×3,5	M24×3,0	29,86 <sub>-0,14</sub>	23,86 <sub>-0,14</sub>	35	29
1M14×1,5	1M12×1,25	13,94 <sub>-0,12</sub>	11,94 <sub>-0,12</sub>	19	17
1M16×1,5	1M14×1,5	15,94 <sub>-0,12</sub>	13,94 <sub>-0,12</sub>	21	19
1M18×1,5	1M16×1,5	17,94 <sub>-0,12</sub>	15,94 <sub>-0,12</sub>	23	21
1M20×1,5	1M18×1,5	19,93 <sub>-0,14</sub>	17,94 <sub>-0,12</sub>	25	23
1M22×1,5	1M20×1,5	21,93 <sub>-0,14</sub>	20,93 <sub>-0,14</sub>	27	25
1M42×3,0	1M39×3	41,92 <sub>-0,17</sub>	38,92 <sub>-0,17</sub>	47	44
1M45×3,0	1M42×3	44,92 <sub>-0,17</sub>	41,92 <sub>-0,17</sub>	50	47
2M24×1,5	1M22×1,5	23,93 <sub>-0,14</sub>	21,93 <sub>-0,14</sub>	29	27
2M27×1,5	2M24×1,5	26,93 <sub>-0,14</sub>	23,93 <sub>-0,14</sub>	32	29
2M30×1,5	2M27×1,5	29,93 <sub>-0,14</sub>	26,93 <sub>-0,14</sub>	35	32
2M36×2,0	2M33×1,5	35,92 <sub>-0,17</sub>	32,92 <sub>-0,17</sub>	41	38
2M39×2,0	1M36×2	38,92 <sub>-0,17</sub>	35,92 <sub>-0,17</sub>	44	41
2M45×2,0	2M42×2	44,92 <sub>-0,17</sub>	41,92 <sub>-0,17</sub>	50	47
3M36×1,5	2M33×1,5	35,92 <sub>-0,17</sub>	32,92 <sub>-0,17</sub>	41	38
3M45×1,5	3M42×1,5	32,92 <sub>-0,17</sub>	41,92 <sub>-0,17</sub>	50	47

тогда

$$d_p^k = d^6 + 1,732 S,$$

где  $d_p^k$  — расчетный размер резьбы в корпусе (остальные размеры см. на рис. 66).

Размеры профиля витка вставки рассчитывают, исходя из геометрического построения метрической резьбы, в сечении которой получается ромб (рис. 67).

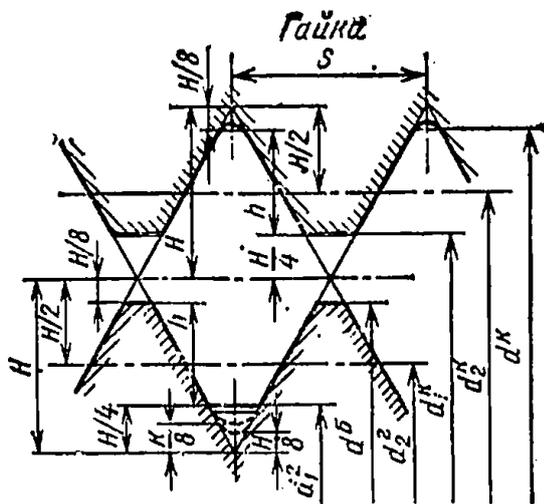


Рис. 66. Схема к расчету размеров резьбовых спиральных вставок.

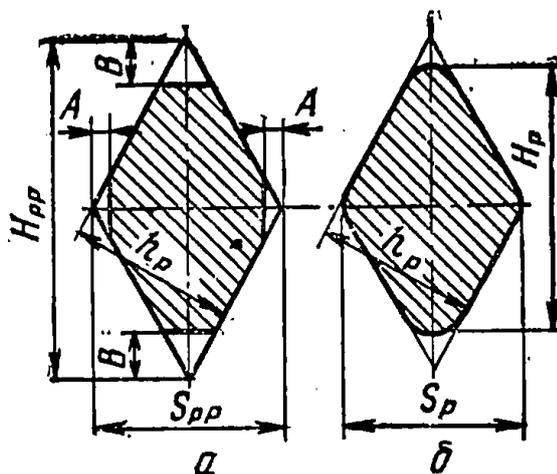


Рис. 67. Профиль спиральной вставки:

а — расчетный; б — с учетом скруглений.

Расчеты ведут по формулам:

$$H_{pp} = 2H + \frac{d^K - d_p^K}{2} \quad (49)$$

или

$$H_{pp} = 1,732S + \frac{d^K - d_p^K}{2},$$

$$S_{pp} = H_{pp} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad h_p = \frac{H_{pp}}{2};$$

$$H_p = H_{pp} - 2B,$$

но

$$B = \frac{H}{4},$$

тогда

$$H_p = H_{pp} - 0,433S,$$

где  $d^K$  — размер резьбы корпуса по ГОСТ 9150-59;

$H_{pp}$  и  $S_{pp}$ ;  $H_p$  и  $S_p$  — расчетная и с учетом притуплений длина соответственно большей и меньшей диагоналей ромба.

Ромбический профиль спиральной вставки получают из стальной проволоки круглого сечения X18H10T путем прокатывания.

Навивку спиральных вставок на резьбовую технологическую оправку ведут двумя способами: при помощи фильерной оправки и оправки с роликом.

К выбору способа восстановления резьбовых отверстий следует подходить дифференцированно исходя из наличия дефектов, вида нагрузки, толщины стенок детали и т. д.

Технологический процесс восстановления резьбовых отверстий включает дефектацию резьбовых отверстий путем внешнего осмотра или резьбовыми калибрами; удаление изношенной резьбы сверлением до необходимого размера; нарезание резьбы в рассверленном от-