

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 восстановления, 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.

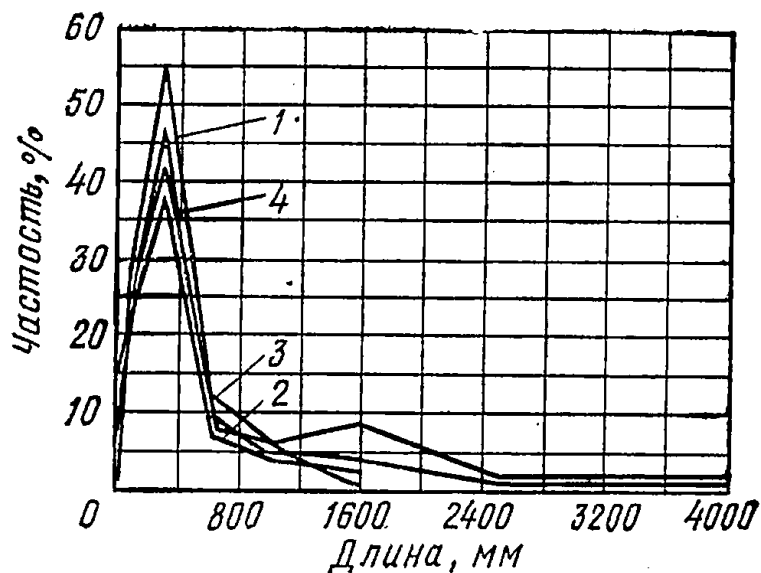
Все дефекты деталей автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин разбиты на 14 групп по видам изнашивающихся поверхностей: износ цилиндрической наружной поверхности; износ конической и сферической поверхностей; износ шлицев; износ пазов, канавок, лысок; износ, повреждение резьбы; износ отверстий; 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.

Общая система классификации классы и подклассы деталей																					
Классы		П о д к л а с с ы																			
Содержание и обозначение		0 1 2 3 4 5 6 7 8 9																			
Детали мелкие $L \leq 100, d \leq 40$	0	Толкатели	00	Пальцы, валики, оси лопастей, детали	01	Крестовины карданного вала	02	Детали топливной аппаратуры	03	Клапаны	04	Валы кулачковые	05	Червяки	06	Пальцы поршневые	07	Валы сложной конфигурации	08	Валы карданные	09
	1	Валы, червяки $L < 100$	10	Валы лопастей с глухим отверстием	11	Валы шестерни	12		13	Валы эксцентричные	14	Червячные	15	Секторные звездочки, храповики	16	Пальцы поршневые	17	Ободовые цилиндрические конические сходов	18		19
Колеса зубчатые	2	Однородные цилиндрические	20	Конические	21		22		23	Многоходовые	24	Барбаны тормозные	25	Надки опорные	26	Колеса с/х машин	27	Диски	28	Ступицы колес	29
	3	Фланцы, корпус подшипников	30	Барбаны с/х машин	31	Маховики	32	Муфты	33	Шкивы, ролики	34	Барбаны тормозные	35	Надки опорные	36	Колеса с/х машин	37	Диски	38	Ступицы колес	39
Втулки, цилиндры, гильзы	4	Втулки, гильзы	40	Гильзы цилиндров	41	Цилиндры, стаканы	42	Чашки дифференциала	43	Подшипники скольжения	44	Ножи режущих аппаратов	45	Звенья гусениц	46		47		48		49
	5	Лемеха	50	Овалы	51	Лопы культиваторов	52	Диски	53	Долота	54	Вилки	55	Звенья гусениц	56	Коромысла	57		58		59
Кронштейны, рычаги, вилки, коромысла	6	Кронштейны, стойки, опоры	60		61	Шатуны	62	Рычаги	63		64	Вилки	65		66	Коромысла	67		68		69
	7	Блоки цилиндров	70	Корпуса редукторов	71	Головки цилиндров	72	Трубопроводы, патрубки	73	Корпуса карданов	74	Корпуса задних мостов	75	Корпуса агрегатов	76	Картеры сцепления	77	Картеры распределителей шестерен	78	Кожуха, рукоятки, любки	79
Детали корпусные	8		80		81		82		83		84				86				88		89
	9		90		91		92		93		94				96				98		99

Рис. 1. Классификация восстанавливаемых деталей автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин.

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.

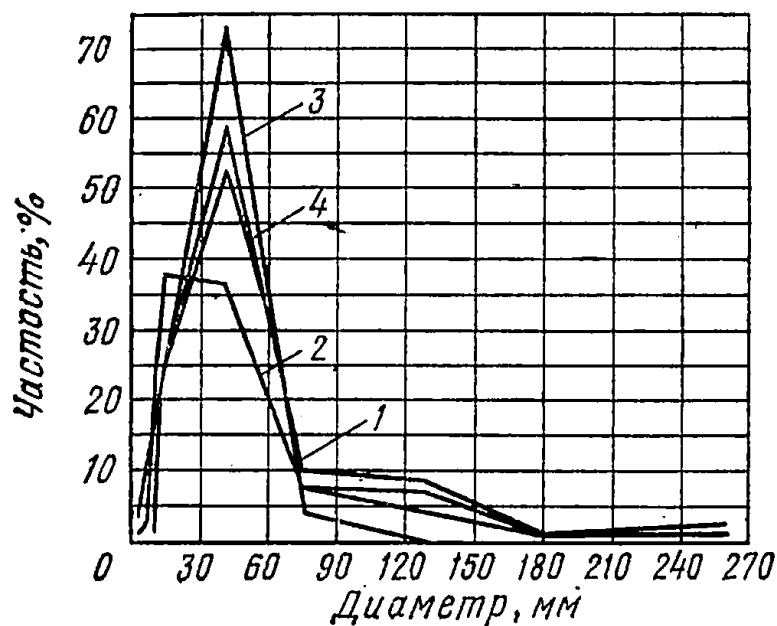


Рис. 3. Распределение диаметров валов тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин:

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

Рис. 4. Наличие дефектов на основных деталях машин:

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
<b>Вал коленчатый 14-0401.1А (рис. а)</b>						
Периодические нагрузки от сил давления газов и инерции движущихся масс, вызывающие переменные напряжения в элементах вала; трение шеек о вкладыши подшипников	Сталь 45; 42,4 кг	Окислительный и нарушенный угалостной прочностю, молекулярно-механический	Образование про-дуктов химического взаимодействия металла со средой и разрушение отдельных микрорайонов поверхности слоя с отделением материала	1 — Поврежде-ние 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	Повреждение резь-бы, овальность и ко-нусность шатунных и коренных шеек, изгиб вала, износ паза под сегментную и призма-тическую шпонку по ширине, износ кони-ческой поверхности под шкив	Шлифование ше-ек под ремонтный размер, наплавка и последующая механическая об-работка
<b>Гильза цилиндра 14-0102 (рис. б)</b>						
Механические нагрузки	Специаль-ный чугу-н, 5,3 кг	Коррозионно-механический и молекулярно-механический	Молекулярное схва-тывание, перенос ма-териала, разрушение возникающих связей, вырывание частиц и образование про-дуктов химического взаимодействия ме-талла с агрессивны-ми элементами среды	1 — 0,7; 2 — 0,23; 3 — 0,5	Задирры, риска, из-нос, овальность, ко-нусность внутренней поверхности гильзы цилиндров, коррозия, трещины наружной поверхности гильзы	Пористое хро-мирование, фос-фатирование, за-прессовка сталь-ной ленты, обра-ботка под ремонт-ный размер

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
<b>Блок-картер 14-0101-2A (рис. а)</b>						
Тепловое и коррозионное воздействие газов, механические нагрузки от их переменного давления	Сталь СЧ18-36, 160 кг	Коррозионно-механический и 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 резцов, шпнлек, отверстий, втулки, износ торцевой 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, металлизация, дополнительные ремонтные работы
<b>Палец поршневой СМД-9-0306-1 (рис. г)</b>						
Трение при выскожных удельных давлениях и нагрузках при наличии абразива	Сталь 12ХН3А, 0,742 кг	Абразивный, окислительный и нарушение устойчивости	Воздействие на материал поверхности 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, раздача с последующей механической обработкой, закаткой

# Головка цилиндров 14-06С2-2Б (рис. д)

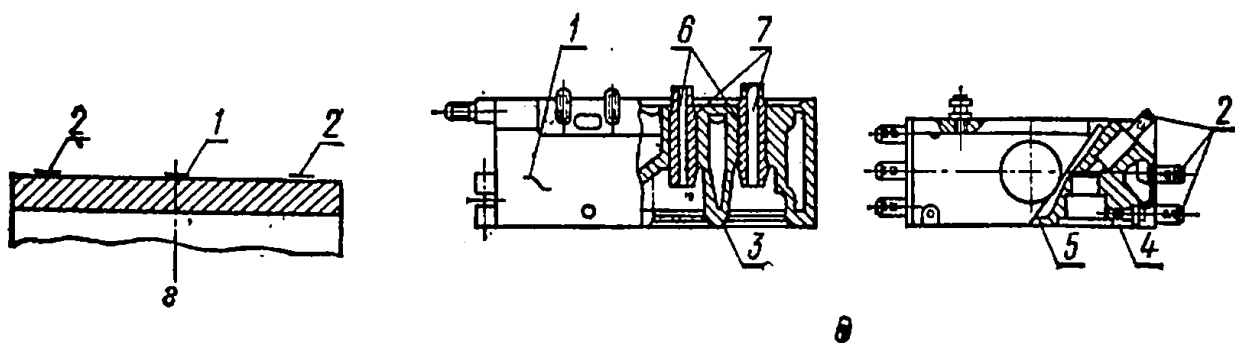
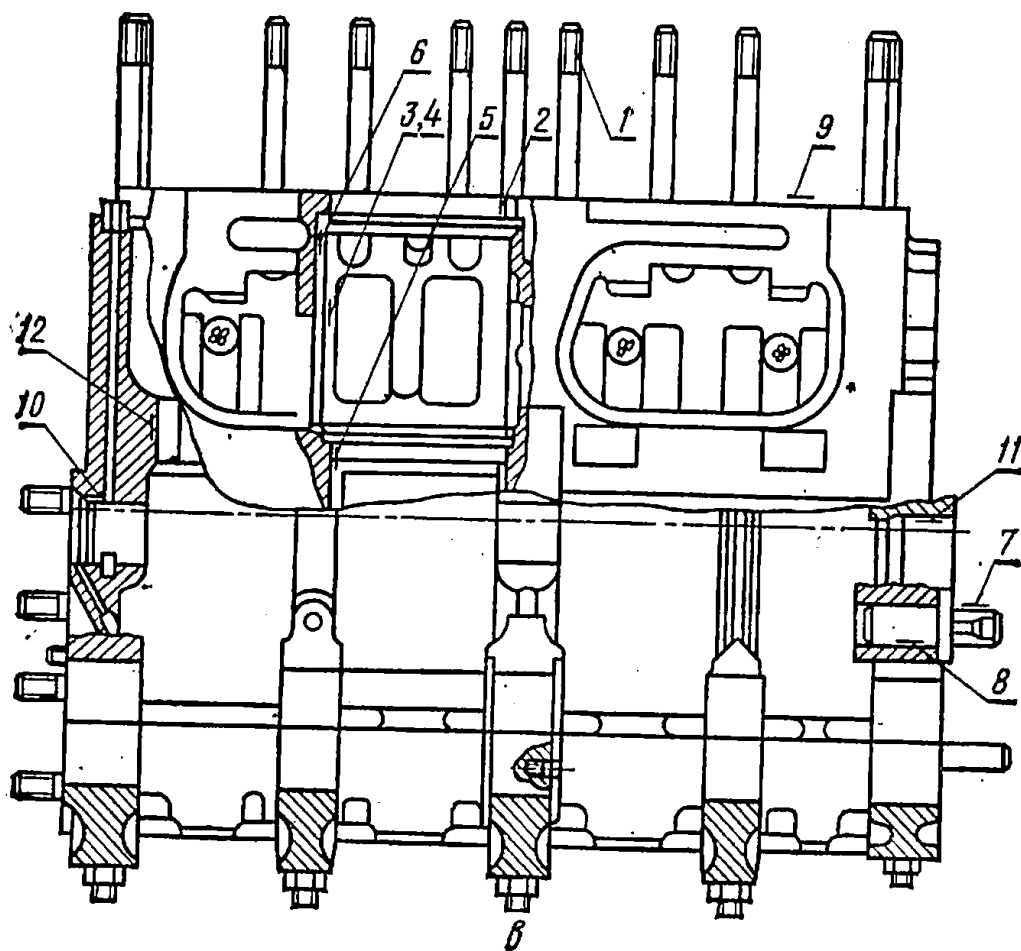
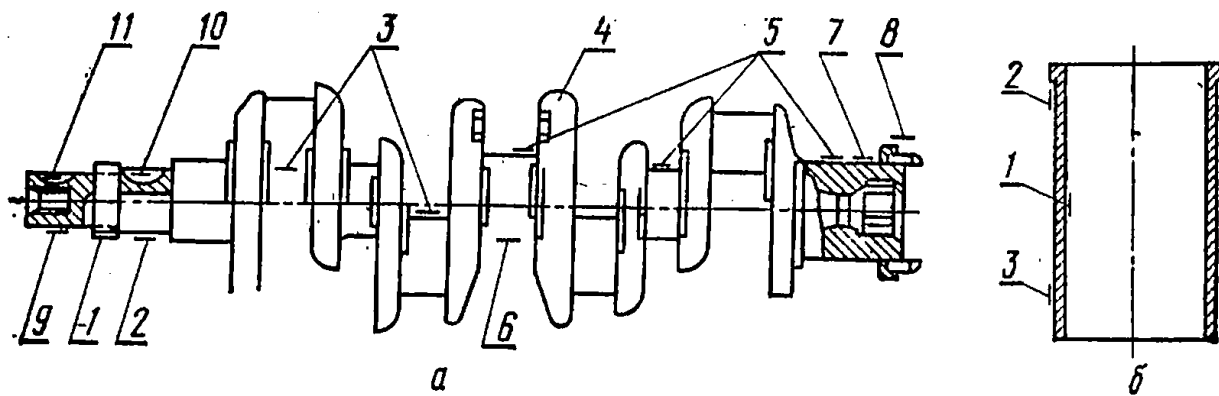
Механические нагрузки от переменного давления газов, коррозионное воздействие газов и охлаждающей жидкости	СЧ21-40, 46,58 кг	Коррозионно-механический молекулярно-механический	Молекулярное схватывание, перенос материала, разрушение возникающих связей, вырывание частиц и образование продуктов химического взаимодействия 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, повреждение 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 эпоксидными 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, повреждение резьбы шпилек, отверстий, износ поверхности отверстий под корпус подшипника	Сварка, пайка трещин, металлизация отверстий
-----------------------	----------------------	---	---	--	--	--

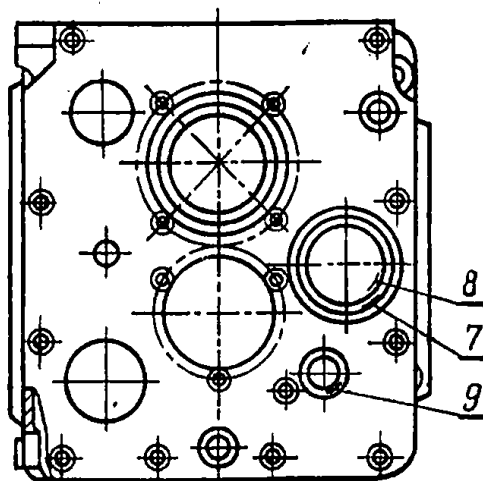
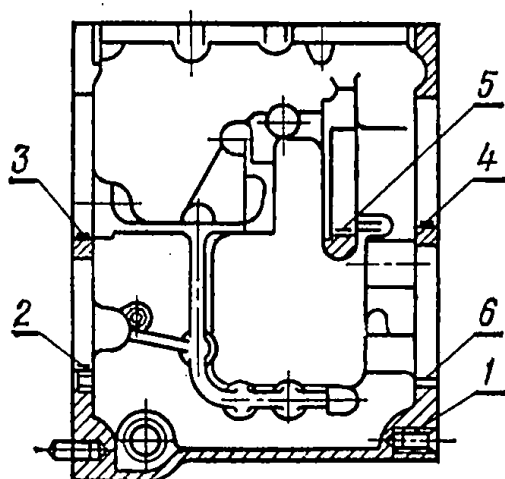
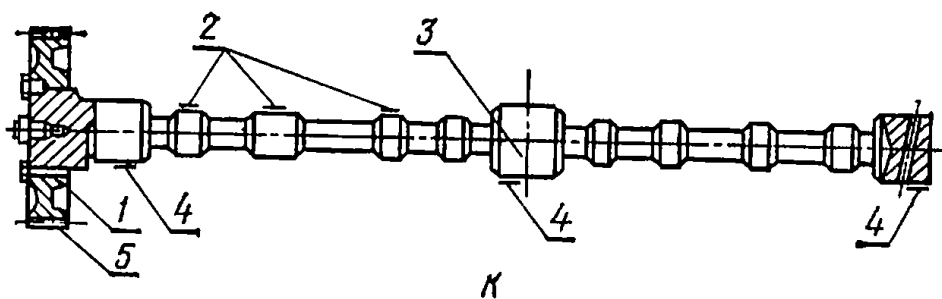
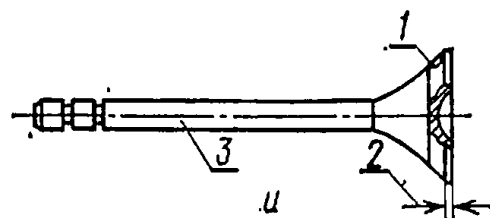
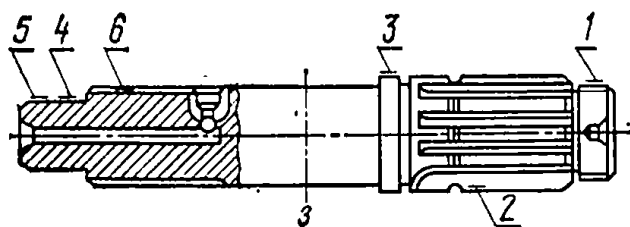
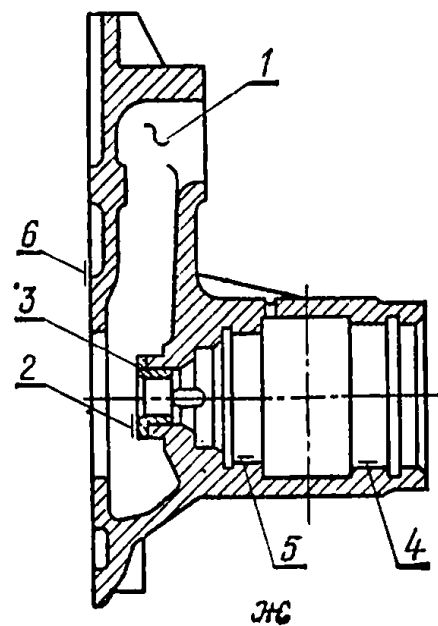
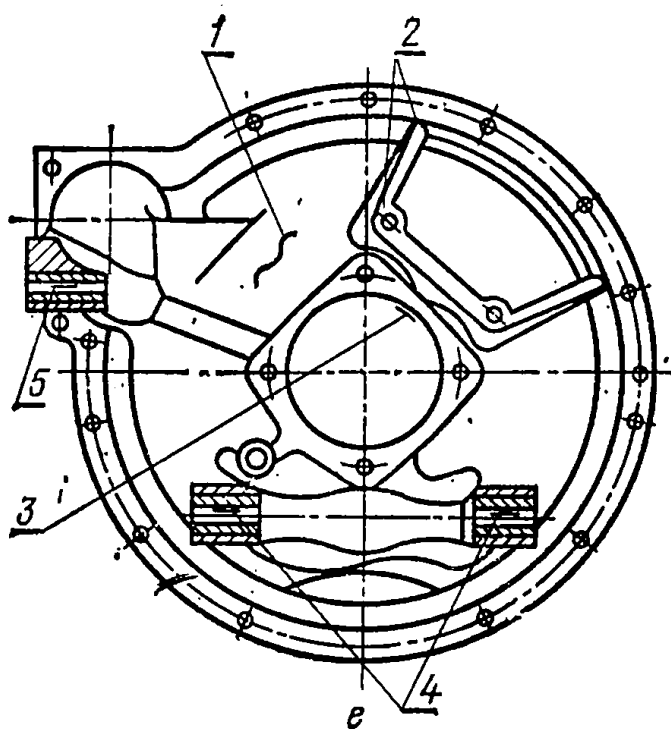
# Корпус водяного насоса 14-1301 (рис. ж)

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 торцевой поверхности под опорную втулку, износ поверхности отверстия под шарикоподшипники торцевой поверхности корпуса, сопряженной с крыльчаткой	Сварка, пайка, применение эпоксидной 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
<i>Вал сцепления 14-2103А (рис. з)</i>						
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 износ шлицев по толщине	Наплавка с последующей механической обработкой
<i>Клапан впускной 14-0604 (рис. и)</i>						
Динамические нагрузки от переменного давления газа	Сталь 4Х10С2М, 0,218 кг	Окислительный и усталостной прочности	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 стали и термообработка
<i>Вал распределительный 14-0501-1 (рис. к)</i>						
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, износ впускных и выпускных кулачков, изгиб вала	Шлифование опорных шеек и кулачков под ремонтный размер, хромирование их с последующим шлифованием, металлизация с последующей обработкой и шлифованием, наплавка кулачков сормайт, электронная плавка 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
<i>Корпус коробки передач 50-1701025 (рис. л)</i>						
Динамические нагрузки	Сталь 36, 70 кг	Коррозионно-механический и молекулярно-механический	Молекулярное схватывание, перенос материала, разрушение возникающих связей, вырывание частиц 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
<i>Звено гусеницы 72.34001 (рис. ж)</i>						
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 цапек в местах зацепления со звездочкой, беговых дорожек под опорные катки	Наплавка, заливка жидким металлом, пластическая деформация
<i>Колесо ведущее 77.39.132 (рис. и)</i>						
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 частиц	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 резцы; 2 — 0,3; 3 — 0,3	Повреждение резцы, 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 слоя при наливании между поверхностями трущихся деталей твердых постоянных частиц	1 — поврежденные резцы; 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 прокатыванием 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; 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)

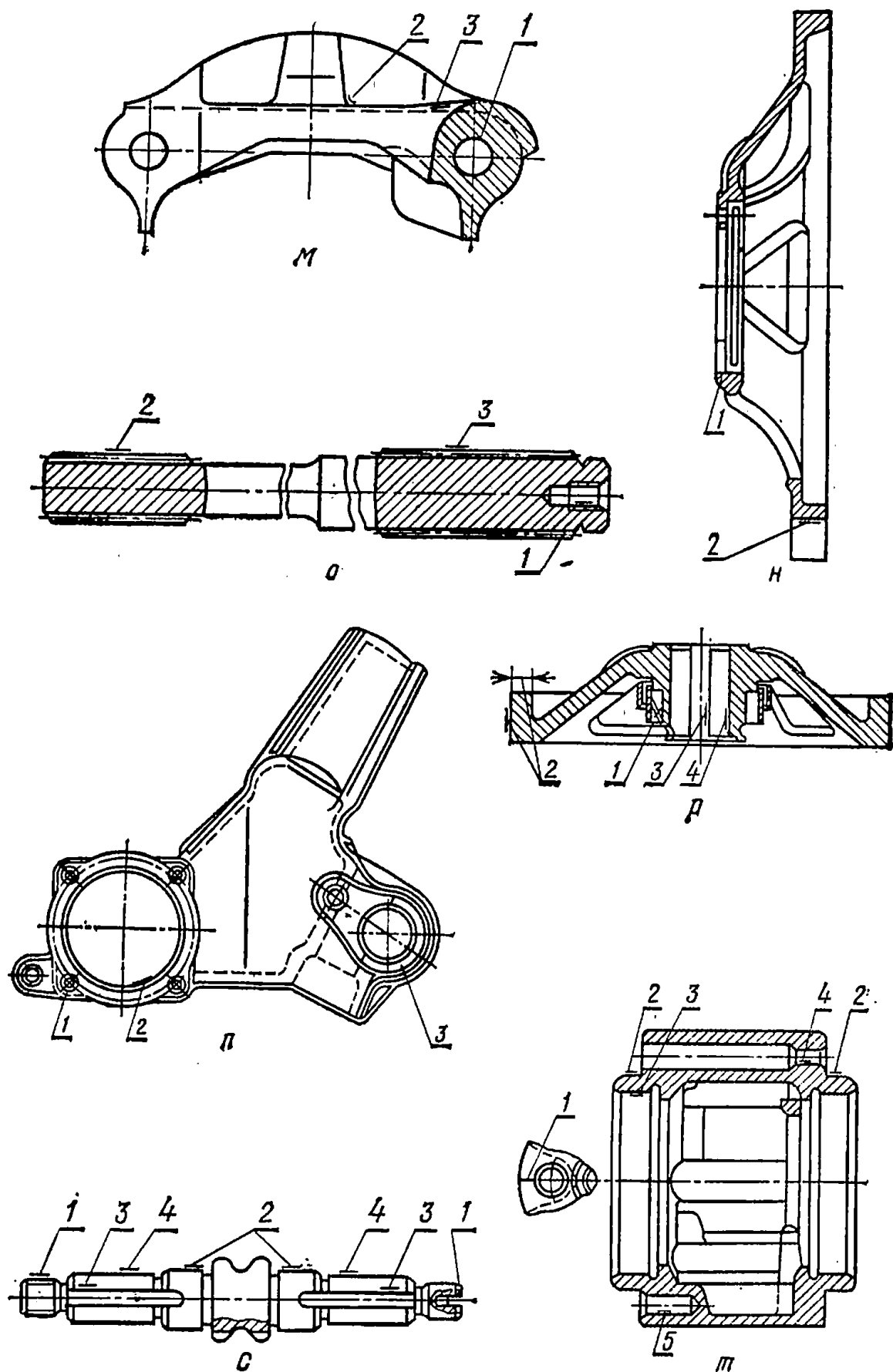
Изгиб и кручение, трение скольжения	Сталь 40, 3, 716 кг	Абразивный	Изнашивание при перемещении деталей в абразивной массе	1 — поврежденные резцы: 2 — 0,04; 3 — 1,05; 4 — 0,03	Повреждение резцов, износ шеек под роликотоподшипник, износ шпоночных пазов по ширине	Наплавка
-------------------------------------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

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, изломы под ведущее колесо и ведомую шестерню, износ поверхности под роликотоподшипники, 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
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	40, 45, 50
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	30, 35
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	20, 20кп
Ведомые диски сцепления	50, 60
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	60Г, 65Г
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	0,8, 0,8кп, 10
Плоские шайбы, пластины крепления глушителя, хомуты рессор, петли кузовов, различные малонагруженные нормалы	2, 3, 4
Гайки шестигранные и квадратные, штифты, штуцера, пробки, стопоры, сухари ползунов коробки передач, гайки колесные, валики различные малонагруженные	А12, А20

Детали, изготовляемые из конструкционных легированных и низколегированных сталей

Изготовляемые детали	Группа стали	Марка стали	Термическая обработка
Поршневые пальцы, толкатели, крестовины кардана	Хромистая	15Х, 15ХА, 20Х	Цементация, закалка, низкотемпературный отпуск
Шатуны, валы и шестерни коробок передач, болты шатунные и крепления маховика, шлицевые наконечники карданных валов, цапфы поворотные, рулевые рычаги		30Х, 35Х, 40Х, 38ХА	Улучшение, поверхностная закалка Цианирование, закалка, низкотемпературный отпуск Улучшение
Шатуны, полуоси, вилки переключения передач	Маргацовистая	45Г2, 40Г40Г2	Улучшение
Шестерни полуосей, сателлиты, конические и цилиндрические шестерни главной передачи, валы и шестерни коробок передач, крестовины дифференциала, валы рулевой сошки, кулаки шарнира переднего ведущего моста	Хромомарганцовая	18ХГТ, 25ХГТ, 30ХГТ, 25ХГМ	Цементация или цианирование, закалка, низкотемпературный отпуск
Конические шестерни главной передачи, шестерни полуоси, сателлиты, крестовины дифференциала, шестерни и валы коробок передач и раздаточных коробок, поршневые пальцы	Хромоникелевая	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	20XГНР 15XГН2ТА	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		40Р, 45РП	Улучшение Улучшение, закалка
Пружины клапанов, пластины торсионов автомобилей	Хромованадиевая	40ХФА 50ХФА	То же
Шатунные болты, болты маховика, шаровые пальцы передней подвески	Хромоникелевая	40ХН	Улучшение
Продольные и поперечные балки автомобильных рам грузовых автомобилей, металлические кузова самосвалов, балки задних мостов и другие детали	Низколегированные стали	14Г, 09Г2, 14Г2, 12ГС, 17ГС, 19ХГС, 10ХСНД	Улучшение, закалка ТВЧ 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, удлинители 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 — медь 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

Изготавливаемые детали	Виды и марка латуней
Арматура, детали приборов Подшипники, втулки, вкладыши Гайки нажимных винтов Для коррозионно-стойких деталей Арматура, втулки, подшипники Детали, работающие в среде масла, топлива, воды Подшипники, детали, заливаемые баббитом Корпуса пробок радиатора, лопасти	Кремнистая ЛК80-3Л Кремнисто-свинцовая ЛКС80-3-3 Алюминиево-железо-марганцовая ЛАЖМц66-6-3-2 Алюминиево-железная ЛАЖ60-1-1Л Марганцово-никележелезо-алюминиевая АМцНЖА60-2-1-1-1 Марганцовая ЛМц58-2Л Марганцово-железная ЛМцЖ55-3-1 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  $\Delta C_v$  — первый из общих показателей народнохозяйственного экономического эффекта

$$\Delta C_v = C'_v - C''_v = \sum_{j=1}^z (C'_{vj} - C''_{vj}) N_j, \quad (1)$$

где  $C'_v$  и  $C''_v$  — 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;

$C'_{vj}$  и  $C''_{vj}$  — 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

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

где  $K_{vj}$  — 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

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

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

$$C_{ц} = C + C_{тр}, \quad (14)$$

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

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

#### 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  $\Pi_{B \text{ лим}}$  определяет производственную мощность участка или цеха восстановления деталей.

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

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

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

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» —  $B_y$ , рассчитываемый в рублях как отношение абсолютных объемов восстановления изношенных деталей  $B$  к валовому объему ремонтного производства  $W$  по формуле

$$B_y = \frac{B}{W}. \quad (30)$$

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

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

(31)

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

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:

32 Таблица 3. Классификация поточных линий по признакам количества наименования восстанавливаемых деталей и непрерывности производственных процессов

Тип производства	Признаки-определители поточных линий					
	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
<b>Однопредметная непрерывно-поточная (ОНПЛВД)</b>						
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
<b>Групповая непрерывно-поточная (ГНПЛВД)</b>						
	Кратное такту (ритму)	То же	Группой (набором)	Непереналаживаемое	Нет	Постоянная наладка
<b>Однопредметная прямоточная (ОПРЛВД)</b>						
	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
<b>Групповая прямоточная (ГПРЛВД)</b>						
		*	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 комплексная 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 выполняют рабочие с преобладанием ручного труда</p>	<p>Элементы основных операций выполняют машины, механизмы с участием рабочих</p>	<p>Элементы основных операций выполняют машины, механизмы и приборы (автоматы) под наблюдением рабочих</p>	<p>Все элементы основных операций выполняют машины, механизмы и приборы (автоматы) под наблюдением рабочих</p>

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 вспомогательных операций выполняют рабочие вручную

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

Большую часть элементов вспомогательных операций, в том числе транспортирование, контроль качества, уборку отходов, 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, 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				
	оборудование на операции	разделение линии на секции и участки	вид и место расположения оборотных и страховых заделов	характер транспортной связи между оборудованием	маршрут движения детали по оборудованию
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 секциями оборудования. Оборотный задел в транспортных средствах между станками	Гибкая (в секциях)	Не по всем единицам оборудования
Поточная линия с гибкой транспортнй связью между всеми единицами оборудования и бункерами для оборотных заделов	»	Нет	Оборотные заделы в бункерах между всеми единицами оборудования	Гибкая	
Поточная линия с гибкой транспортной связью между единицами оборудования, имеющая разные маршруты восстановления деталей нескольких наименований	»		Оборотные заделы на площадках между станками		

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

Наименование проекта	Номер типового проекта и проектный институт	Годовая программа		Производственная площадь, м <sup>2</sup>	Производительных рабочих, чел.	Сметная стоимость строительства без привязки, тыс. руб.		Количество металлорежущих станков	Количество кузнечно-прессового оборудования	Примечание
		Условных ремонтов	тыс. руб			общая	в том числе строительно-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	683,6* 363,4**	1334,0	73	501,04	190,78	35	3	Типовой проект распространяет Киевский филиал ЦИТП
		1200	1230,1*	1956,0	121	636,91	309,22	45	6	
Специализированный цех по централизованному комплексному восстановлению автомобильных и тракторных деталей	816—139 «Гипропромсельстрой»	1400	1210,2*	1692,0	116	626,07	284,47	34	4	Типовой проект распространяет «Гипропромсельстрой»

(узкой номенклатуры) с программой 0,7...1 млн. руб. на точных линиях	Проектный институт № 3	2800	2330,2*	3395,0	143	1186,37	746,26	21	7
	Специализированное производство по центральному восстановлению авто-тракторных деталей с программой 2 млн. руб. в год		1582,9**						
Специализированное производство по центральному восстановлению деталей с программой 3 млн. руб. в год	Проектный институт № 3	—	—	—	—	—	—	—	—
	Основные по-ложения. Проектный институт № 3	1100	933,8*	1071,0	89	523,64	347,95	14	11
			634,1**						
Специализированный цех по центральному восстановлению деталей с применением полимерных материалов с производственной программой 600 тыс. руб. в год									

\* В ценах новых деталей.

\*\* В отпускных ценах восстанавливаемых деталей.

- 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 линий (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  $950 \pm 50^\circ \text{C}$  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 Малоярославским 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 Малоярославским 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 Малоярославецким 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 чугуновых 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 ЦОКТБ 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 ЦОКТБ 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.



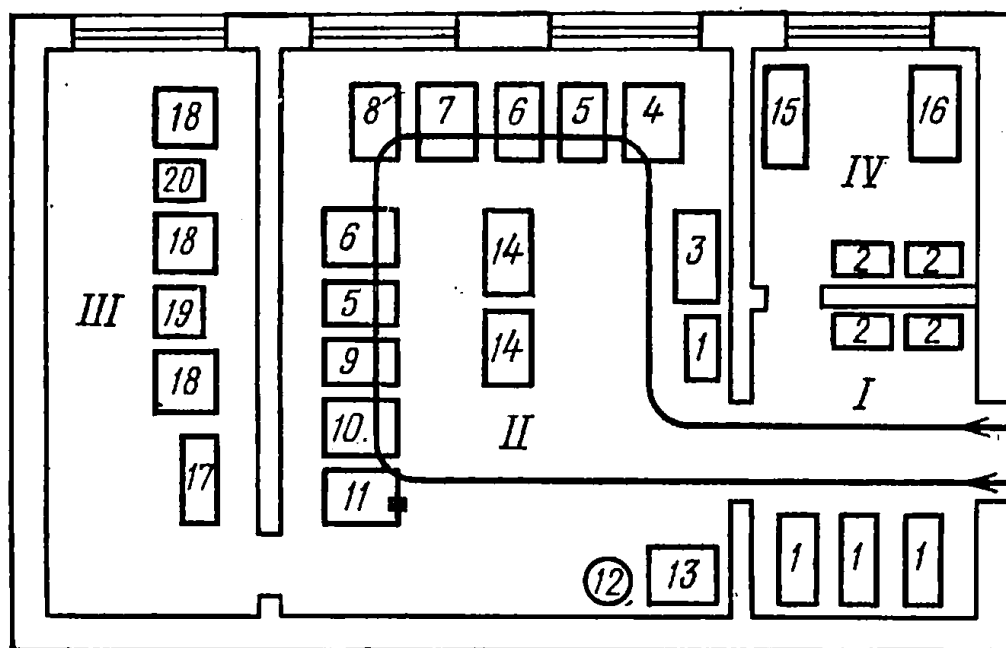


Рис. 5. Планировка помещения и схема расположения основного оборудования гальванического цеха (тип I):

I — склад для деталей; II — электролизное отделение; III — помещение для электротехнического оборудования; IV — лаборатория; 1 — стеллажи; 2 — шкафы; 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.

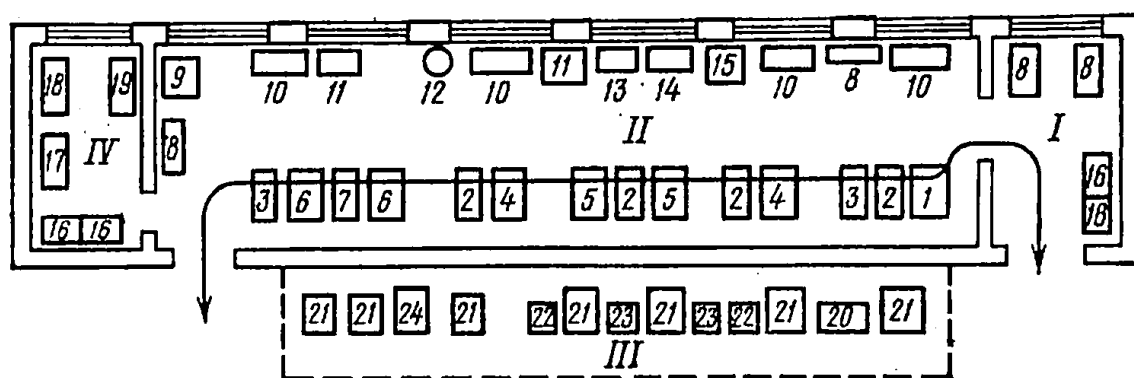


Рис. 6. Планировка помещения и схема расположения основного оборудования гальванического цеха (тип II):

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 — стеллажи; 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 переливными 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-

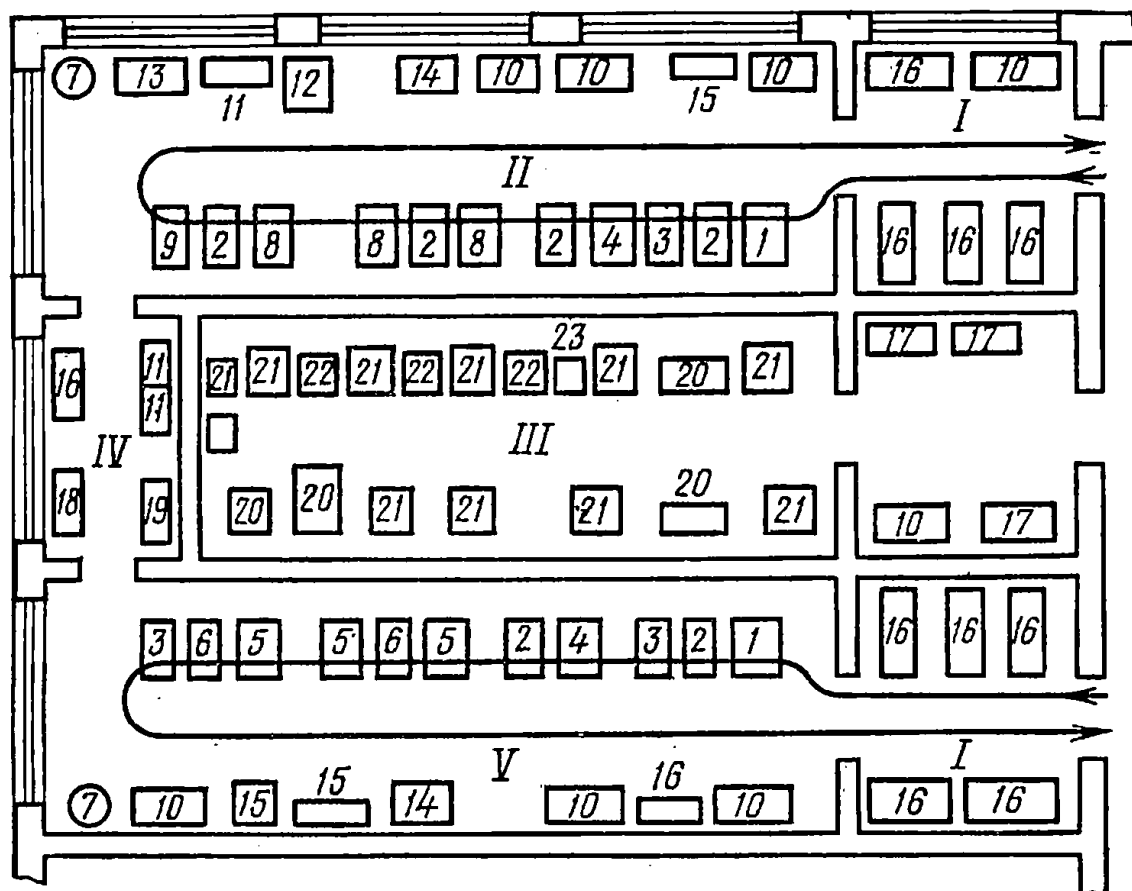


Рис. 7. Планировка помещения и схема расположения основного оборудования гальванического цеха (тип III):

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,	
Ø 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. Высокоскоростные 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 загрязнения	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	++	++	+	—	—	—	—
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> Рекомендуются 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 мониторинной мойки.

<sup>6</sup> Для удаления асфальтосмолистых отложений в условиях пунктов и станций технического обслуживания рекомендуется мониторинная 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 накали.

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-

Т а б л и ц а 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 загрязнений, %
МЛ-51, ТУ 84-288—71, ИОАН—ГОСНИТИ	Струйная мойка машин	10...15	65...80	Удаляет масляно-грязевые отложения	4	—
	Струйная мойка агрегатов и деталей шасси	15...20	70...80	Пенообразование низкое		
Лабомид-101, ТУ 38-10378—73, Лабомид-102 ТУ 6-18-152—73	Струйная мойка машин	10...15	65...80	Удаляет масляно-грязевые отложения	4,5	—
	Струйная мойка агрегатов и деталей шасси	15...20	70...80	Пенообразование умеренное		
	Струйная мойка деталей двигателей	25...30	80...85			
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		
МЛ-52, ТУ 84-228—71, ИОАН—ГОСНИТИ	Погружная очистка деталей	20...30	80...100	Удаляет легкие асфальтосмолистые отложения в установках с возбуждением жидкости	—	82
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	—	84
АМ-15, МРТУ 18/293—63, ВНИИЖ—ГОСНИТИ	Погружная очистка деталей двигателей		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	Мощная способность	
					в багках (по методике ГОСНИТИ)	количество удаляемых асфальтовых загрязнений, %
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 накали 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 накали) 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, накали, 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-

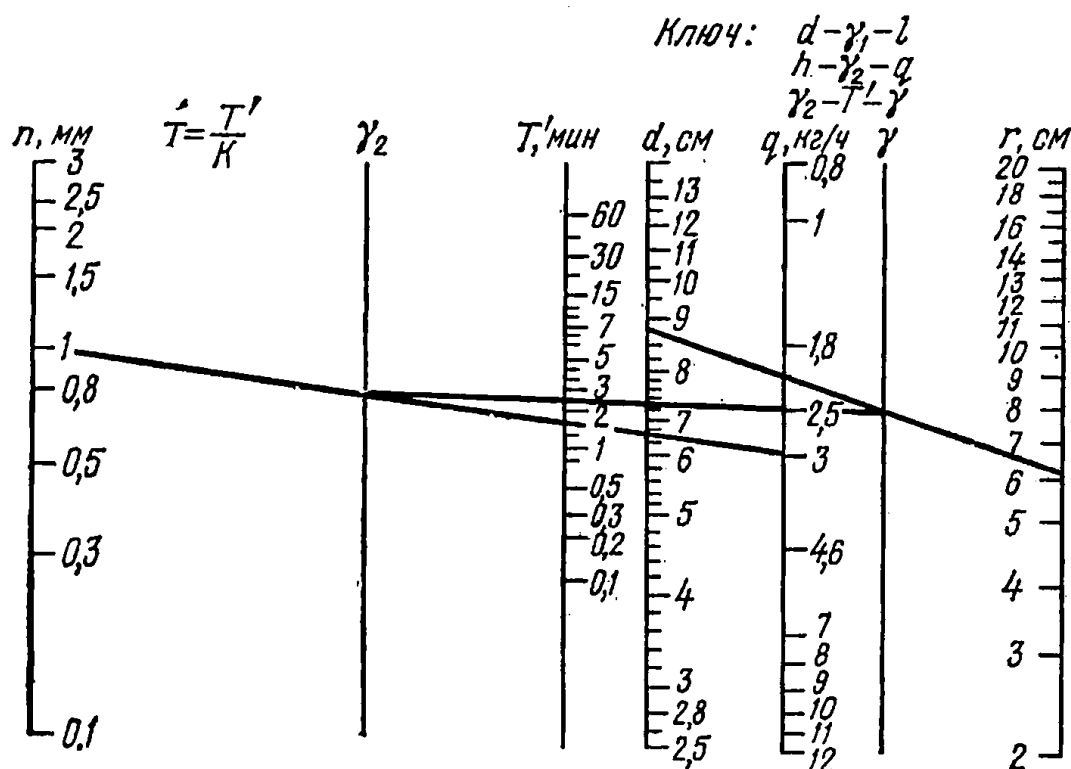


Рис. 8. Номограмма расчета основного времени металлизации деталей.

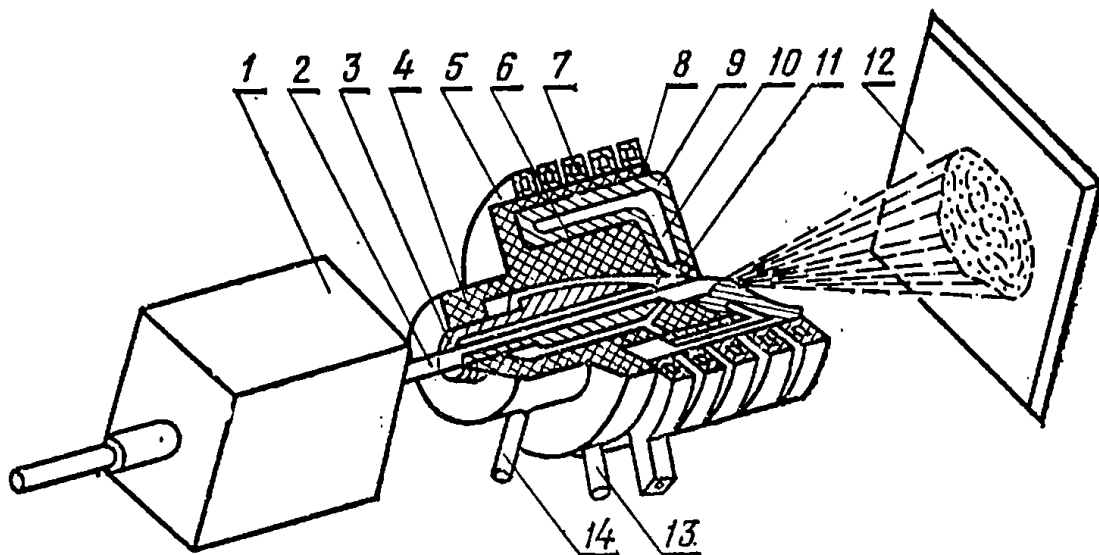


Рис. 9. Схема высокочастотной металлизации:

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 ацетиленокислородным 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

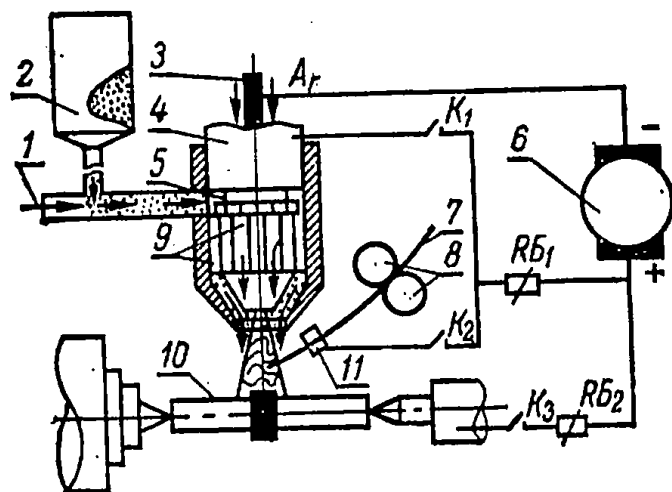
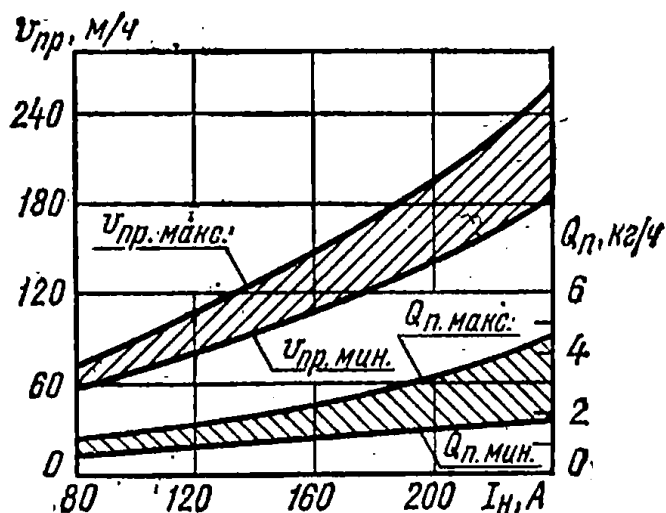


Рис. 10. Схема способа комбинированной плазменной наплавки:

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;  $RБ_1$ ,  $RБ_2$  — балластные реостаты,  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  — контакторы;  $A_r$  — 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:

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

где  $D$  — диаметр изделия, мм;

$B$  — длина изделия, мм;

$A$  — расстояние от среза сопла до поверхности изделия, мм. Продолжительность самого напыления вычисляют по формуле

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

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

$\text{Пр}$  — 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 — наплавляемая деталь; А — общее направление наплавки; Б — направление колебательных движений электрода.

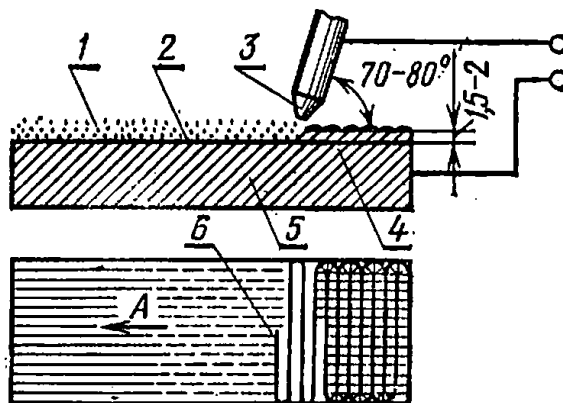


Таблица 12. Примерные режимы наплавки порошкообразных смесей угольными и графитовыми электродами (постоянный ток, прямая полярность)

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.

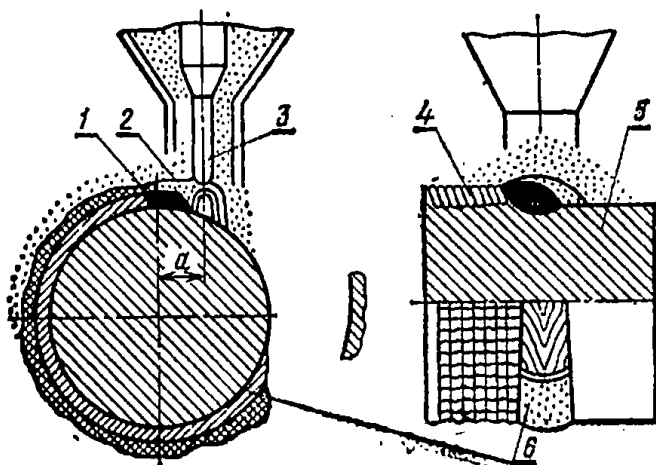


Рис. 13. Схема процесса наплавки под слоем флюса:

1 — жидкий металл; 2 — шлаковая ванна; 3 — электрод; 4 — наплавляемый 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.

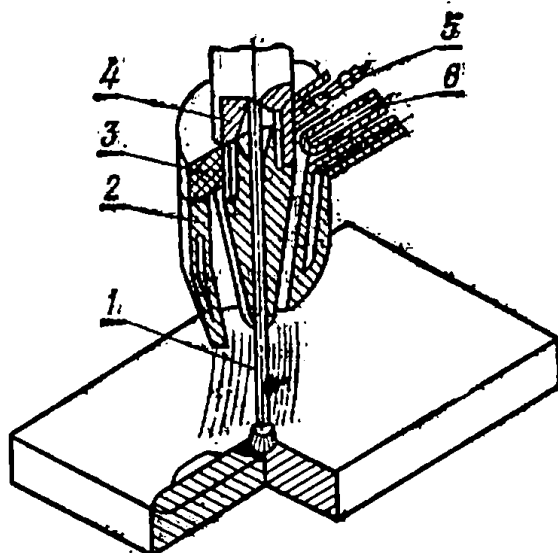
В ремонтном производстве применяют полуавтоматическую наплавку в среде углекислого газа плавящимся электродом на постоянном токе при обратной полярности; а также способ автоматической электродуговой наплавки в среде защитного газа с направ-

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

Марка и диаметр электро- дной 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 дефор- мации
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  $U_d$ , скорости наплавки  $v_H$  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  $v_H$  и  $L_a$  вылета электрода также необходимо увеличить  $Q_{CO_2}$ .

Таблица 16. Режимы наплавки в углекислом газе

Диаметр проволоки, мм	Диаметр детали, мм	$I_{св}$ , А	$v_H$ , м/ч	$U_d$ , 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 (ПСГ-350, ПСГ-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.



Таблица 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 за- щита Ar+CO <sub>2</sub>	1) CO <sub>2</sub> 2) 90% Ar+10% CO <sub>2</sub> 3) Ar марки Г	Ремонт кабины Сварка облицовки
Низко- и среднелегированные стали	1) Комбинированная за- щита Ar+CO <sub>2</sub> 2) Ar марки В	1) CO <sub>2</sub> 2) 90% Ar+10% CO <sub>2</sub> 3) Ar марки Г	Наплавка деталей с износом до 1 мм
Нержавеющие хромоникелевые высоколегированные стали	1) Ar марки В 2) He 3) Комбинированная за- щита	1) Ar марки В 2) He 3) Ar марки Г 4) CO <sub>2</sub> 5) 90% Ar+10% CO <sub>2</sub>	Наплавка всасывающих клапа- нов двигателей
Жаропрочные хромоникелевые сплавы	1) Ar марки В 2) He	1) Ar марки В 2) He	Наплавка выпускных клапанов двигателей
Алюминий и алюминиевые сплавы	Ar марки Б	1) Ar марок Б. и В 2) 35% Ar+65% He	Наплавка головки блока, пор- шней. Сварка корпусов масля- ных 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.

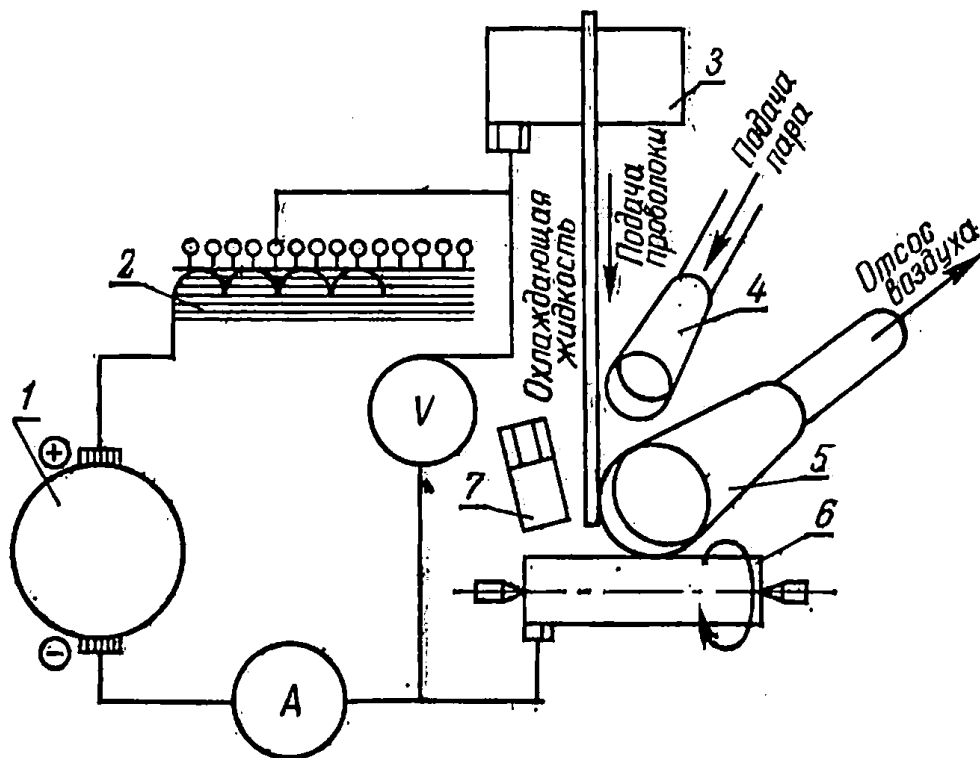


Рис. 15. Схема установки для вибродуговой наплавки в защитной среде водяного пара с одновременным охлаждением в воздушном потоке:

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.

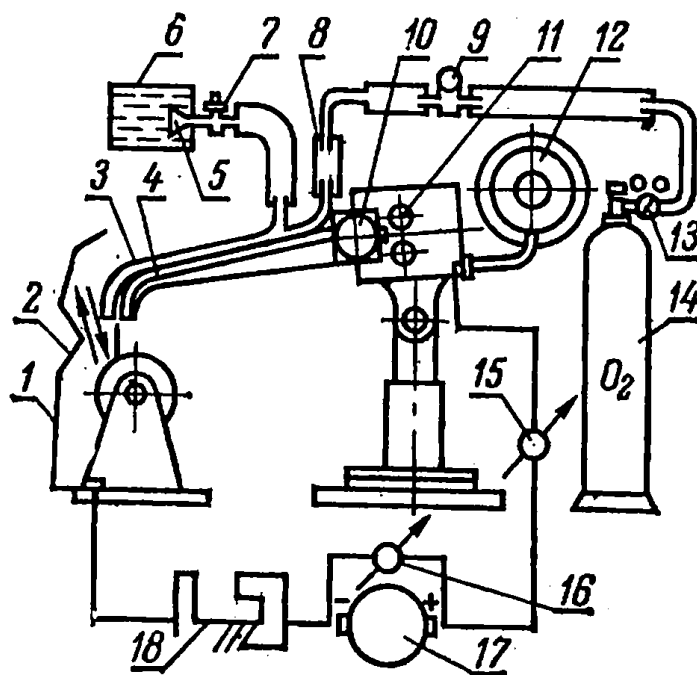


Рис. 16. Схема установки для вибродуговой наплавки в газожидкостной среде:

1 — электросварочное защитное стекло; 2 — восстанавливаемая деталь; 3 — газоподводящее сопло; 4 — подающая трубка; 5 — матерчатый фильтр; 6 — напорный бак; 7 — дозирующий кран; 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 целябинского тракторного завода	конструкция целябинского АРЗ и ЧПИ	КУМА-5	УЛВГ-5	УЛВГ-7
Диаметр электродной проволоки, мм	1,2...2	До 2,2	До 3	0,5...2,5	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
Изменение скорости подачи электродной проволоки	Сменной вращающейся роликовой (7 шт.)	Сменной вращающейся роликовой (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
Принцип действия вибратора	Электромагнитный	Электромагнитный	Механический (эксцентрик)	Круговое движение конца электрода	Механический	
Частота колебаний, Гц	50	50	46,7	—	21,2...105	75±3

**Т а б л и ц а 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

Пр и м е ч а н и е. Ток постоянный обратной полярности. Напряжение дуги 12...15 В.

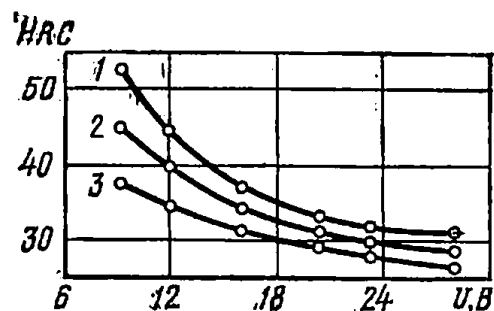
**Т а б л и ц а 22. Рекомендуемые режимы вибродуговой наплавки чугунных деталей**

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 створу (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

Пр и м е ч а н и е. D — диаметр наплавляемой детали, мм; π=3,14.

Рис. 17. Зависимость твердости HRC наплавляемого 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.

Т а б л и ц а 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

Т а б л и ц а 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
X20NiCr6	17...18	32	800
30ХГСА	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 износостойкость	Типовые детали, подвергающиеся наплавке
	C	Si	Mn	Cr	Ni	V	Ti				
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
У45Х35ГЗР2С (ФБХ-6-2)	3,5...5,5	1...2,5	1,5...4	32...37	—	—	—	1330	60...63	5,0	
У50Х40Н2С2Г (УС-25)	4,4...5,5	1,8...2,8	До 2,5	38...42	1...1,8	—	—	1320	58...64	3,6	Решетки скрепленных транспортных плужных 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
ХТЗУ	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 скирдо-реза 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

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

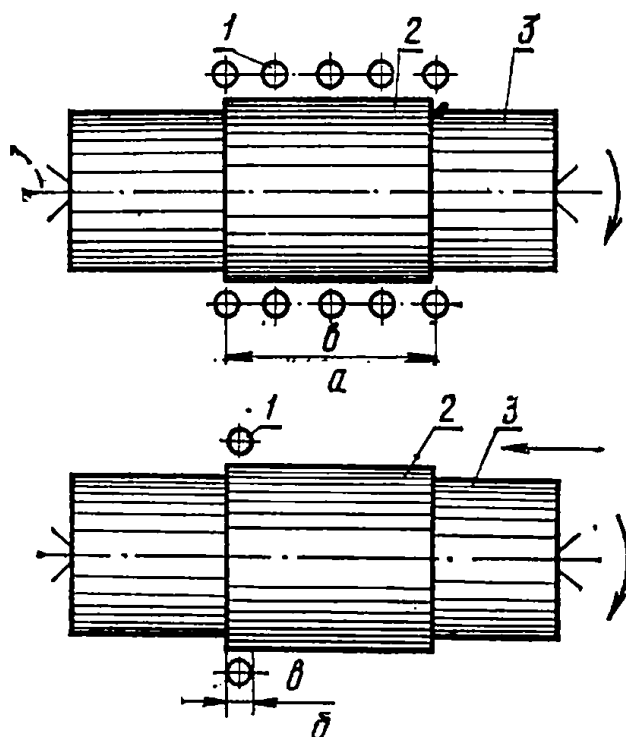


Рис. 18. Схема способов наплавки т. в. ч. наружных цилиндрических поверхностей:

1 — индуктор; 2 — присадочный материал; 3 — восстанавливаемая деталь;  $a$  — 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 однофазного 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

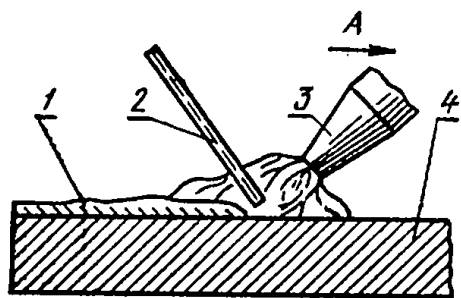


Рис. 19. Схема наплавки газовым пламенем:

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

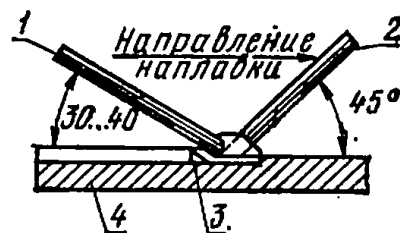


Рис. 20. Схема наплавки специальным металлическим электродом с дополнительной присадкой:

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 наплавливаемого 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 наплавливают металлическими электродами с качественными и легирующими покрытиями.

Таблица 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	—
NX10P2	0,45	2,3	—	11	80	3	2,5	35	29
NX13P3	0,60	4,0	—	13	76	4	3,0	45	42
NX15P4	0,75	4,5	—	15	70	4,5	3,5	56	48
XN80CP2	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.

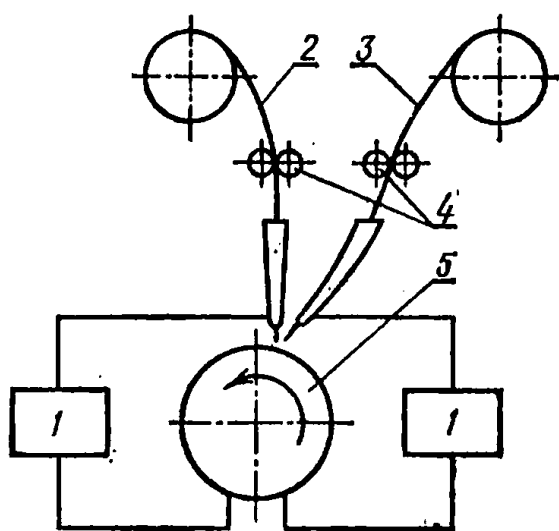


Рис. 21. Схема наплавки деталей предварительно нагретым присадочным электродом:

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

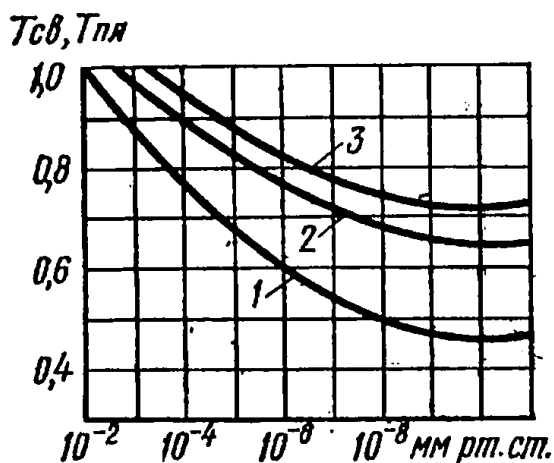


Рис. 22. Зависимость температуры сварки от глубины вакуума:

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**

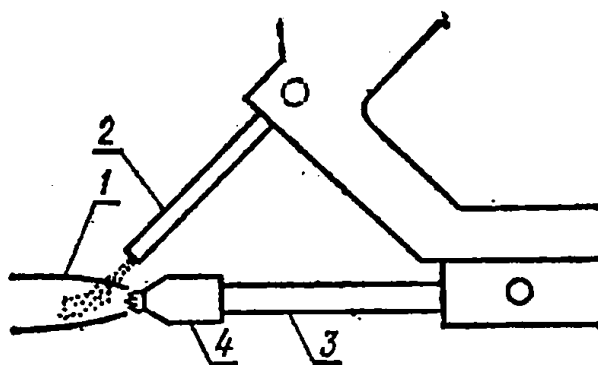
Способ газопламенного напыления порошков без их последующего оплавления целесообразно применять при восстановлении деталей типа «вал», изготовленных из мало-, среднеуглеродистых и низколегированных сталей с износом не более 0,75 мм на сторону.

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.

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.

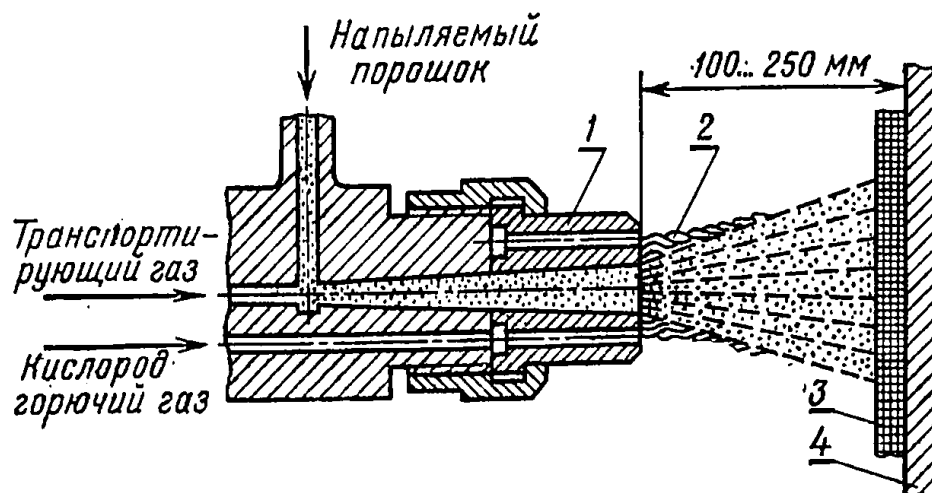


Рис. 24. Ввод порошка при помощи транспортирующего газа:

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  $c$  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.

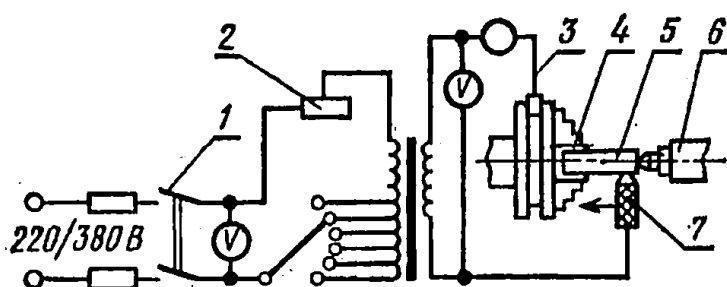
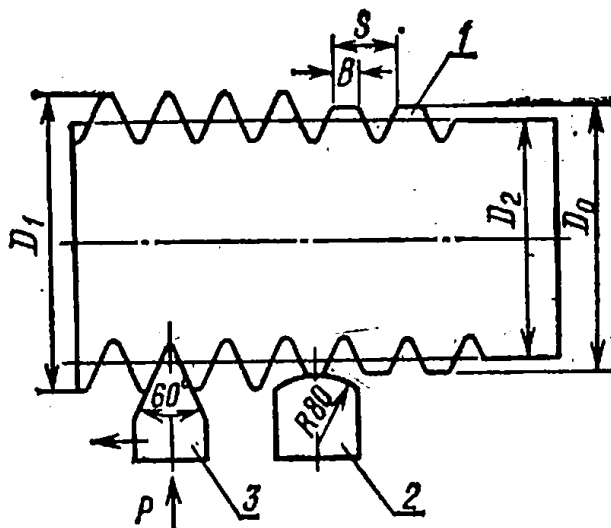


Рис. 26. Принципиальная схема установки для электромеханической обработки:

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

Рис. 27. Геометрические характеристики напавленного валика.

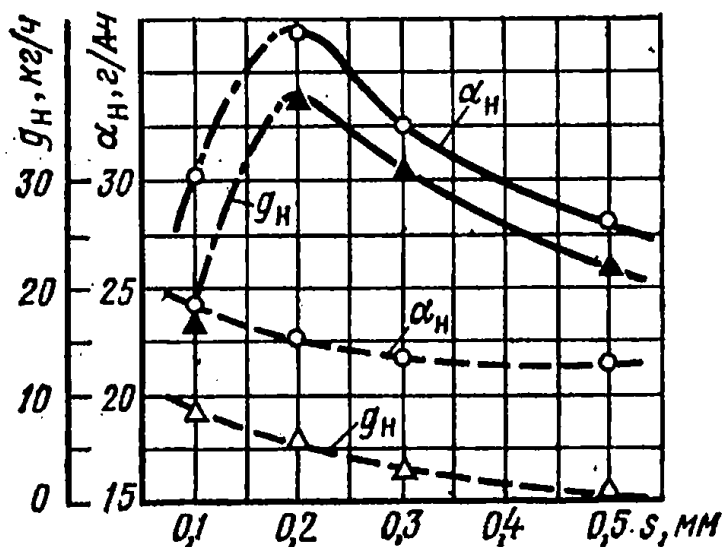
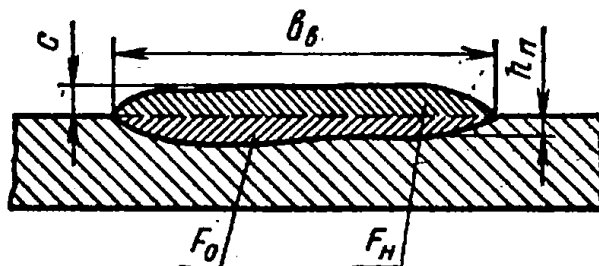


Рис. 28. Максимальные значения коэффициента наплавки  $\alpha_n$  и производительности процесса  $g_n$  в зависимости от толщины ленты  $s$  при  $I = 9...1100$  А:

сплошные кривые — лента из стали 08X18H10T, 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	—	—	—

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

$$\gamma = \frac{F_0}{F_0 + F_H} \quad (41)$$

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  $\alpha_H$  и максимальной производительности  $g_H$  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, толковку 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.

Т а б л и ц а 31. Сварочный ток в зависимости от напряжения холостого хода сварочного генератора \*

Ширина ленты $b_{\text{П}}$ , мм	Толщина ленты $s$ , мм					
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5
	Скорость подачи ленты $S_{\text{под}}$ 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	—	—	—

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

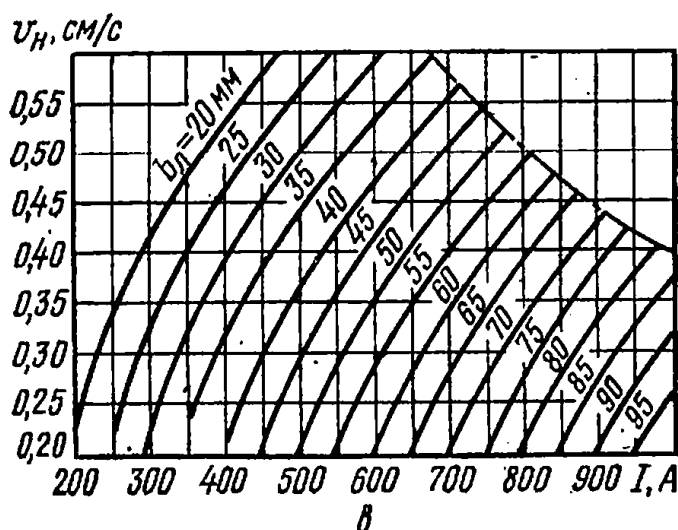
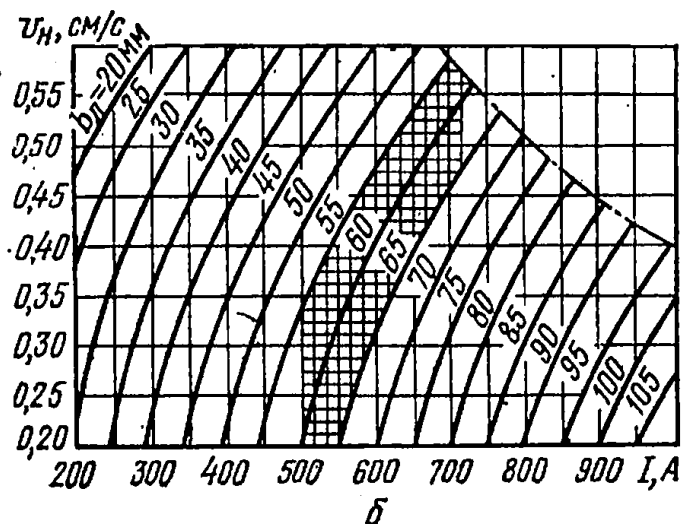
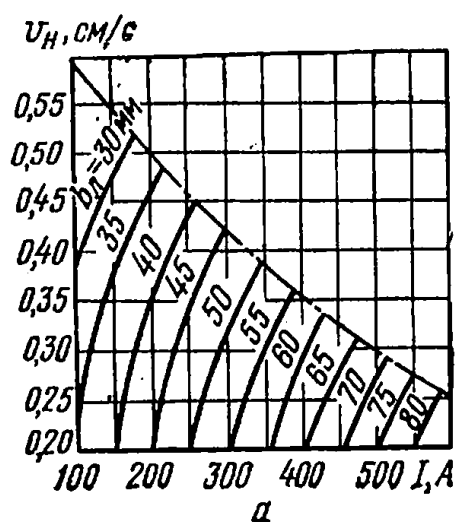


Рис. 29. Номограмма оптимальных режимов наплавки лентами из стали 08кп под флюсом АН-348-А при различной толщине ленты:

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 выше	30...45	26...30	0,5 и выше	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 лент $s$ , мм	Сила тока $I$ , А	Напряжение $U$ , В	Скорость наплавки $v_H$ , мм/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%.

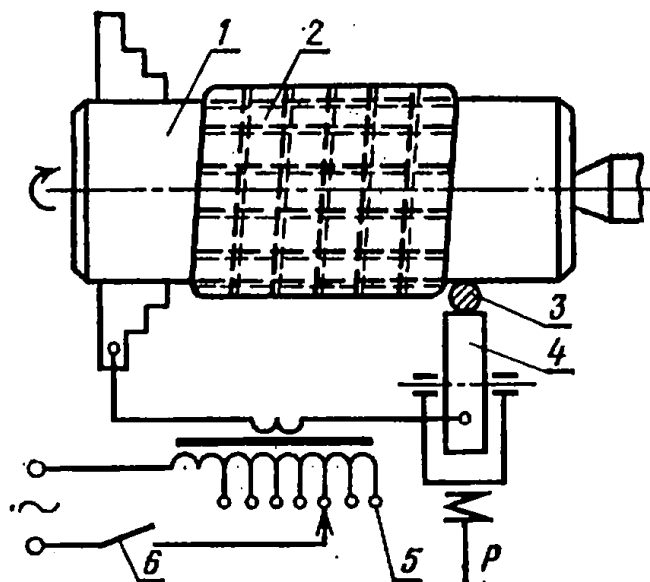


Рис. 30. Основная технологическая схема электроконтактной наплавки:

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>.

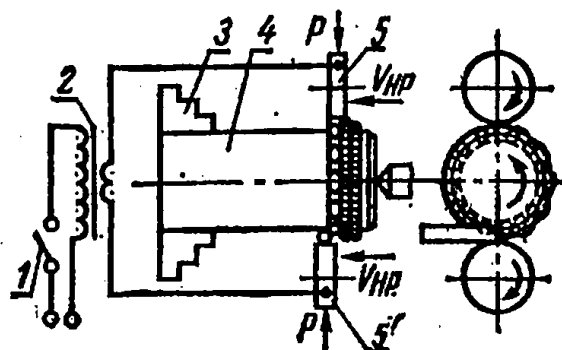
Оптимальным является следующий режим:

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.





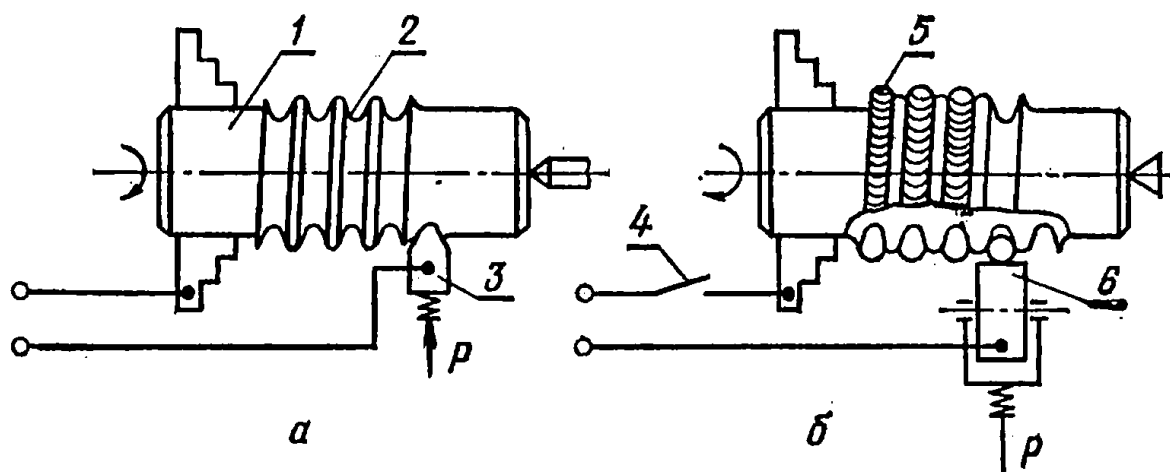


Рис. 32. Схема наплавки в высаженную канавку:

*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.

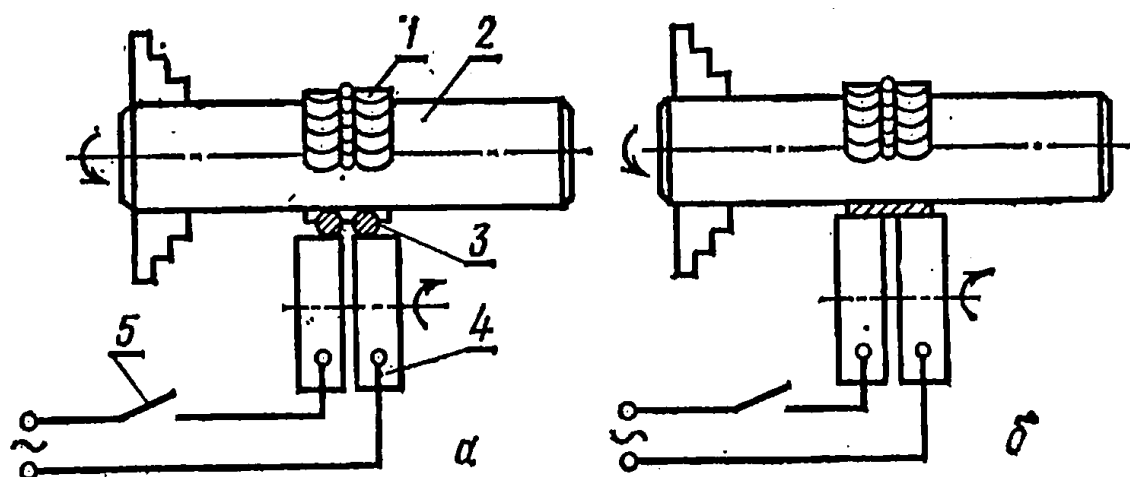
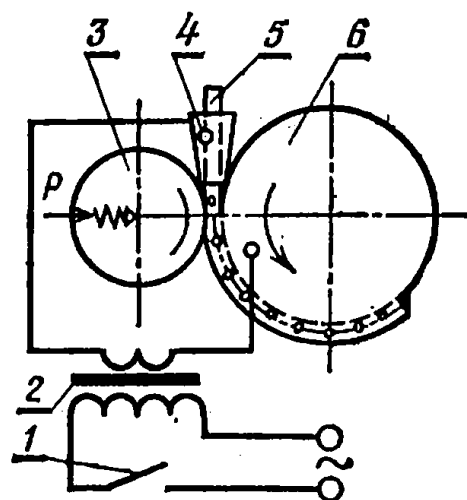


Рис. 33. Схема наплавки узких поясков:

*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, $t_{\text{и}}$ , с	Пауза, $t_{\text{п}}$ , с	Давление на электрод, $P$ , кН	Скорость наплавки, $u_{\text{н}}$ , 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.

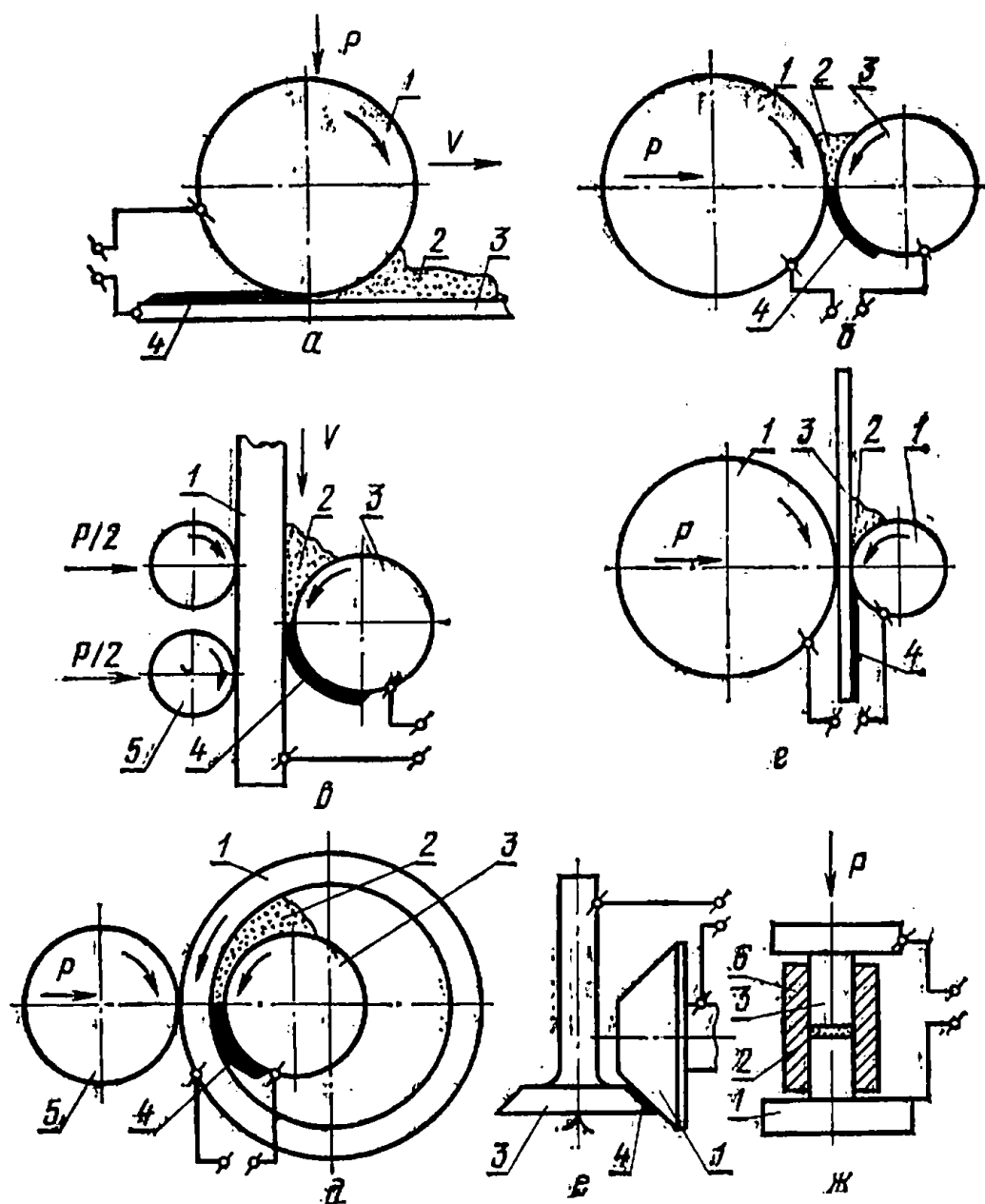


Рис. 35. Схемы электроконтактного напекания металлических порошков на поверхности деталей:

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 HRC.

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/м².

При напекании смеси из порошка АПМ и ферромарганца нужно значительно повышать удельные давления (до 60...80 МН/м²).

Напекание порошка сормайт-1 должно проводиться при высоких удельных давлениях (60...80 МН/м²) и пониженных напряжениях 0,73...1,05 В на 1 мм толщины слоя с тем, чтобы исключить плавление порошка.

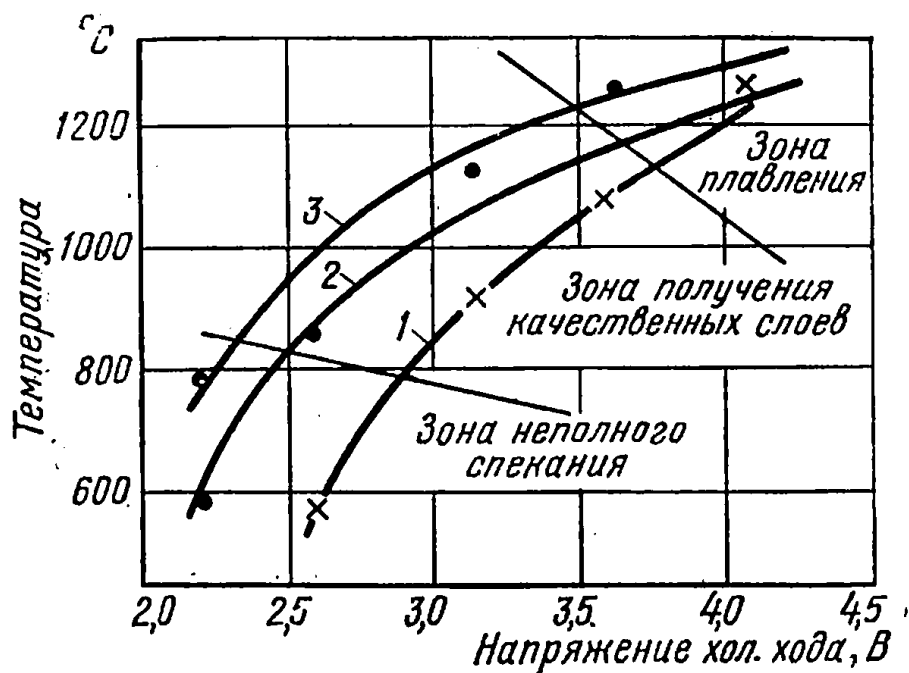


Рис. 36: Температура в граничной зоне в зависимости от напряжения холостого хода и скорости напекания:

(порошок ЛПХМ, 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-

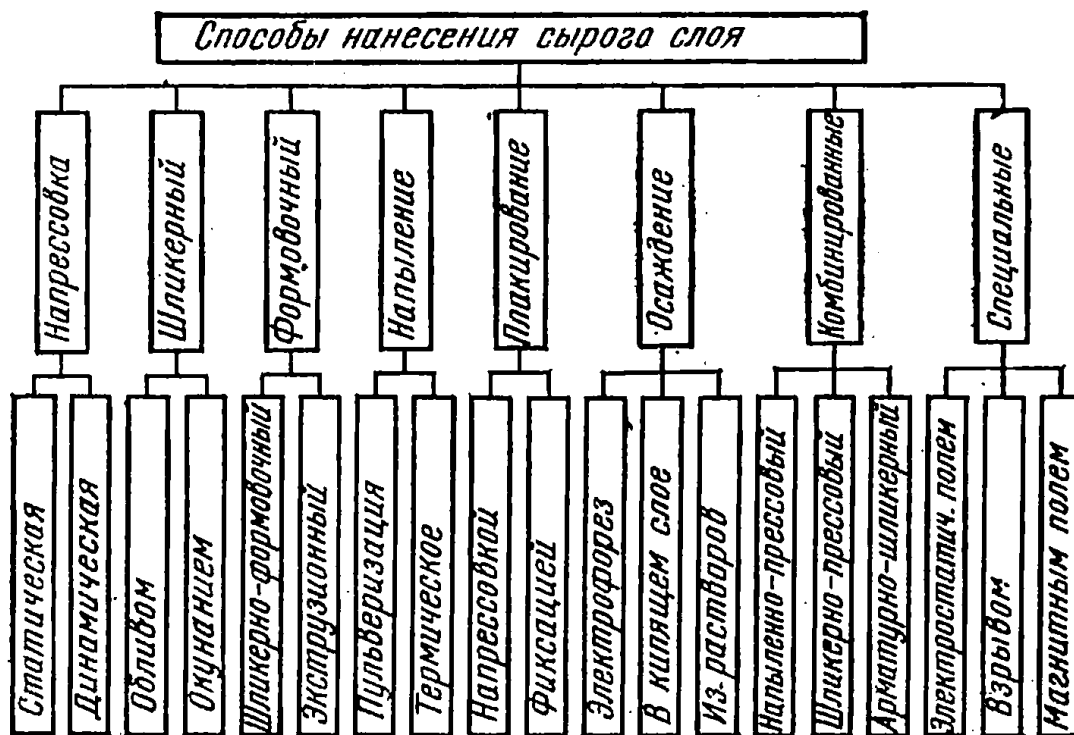


Рис. 37. Классификация способов нанесения сырого слоя.

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

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

Способ нанесения	Исходный материал		Пронзвodi- тельность способа (от- носительная оценка)	Свойства слоя			
				толщина, мм	пористость, %	прочность, Н/м <sup>2</sup>	
	форма	размер, мкм				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 * Формовочный	Порошки	0,1...100	»	0,02...1,2	22...65	0,4...10	0,2...1,0
	Порошки, гра- нулы	1...2000	»	1,5...8	18...45	0,6...12	0,2...1,5
Пulверизация Термическое напыление	Порошки	1...100	»	0,06...1,2	25...65	0,4...6	0,4...1,5
	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 Напыленно-прессовый	Порошки	0,1...25	Средняя	0,1...2	3...25	—	—
	Порошки, гра- нулы, стружка	1...2000	Высокая	1,5...10	5...25	5...10	10...30
Напыленно-плакировоч- ный Шликерно-прессовый	Оболочки	0,1...10 мм	Высокая	0,4...10	0...30	5...1000	6...30
	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.

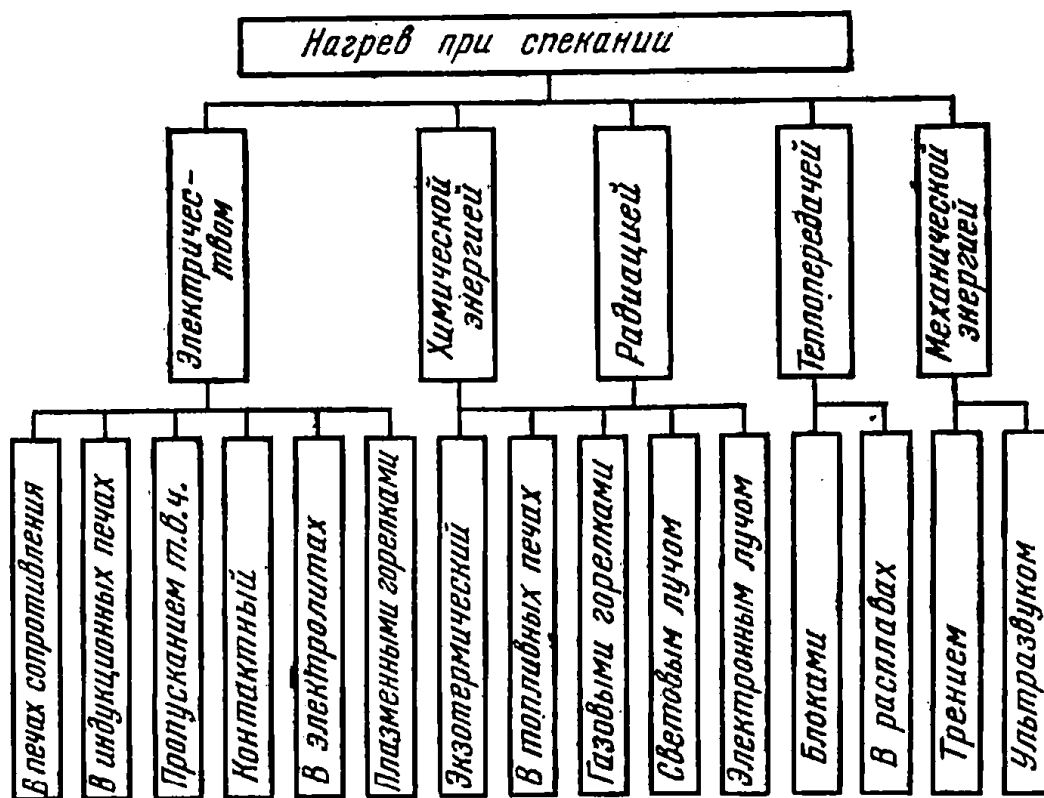


Рис. 38. Классификация способов нагрева при металлизации.

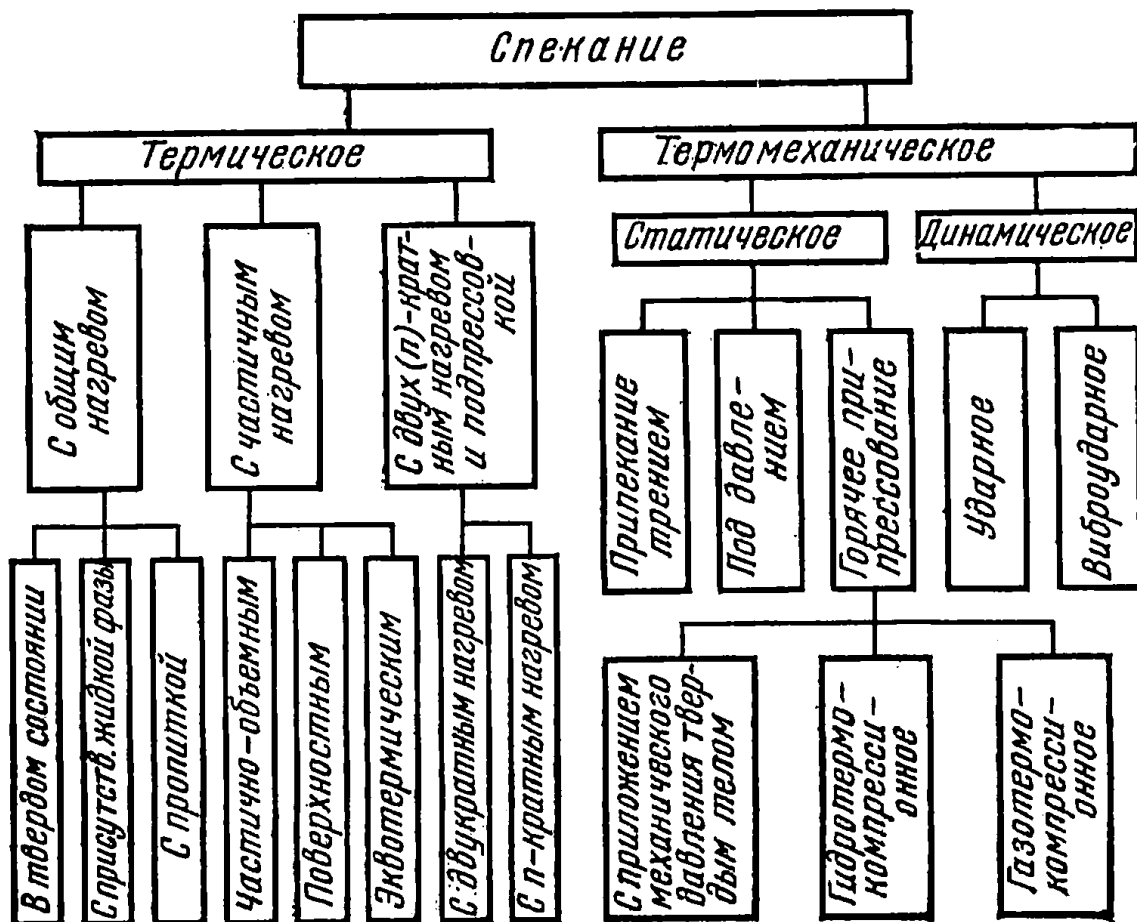


Рис. 39. Классификация способов спекания сырого слоя при металлизации.

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 связи	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  $H_2$ , аргон — Ar, эндотермический газ — Энд., вакуум — Вк; жидкую и твердую среды отмечают в виде химического обозначения материала  $BaCl$ ,  $Al_2O_3$  и т. д. Так, например: Н (300)5(0,5)—900—30— $H_2$  — 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-



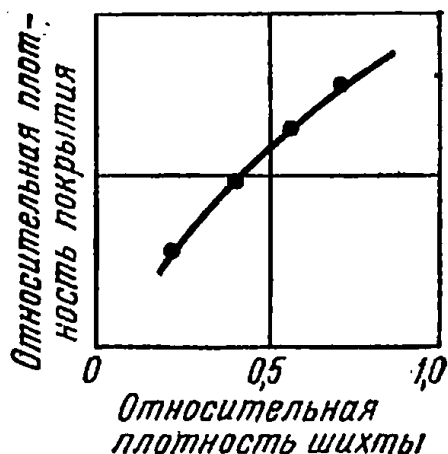


Рис. 40. Зависимость плотности покрытия от плотности шихты.

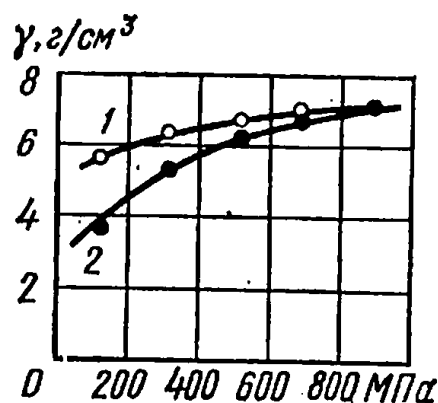


Рис. 41. Зависимость плотности железного покрытия от давления припрессовывания ( $T_{сп}=900^{\circ}\text{C}$ ;  $t_{сп}=900$  мин; среда —  $\text{H}_2$ ):

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.

Металлированием можно наносить покрытия с самыми разнообразными свойствами по прочности ( $\sigma_{\text{вт}}=50\ldots1200$  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-

Т а б л и ц а 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+30СВр+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	—	HRC 50	—
ПП35ВК15—М7—1250— —30—Эк	1	—	HRC 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	HRC 52...60	»
ГВК6+6ПМ+3ПН—Н7— —1050—10	2	380	1500***	Гранулы
ГМНТ+20ПМФ7—Н5— —1080—60	8...10	—	2500***	Покрыты Ni
ОТ30К6—П6—1060—Н <sub>2</sub>	0,2	$\sigma_{ИЗ}=800$	HRA 90	—
ОМНТ—П6—1100—Н <sub>2</sub>	0,3	$\sigma_{ИЗ}=700$	HRA 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  $S$ ,  $\text{м}^2$ , и толщины слоя  $h_1$ :

$$Q_1 = Sh_1 \gamma_i = Sh_1 (1 - \theta) \gamma_{\text{м}}, \quad (42)$$

где  $\gamma_1$  и  $\gamma_{\text{м}}$  — плотность покрытия и компактной части покрытия,  $\text{г/см}^3$ ;

$\theta$  — относительная пористость.

Для деталей, работающих на износ, толщину покрытия принимают равной

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

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  $l_{\text{р}} = 0,05...0,2$  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

$$h_1 = vt_{\text{у}}.$$

где  $v$  — скорость окисления (растворения),  $\text{мм/ч}$ ;

$t_{\text{у}}$  — 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. Припой, имеющие верхнюю температурную границу плавления до  $500^\circ\text{C}$ , 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.

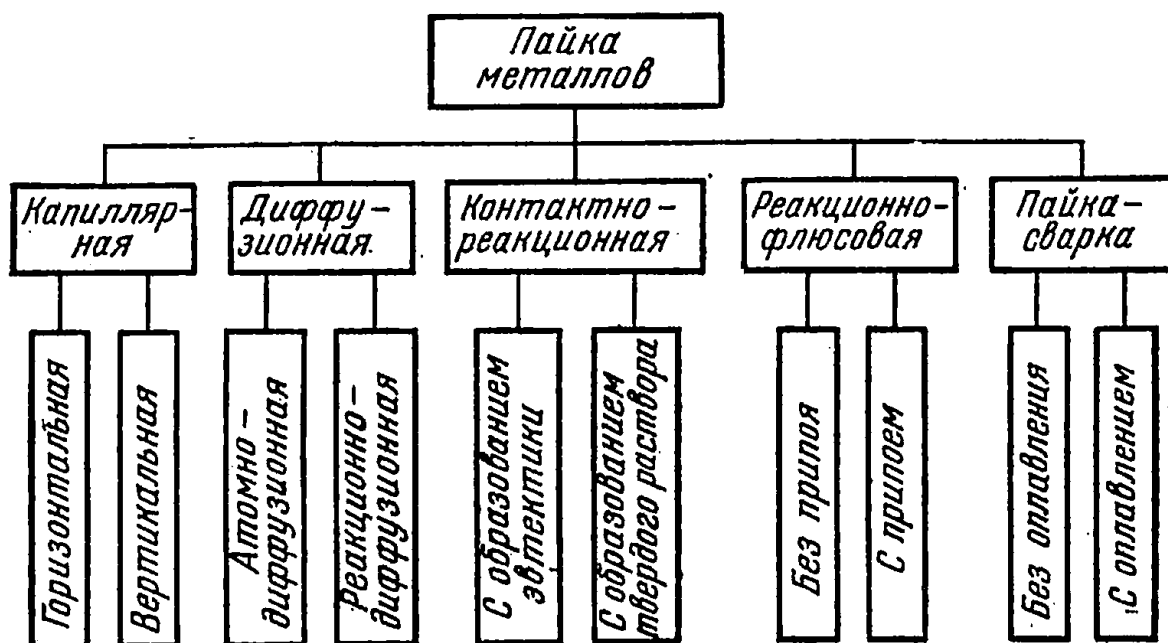


Рис. 42. Разновидности методов пайки металлов.

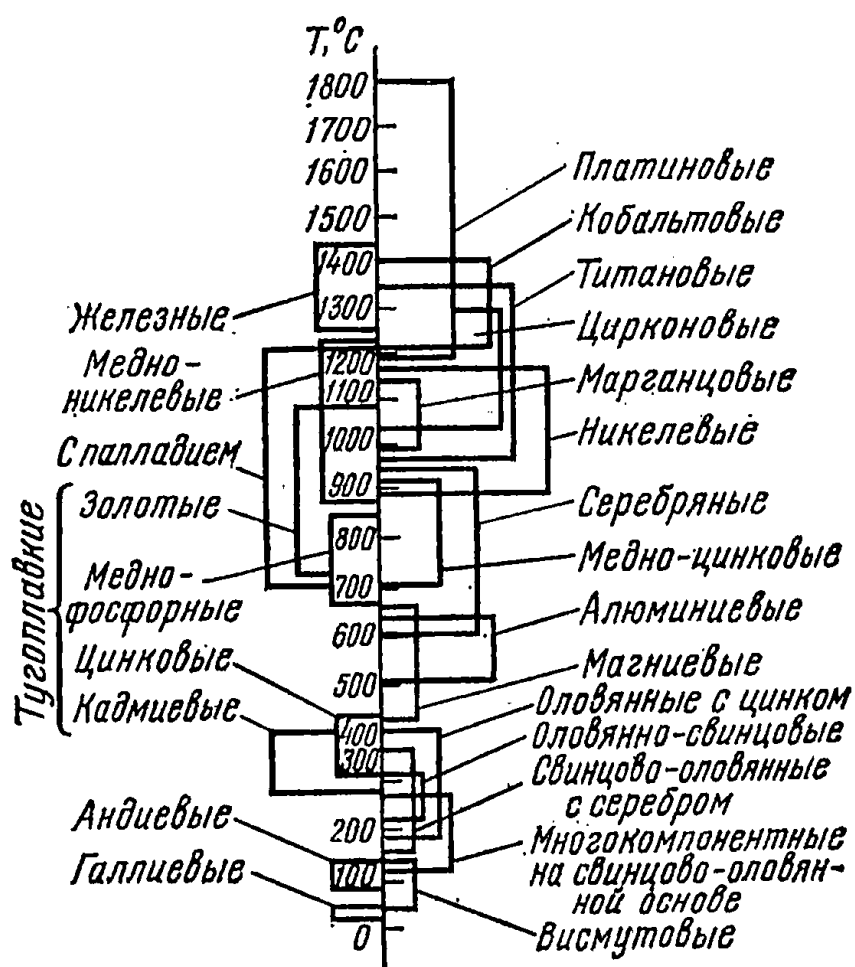


Рис. 43. Температурные границы применения припоев.

Т а б л и ц а 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

П р и м е ч а н и е. По требованию потребителя припой марок ПОС 30 и ПОС 40 поставляют с содержанием сурьмы до 0,25%.

Т а б л и ц а 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.

**Т а б л и ц а 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

**Т а б л и ц а 43. Химический состав и физико-механические свойства серебряно-медно-цинковых припоев**

Марка припоя	Состав по массе, %			Температура, °C		Плотность, г/см³	Предел прочности при растяжении, МН/м²	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</sup> <sub>-2</sub>	745	775	8,7	28	—
ПСр12М	12±0,3	52±1	36 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	780	825	8,5	18,5	—
ПСр10	10±0,3	53±1	37 <sup>+1</sup> <sub>-2</sub>	815	850	8,45	—	—

**Т а б л и ц а 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	Бура	Бура обезвоженная 100
		Смесь буры и борной кислоты № 209	Бура обезвоженная 50, борная кислота 50
			Фтористый калий 42, фторборат калия 23, борный ангидрид 35
Электроконтактным нагревом	Оловянно-свинцовые, медно-цинковые, медно-фосфорные, серебряные	Хлористый цинк	Хлористый цинк 75, вода 25
		Бура	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 чугуновых деталей проводят так же, как и стальных.

Материалы для пайки чугуновых 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 латуней 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 резак 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 ацетилена и газов заменителей

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

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

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 изготавливают 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 электро- да, 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

$$\tau_{\text{в}} = \frac{\gamma 100 \delta}{c D_{\text{к}} \eta}, \quad (44)$$

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 компонен- тов (режимы электролиза)	Наименование электролитов		
	хлористый	сульфатно- хлористый	метилсуль- фатный
Хлористое железо $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , г/л	300...600	200	150
Сернокислое железо $\text{FeSO}_4 \times$ $\times 7\text{H}_2\text{O}$ , 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 ( $\text{HCl}$ ) — 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 НRC) 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 ( $\text{HCl}$ ) — 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 НRC) 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 ( $\text{HCl}$ ) — 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		
	универсаль- ный	саморегули- рующий горя- чий	саморегули- рующий хо- лодный
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>.



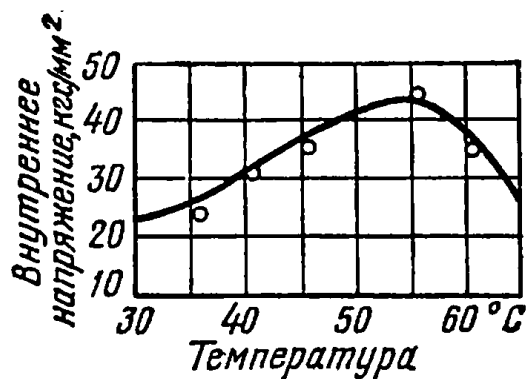


Рис. 44. Влияние температуры электролита на величину внутренних напряжений в хромовых осадках.

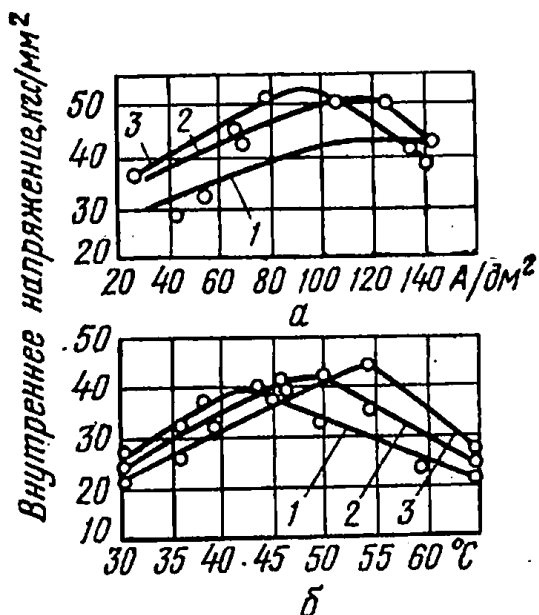


Рис. 45. Влияние плотности тока (а) и температуры электролита (б) на величину внутренних напряжений при хромировании на токе переменной полярности (универсальный электролит):

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

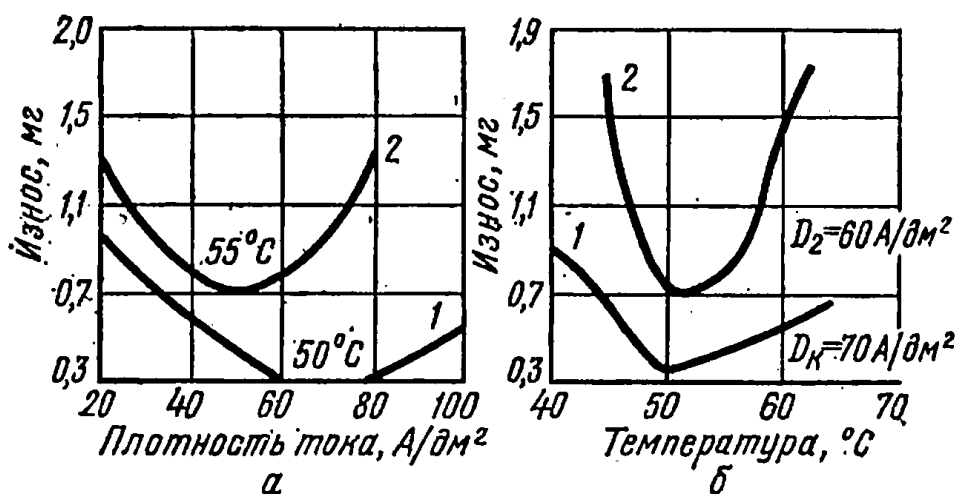
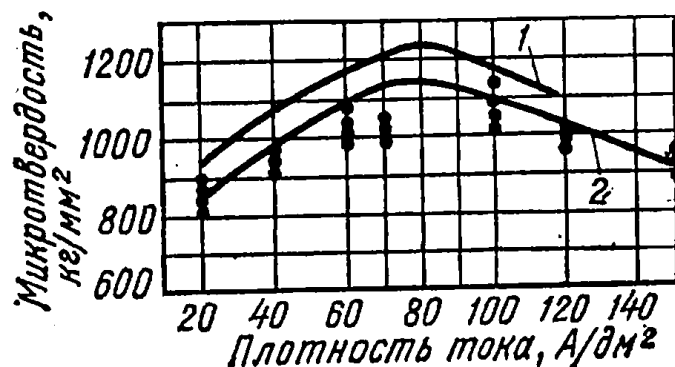


Рис. 46. Кривые зависимости износа осадков хрома от плотности тока (а) и температуры электролита (б):

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

Рис. 47. Зависимость твердости хромовых покрытий от плотности тока (150 г/л  $\text{CrO}_3$ , толщина слоя хрома 0,12...0,15 мм); для температуры:

1 — 55° С; 2 — 60° С.



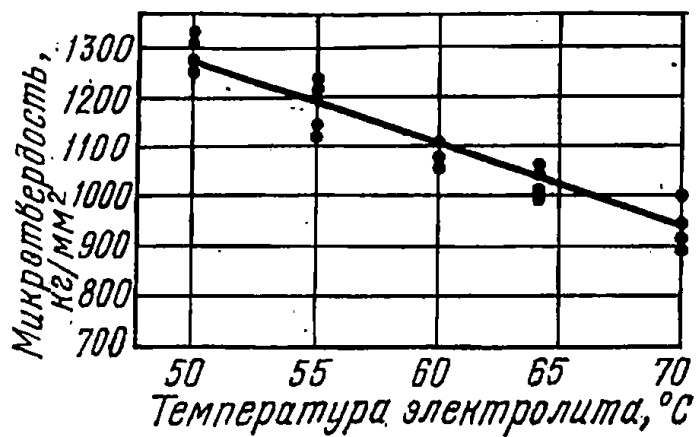


Рис. 48. Зависимость твердости хромовых покрытий от температуры электролита (150 г/л  $\text{CrO}_3$ ; плотность тока 60 А/дм<sup>2</sup>; толщина слоя хрома 0,12...0,15 мм).

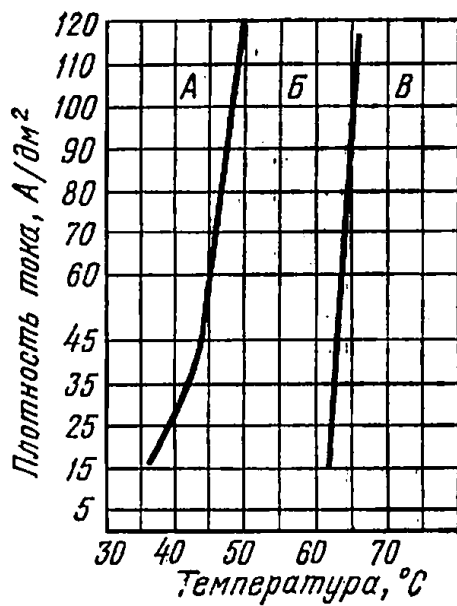


Рис. 49. Диаграмма расположения хромовых осадков в зависимости от плотности тока и температуры электролита. Зоны осадков:  
А — серых; Б — блестящих; В — молочных.

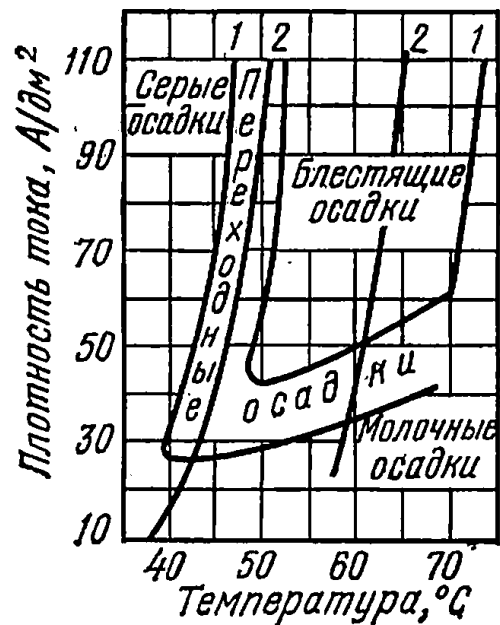


Рис. 50. Диаграмма расположения зон хромовых осадков в электролите:  
1 — саморегулирующемся;  
2 — универсальном.

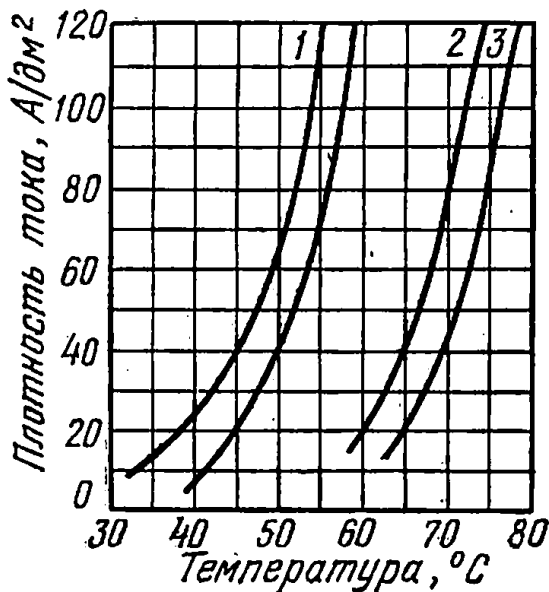


Рис. 51. Зоны хромовых осадков:  
1 — серых; 2 — блестящих; 3 — молочных.

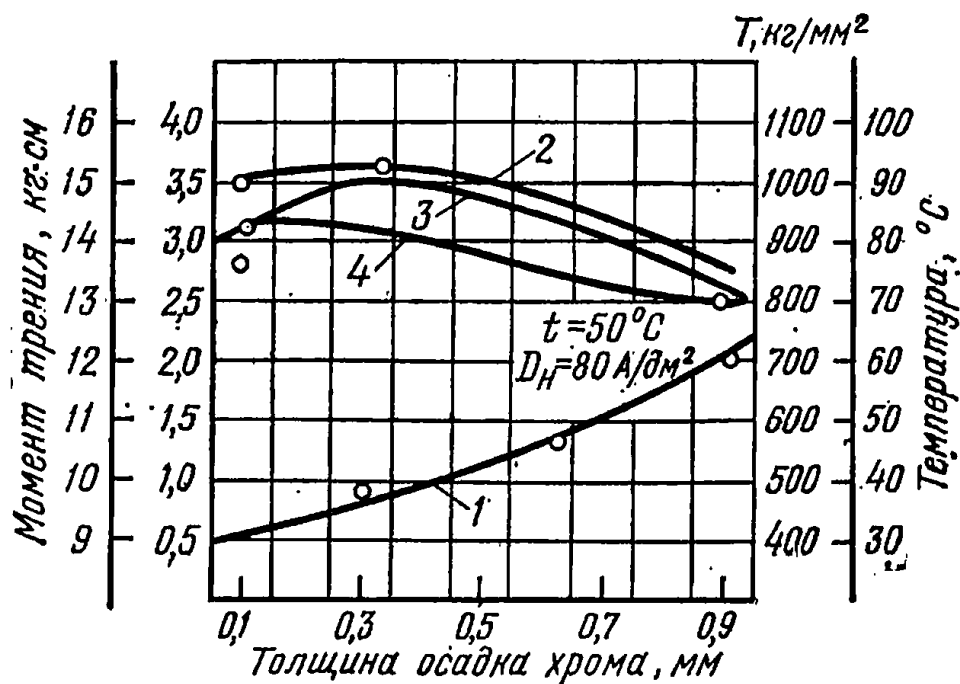


Рис. 52. Влияние толщины осадка хрома на качество хромового покрытия:

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/дм²	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.

Таблица 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-

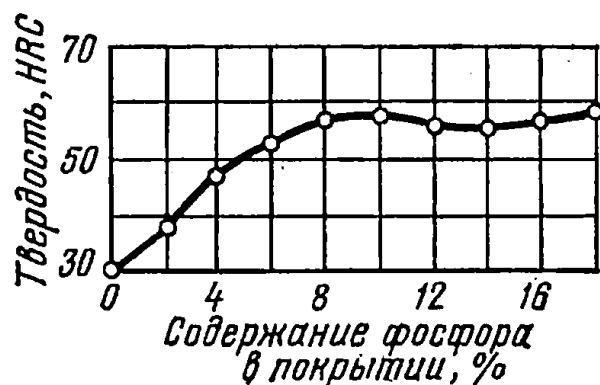


Рис. 53. Зависимость твердости никелевого покрытия от содержания в нем фосфора.

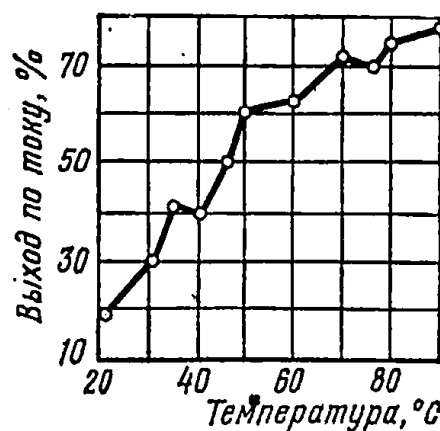


Рис. 54. Зависимость выхода по току от температуры электролита.

нию в структуре покрытий фосфидов никеля, повышающих их твердость.

Никель-фосфатные покрытия имеют низкий коэффициент трения (на 30% ниже хромового покрытия) по стали и чугуны 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 гидроокиси 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 HRC 45. Как и при электрохимическом никелировании, нагрев осадка до температуры 350...400° С при часовой выдержке повышает его твердость до HRC 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-

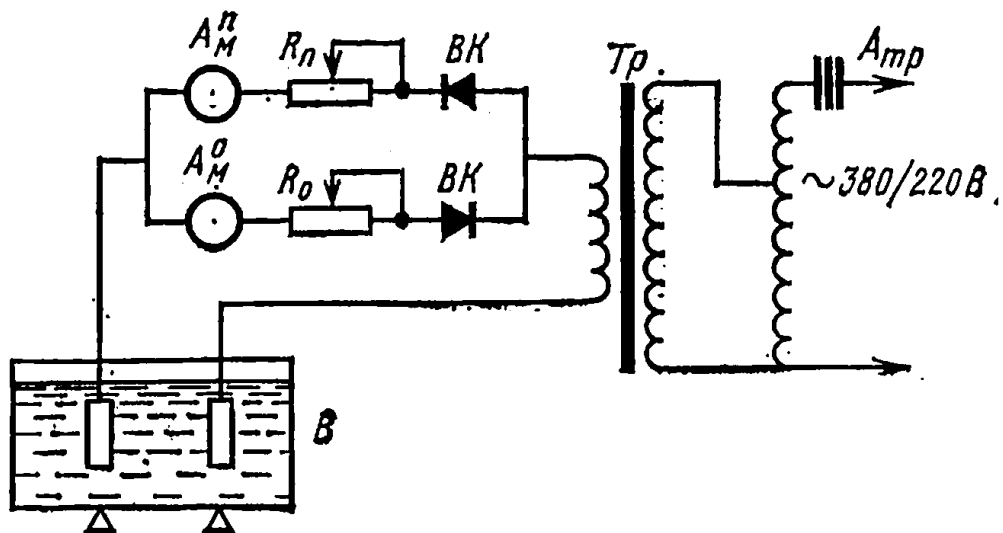


Рис. 55. Схема установки для получения асимметричного периодического тока при встречно-параллельном включении вентилей:

$A_{Тр}$  — автотрансформатор;  $Tr$  — силовой трансформатор;  $BK$  — полупроводниковые вентили;  $R_n, R_o$  — управляемые резисторы прямого и обратного тока;  $A_M^П$  и  $A_M^О$  — амперметры для измерения величины силы прямого и обратного тока;  $B$  — гальваническая ванна.

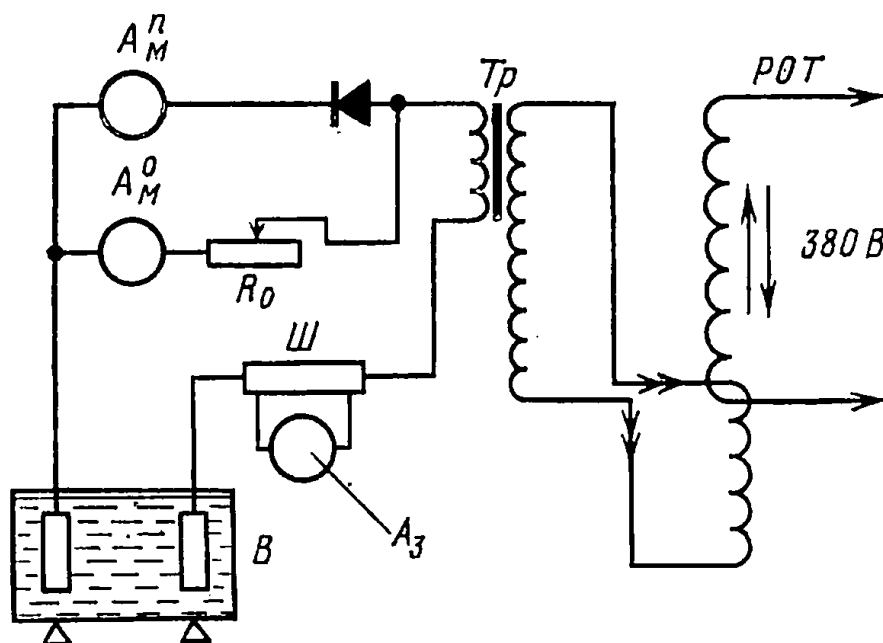


Рис. 56. Схема установки для получения асимметричного периодического тока путем наложения переменного тока на однополупериодично-выпрямленный:

$POT$  — регулятор однофазного тока;  $Ш$  — шунт общей цепи;  $A_З$  — амперметр электромагнитной системы;  $R_o$  — управляемый резистор прямого и обратного тока;  $Tr$  — силовой трансформатор;  $A_M^П$  и  $A_M^О$  — 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	Микротвер- дость, 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 (салоговяжье)	расщепленный жир (парафин)	сода двууглекислая (цезерин)	стеарин
Паста ГОИ:	грубая	81	(2)	—	2	5	—	10
	средняя	76	(2)	—	2	10	—	10
	тонкая	74	(2)	2	1,8	10	0,2	10
Паста ЗИЛ:	хромовая	73	—	4	—	—	—	23
	известковая	—	74	—	(1,5)	—	(1,5)	23
Паста для полировки стали	Алюминиевые, никелевые Стальные	65	—	4	—	(8)	—	23
Паста для меди и алюминия	Алюминиевые, медные	—	70	(15)	—	(5)	—	10
Паста для хромовых покрытий	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	—	—	—	Пирофос- фат натрия <sup>2</sup>	—
Натрий углекислый ГОСТ 2156—76	—	—	—	10	3,5...4,5
Натрий кремнекис- лый — жидкое стек- ло 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 травление перед ван-ным железнением на токе		анодное пассирова-ние, %	анодное трав-ление и обез-жиривание пе-ред поточным отслаиванием на переменном асимметрич-ном токе, г/л	анодное Декапирование перед ванным хромирова-нием		анодное электроотрав-ление перед струйным хро-мированием, %
	постоянном, г/л	переменном асимметрич-ном, %			I, %	II, г/б	
30 %-ная серная кислота ГОСТ 2548—77	365	25	100	150	Серная кислота, 5%-ный раствор100%	2...3	50
Сернокислородное 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/дм²	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 нике- лирования	покрытия три-ни- кель	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	Три-никель— 20—25 см <sup>3</sup> /л.	«2-бутилдиол- 1,4»—0,2...0,3 г/л	«41»—12 см <sup>3</sup> /л	«2-бутилдиол- 1,4»—0,1...0,2 г/л
	«Е»—1,25 см <sup>3</sup> /л	«22»—2...5 см <sup>3</sup> /л	Сахарин— 0,7...1,2 г/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	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)	Цинкатный (для ванн)	Цинкатный (для ванн)	Пирофосфорнокислый (для ванн)	Аммикатный (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 двуххлористое 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/дм²	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		Аммиакат- ный
		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	—	—
Оксид 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 пробоя 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 смо- лы	ГОСТ или ТУ	Средняя мо- лекулярная масса	Содержание эпоксидных групп, %	Темпера- тура пла- вления, °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; бидутилсебацат; 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 форму- ла
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: без ускорителя	27...40	(1,94—2,20) К
с ускорителем (триэтанол- амином)	32...41	2,28 К
Метилтетрагидрофтале- вый ангидрид:	51...70	(3,66—3,86) К
без ускорителя	54...70	3,86 К
с ускорителем (триэтанол- амином)	43...62	(3,1—3,45) К
Фталевый ангидрид	7...8	0,49 К
Дициандиамида		

\* К — количество эпоксидных групп, %.

Т а б л и ц а 70. Температурные пределы переработки эпоксидных  
смол с различными отвердителями

Отвердитель	Температу- ра плавлени- я, °С	Температурные интервалы, °С		
		совме- щения	предваритель- ного отвер- ждения	отвержде- ния
Полиэтиленполиамин	—	20...40	20...50	20...120
Диэтилентриамин	—	20...40	20...40	20...120
Гексаметилендиамин	42	20...50	20...50	20...120
Диаминодициклогексил- метан	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
Метилтетрагидрофтале- вый ангидрид	68	80...110	80...110	120...180
Фталевый ангидрид	131,6	110...120	120...140	120...180
Дициандиамида	200...205	200...210	150...170	180...200

**Т а б л и ц а 71. Режимы отверждения эпоксидных составов**

Темпера- тура отвер- ждения, °С	Полиэтиленполнамин		Фталевый ангидрид	
	минимальное вре- мя отверждения, ч	оптимальное вре- мя отверждения, ч	минимальное время отвер- ждения, ч	оптимальное время отвер- ждения, 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 ча- стей 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>	Теплостойкость 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) Малеиновый ангидрид (40)	1100	464	13...16	4	68
ЭД-6 (100) Дибутилфталат (10) Каолин (33) Малеиновый ангидрид (40)	1560	655	13...16	2	56
Дибутилфталат (10) Титановые белила (33) Малеиновый 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, частей 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 шарикоподшипника коробки передач, шарикоподшипник — вал, шпилька — корпус, трещина в корпусе карбюратора и т. д.
ЭД-6 (100) Дибутилфталат (15) Железный порошок (160) Полиэтиленполиамин (8)	Устранение трещин; ремонт резьбовых соединений и рабочих поверхностей корпусных деталей, которые испытывают при эксплуатации температурные колебания.	Трещина водяной рубашки блока цилиндров двигателя; трещина водяной рубашки головки блока цилиндров; изношенные рабочие поверхности 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 АГ-4 и др.	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 подслои 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).



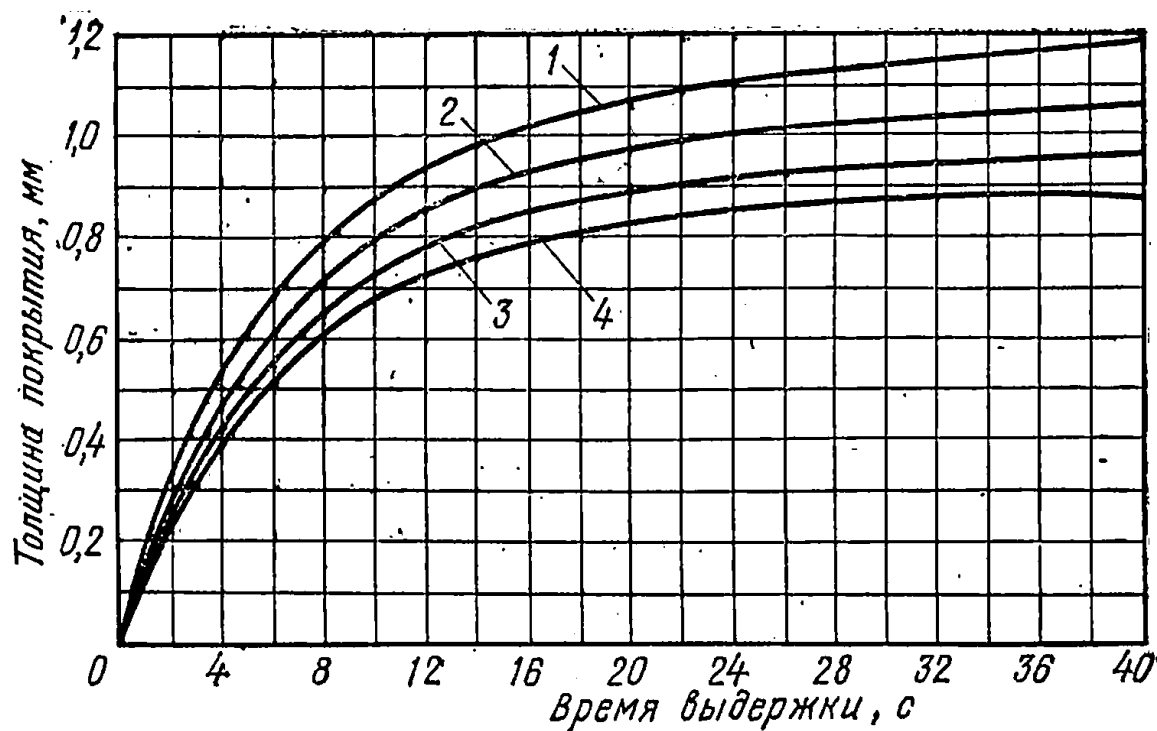


Рис. 57. Зависимость толщины покрытия от времени выдержки нагретых деталей в псевдооживленном слое:

$$1 - \frac{m}{F} = 15 \text{ г/см}^2; \quad 2 - \frac{m}{F} = 10 \text{ г/см}^2;$$

$$3 - \frac{m}{F} = 10 \text{ г/см}^2; \quad 4 - \frac{m}{F} = 1 \text{ г/см}^2.$$

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.

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 вырубает 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 термомокарандаша; 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  $1...2\text{ мин}$  выравнивают температуру детали

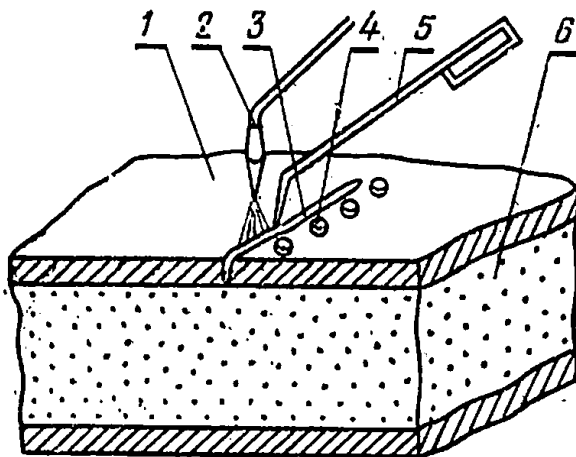


Рис. 58. Схемы заварки трещины:

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 аргано-дуговая сварка

При аргано-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 соединение чугуна со сталью (табл. 78).

**Таблица 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 паемые 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).

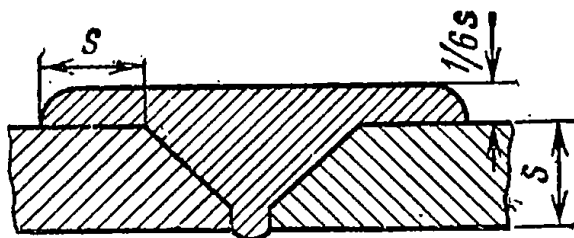
#### Холодная сварка

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 ответственных 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.

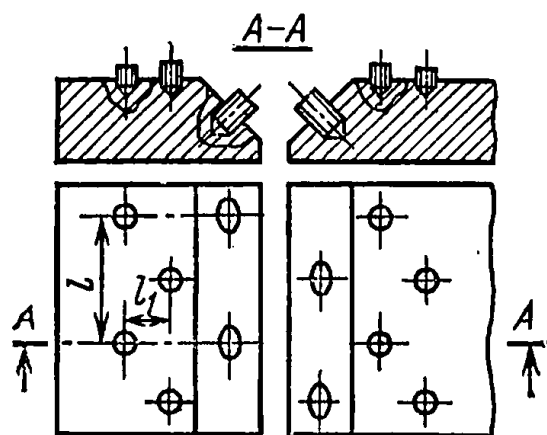


Рис. 60. Подготовка чугунных деталей под сварку при помощи шпилек.  $l$  и  $l_1$  — расстояния между шпильками.

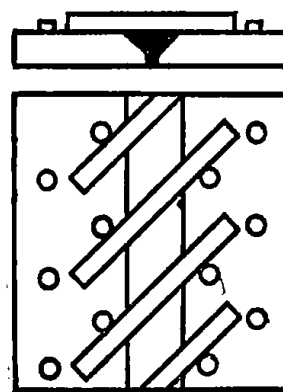


Рис. 61. Сварка чугунных деталей при помощи шпилек и анкеров.

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%  
(ОСТ 7633/655.  
НКПТ).

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. Electrodes состоят из легированных никелем чугунных 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

Покрывание 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 чугунных 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 чугунного прутка.

Т а б л и ц а 83. Ориентировочные режимы газовой сварки чугуна с применением чугунных 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 чугунными электродами и ацетилено-кислородным пламенем с применением чугунных присадочных прутков.

Газовая сварка. Это весьма распространенный способ ремонта чугунных деталей. При использовании латунных 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

**П р и м е ч а н и е.** 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.

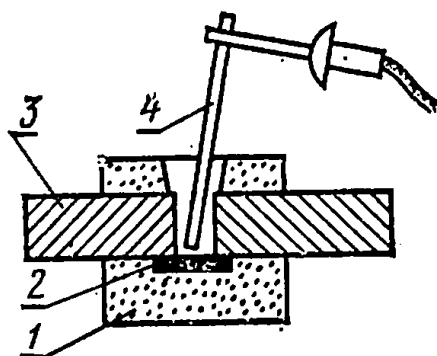


Рис. 62. Горячая сварка чугуна:

1 — формовочная земля; 2 — графитная пластинка; 3 — свариваемые детали; 4 — электрод.

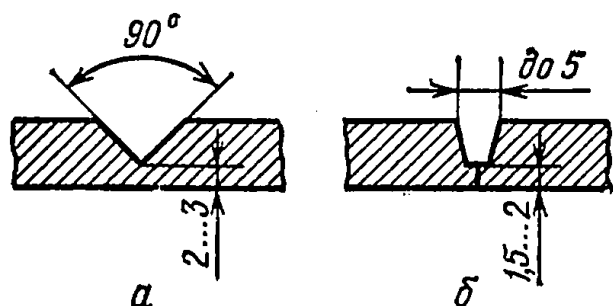


Рис. 63. Рекомендуемая разделка кромок при сварке штучными электродами (а) и проволокой ПАНЧ-11 (б).

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.

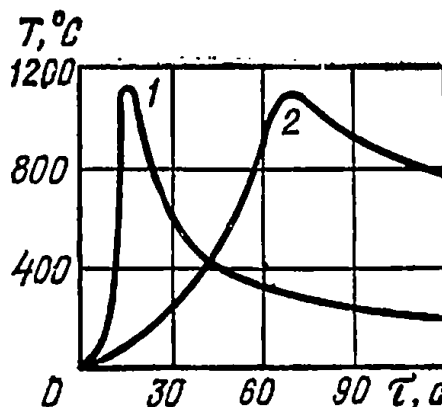


Рис. 64. Термические циклы в околошлаковой зоне при сварке чугунных деталей толщиной 5 мм:

1 — проволокой ПАНЧ-11 диаметром 1,2 мм ( $Q=1350$  Вт;  $v_{\text{св}}=0,15$  см/с); 2 — электродом Casio-11n 2240 диаметром 3 мм ( $Q=1350$  Вт,  $v_{\text{св}}=0,07$  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.

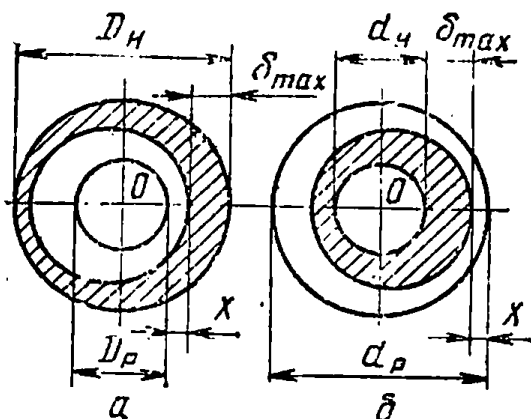


Рис. 65. Схема к расчету ремонтных размеров для поверхностей:

$a$  — наружных;  $b$  — внутренних.

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

$$d_p = d_H + 2i(\delta_{max} + x), \quad (46)$$

где  $d_H$  — диаметр отверстия новой втулки по чертежу, мм.

Число устанавливаемых ремонтных размеров определяют по формуле

$$\text{для вала } n_D = \frac{D_H - D_{p.p.}}{\alpha};$$

(47)

$$\text{для втулки } n_d = \frac{d_{p.p.} - d_H}{\alpha},$$

где  $\alpha$  — ремонтный интервал, т. е. разность между размером по чертежу и первым ремонтным размером или между соседними ремонтными размерами;

$D_{p.p.}$ ,  $d_{p.p.}$  — последний (предельный) ремонтный размер.

Последний (предельный) ремонтный размер ограничен предельно допустимым размером детали, установленным техническими условиями на ремонт.

## 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

$$H = 0,866 S,$$

Т а б л и ц а 87. Размеры ремонтной резьбы

Размер резьбы		Диаметр обточки, мм, для резьбы		Диаметр наплавки, мм, для резьбы	
нормаль- ный	ремонтный	нормальный	ремонтный	нормаль- ный	ремонт- ный
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>	29,93 <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).





**Т а б л и ц а 88. Характеристика отверстий изношенных резьб  
и под резьбовую вставку**

Размер изношенного резьбового отверстия	Диаметр сверла под резьбу, мм	Размер резьбового отверстия (метчика) под резьбовую вставку
M6×1,0	7	M8×1,0
M8×1,25	8,7	M10×1,25
M10×1,5	10,5	M12×1,5
M10×1,0	11	M12×1,0
M11×1,5	11,6	M13×1,5
M12×1,75	12,2	M14×1,75
M14×2,0	14	M16×2,0
M14×1,5	14,5	M16×1,5
M14×1,25	14,75	M16×1,25
M16×2,0	16,2	M18×2,0
M16×1,5	16,2	M18×1,5
M18×2,5	18	M20×2,5
M18×1,5	18	M20×1,5
M20×2,5	20	M22×2,5
M20×1,5	20,5	M22×1,5

верстии (табл. 88); ввертывание резьбовой спиральной вставки в деталь; удаление технологического поводка резьбовой вставки; контроль восстановленной резьбы.

## Глава 11

### ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ

#### Восстановление коленчатых валов

Основные дефекты коленчатых валов и способы их устранения приведены в таблице 89.

Допустимые нормы на геометрические параметры поступающих в ремонт коленчатых валов приведены в таблице 90.

Для восстановления стальных коленчатых валов применяют главным образом два способа наплавки: 1) под слоем легирующего флюса (технология НИИАТ, ГОСНИТИ); 2) под флюсом АН-348А пружинной проволокой II класса с последующей термической обработкой (технология Казахского научно-исследовательского института автомобильного транспорта (КазНИИПИАТ) или проволокой СвЗОХГСА (технология Саратовского политехнического института СФИ).

Под слоем легирующего флюса наплавляют высокоуглеродистой проволокой ОВС или пружинной II класса (ГОСТ 9389-80). Для улучшения отделяемости шлаковой корки и уменьшения трудоемкости изготовления легирующего флюса графит и феррохром смешивают с половиной стандартного флюса АН-348А, увеличивают затем количество флюса в 2 раза.

Т а б л и ц а 89. Дефекты коленчатых валов и способы их устранения

Дефекты	Способы устранения
Износ коренных и шатунных шеек. Овальность и конусность шеек. Задиры, риски и вмятины на шейках	Шлифование под ремонтный размер Гальванопокрытия Электро- и газовая металлизация Автоматические и механизированные наплавки: электровибрационная в среде жидкости электродуговая под слоем флюса электродуговая в среде $\text{CO}_2$ порошковыми проволоками
Износ посадочных мест под распределительную шестерню, шкив и маховик	Наплавка с последующим обтачиванием и шлифованием Электроискровое наращивание с последующим шлифованием
Износ маслосгонной резьбы	Углубление резьбы резцов и шлифование шейки до выведения следов износа
Износ и разбивка шпоночных канавок	Фрезерование под увеличенный размер шпонок Фрезерование новой шпоночной канавки Наплавка с последующим фрезерованием шпоночной канавки
Износ посадочного места наружного кольца шарикоподшипника в торце вала	Растачивание посадочного места, запрессовка втулки с последующим растачиванием Электроискровое наращивание с последующим шлифованием
Износ отверстий под штифты крепления маховика	Наплавка с последующим растачиванием Развертывание под ремонтный размер
Износ резьбы	Растачивание или зенкерование с последующим нарезанием резьбы увеличенного размера
Срыв более двух ниток резьбы	Углубление резьбовых отверстий с последующим нарезанием такой же резьбы под удлиненные болты (пробки)
Скручивание вала (нарушение расположения кривошипов)	Шлифование шеек под ремонтный размер с последующей балансировкой Наплавка шеек с последующим обтачиванием, шлифованием и балансировкой
Торцовое биение фланца маховика	Подрезание торца фланца на токарном станке с последующей балансировкой
Изгиб вала: до 0,15...0,2 мм от 0,2 до 1,2 мм	Шлифование под ремонтный размер Правка под прессом

Дефекты	Способы устранения
Трещины: на шейках на щеках	Шлифование под ремонтный размер Наплавка с последующим обтачиванием и шлифованием под нормальный размер. Выбраковка (для кольцевых трещин, а также трещин, выходящих на галтель) Шлифование с последующей балансировкой. Выбраковка (для трещин глубиной более 4 мм)
Коррозия трущихся поверхностей	Зачистка абразивной шкуркой, шлифование и полировка
Забивание масляных каналов продуктами износа и загрязнениями масла	Прочистка металлическим шомполом и ершом с последующей промывкой (вываркой) и продувкой сжатым воздухом

Режим наплавки: напряжение дуги 25...26 В; сила тока 190...200 А; индуктивность сварочной цепи 16 витков дросселя РСТЭ-34; частота вращения вала 3 об/мин; шаг наплавки 4 мм/об; скорость подачи электродной проволоки диаметром 1,6 мм—2 м/мин; диаметром 1,8 мм—1,6 м/мин.

Отверстия масляных каналов для предохранения от заправки замазывают пастой (85% порошкового графита и 15% жидкого стекла), специальной глиной (для 3 кг специальной глины берут 2,1 кг речного песка; 0,58 кг белой огнеупорной глины; 0,05 кг графита; 0,245 кг жидкого стекла и 0,025 кг едкого натра NaOH — 20% раствор) или закрывают графитовыми стержнями и асбестом.

Величина деформации коленчатых валов после наплавки под легирующим флюсом в среднем составляет 0,6...1 мм.

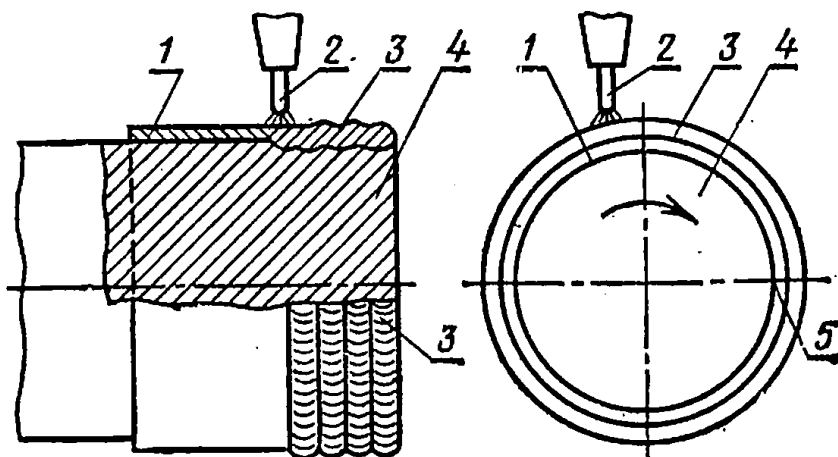
Наплавка под слоем флюса АН-348А с последующей термообработкой обеспечивает стабильность структуры и твердость наплавленного металла восстанавливаемых коленчатых валов. Наплавляют в этом случае пружинной проволокой II класса (по технологии КазНИПИАТ) либо проволокой Нп-30ХГСА (по технологии СПИ) при режиме: напряжение дуги 25...30 В; сила тока 180...220 А; шаг наплавки 4...6 мм/об; скорость подачи проволоки 1,6...2,1 м/мин; частота вращения вала 2...2,5 об/мин при наплавке коренных и 2,5...3 об/мин при наплавке шатунных шеек. Наплавленный металл обладает твердостью HRC 32...40 и легко поддается механической обработке резцом.

Наплавлять коленчатые валы двигателей можно под слоем комбинированного флюса.

Флюс изготавливают следующим образом: к 50 кг керамического флюса АНК-18 и 50 кг флюса АН-348А добавляют 1,7...1,9 кг порошкообразного серебристого графита. Смесь увлажняют и связывают (склеивают) жидким стеклом.

Рис. 68. Схема наплавки шейки вала по металлической оболочке:

1 — металлическая оболочка; 2 — электродная проволока; 3 — наплавленный металл; 4 — деталь; 5 — стык оболочки.



Режим наплавки коренных шеек: сила тока 210...220 А, напряжение дуги 24...25 В, частота вращения вала 3,4...3,8 об/мин, шаг наплавки 3,6...3,8 мм/об.

Из высокопрочного чугуна отливают коленчатые валы двигателей автомобилей ГАЗ-53, ГАЗ-53А и других машин.

Челябинским институтом механизации и электрификации сельского хозяйства разработана технология восстановления автомобильных чугунных коленчатых валов наплавкой стальным электродом под слоем флюса с применением дополнительного присадочного материала.

Режимы наплавки: напряжение 26...28 В, сила тока — 160...180 А, частота вращения вала — 2,15 об/мин, шаг наплавки — 4 мм/об, диаметр основного и дополнительного электродов — сварочная проволока Св-08 или Св-08А; скорость подачи основного электрода  $3,15 \cdot 10^{-2}$  м/с; скорость подачи дополнительного присадочного электрода  $1,4...1,55 \cdot 10^{-2}$  м/с. Род тока постоянный; флюс — смесь флюсов АНК-18 (70%) и АН-60 (30%).

Способ двуслойной наплавки чугунных коленчатых валов проволокой Св-08 под слоем легирующего флюса разработан в НИИАТ. Лучшие результаты из многочисленных вариантов наплавки получают при использовании проволоки диаметром 1,6 мм и легирующего флюса, содержащего на 100 массовых частей флюса АН-348А 2,5 части графита, 2 части феррохрома №6 и 0,25 части жидкого стекла.

Металл первого слоя обладает твердостью НРС 35...38, второго слоя — твердостью НРС 52...62 и содержит небольшое количество пор. В поверхностном слое возможно появление трещин, что вызывает повышенный износ сопряженных вкладышей и уменьшение усталостной прочности коленчатых валов на 26...28%.

Способ наплавки коленчатых валов из высокопрочного чугуна под слоем флюса по защитной металлической оболочке заключается в следующем. Шейку вала обертывают металлической оболочкой из листовой стали, которую плотно прижимают к ее поверхности при помощи приспособления и сваркой в среде углекислого газа прихватывают в стыке.

После удаления приспособления проводят автоматическую наплавку шейки под флюсом непосредственно по металлической оболочке (рис. 68). Известно, что для предотвращения трещин в наплавленном металле необходимо уменьшить в нем содержание углерода, марганца, кремния, серы и фосфора.

Таблица 90. Допустимые без ремонта геометрические параметры коленчатых валов, поступающих в ремонт (по данным ГОСНИТИ)

Марка двигателя	Овальность и конусность шатунных и коренных шеек, мм	Диаметр шеек (наименьший), мм		Диаметр наружной поверхности (наименьший), мм				Наружная резьба (по классу точности)
		шатунных	коренных	вала			фланца под маховик	
				под шкив	под шестерню газораспределения	под шестерню привода масляного насоса		
СМД-14	0,15	75,80	86,55	1,5	56,00	56,00	129,88	M56×1,5-8д
Д-50, Д-240	0,010	66,60	73,55	34,89	38,00	37,93	99,96	—
Д-48Л, Д-65Н	0,015	72,10	83,05	44,89	48,00	—	144,94	—
Д-37М	0,013	63,10	68,10	33,96	38,00	38,00	84,94	M72×2-8д
Д-108	0,015	88,30	92,10	1,5	75,0	75,00	189,93	—
А-41М	0,015	87,10	104,10	59,88	59,92	59,92	139,90	—
А-01М	0,015	84,10	104,10	59,88	60,00	59,00	139,90	—
ЯМЗ-238НБ	0,010	83,70	103,70	50,016	72,035	—	139,60	M68×2-8д
СМД-50	0,015	83,10	90,10	1,5	71,00	70,00	106,00	M64×2-8д
Д-21	0,013	63,10	68,10	33,95	38,00	38,00	84,94	—
Д-16	0,015	58,80	58,0	34,93	35,97	34,97	80,14	—
ГАЗ-51	0,010	50,10	62,65	37,98	39,98	—	121,84	—

ГАЗ-53	0,010	58,65	68,65	37,98	39,98	—	121,84	—
ЗИЛ-120	0,010	60,10	64,10	45,92	49,98	—	139,78	—
ЗИЛ-130	0,010	63,65	72,65	45,92	45,92	—	139,78	—
СМД-14	13,98	53,05	M24×2-7H		M-14×2-7H		10,02; 8,02	1,00
Д-50, Д-24С	13,98	—	M18×1,5-7H		M14×1,5-7H		6,02	—
Д-48Л, Д-65Н	14,03	—	M24×2-7H		—		8,02, 6,02	1,5
Д-37М	11,98	47,00	M-12×1,5-7H		M12×1,5-7H		8,02, 5,02	—
Д-108	—	—	M33×2-7H		M20×1,5-7H		16,05	1,8; 0,9
А-41М	15,98	—	M22×1,5-7H		M16×1,5-7H		—	—
А-01М	15,98	52,05	M22×1,57H		M16×1,5-7H		—	—
ЯМЗ-238НБ	22,15	—	M27×2-7H		M16×1,5-7H		10,02	—
СМД-60	12,02	52,05	M24×2-7H		M16×1,5-7H		8,02; 5,02	—
Д-21	11,98	47,00	M16×1,5-7H		M12×1,25-7H		8,02; 5,02	—
Д-16	12,03	41,55	M16×1,5-7H		M12×1,25-7H		8,07; 5,03	—
ГАЗ-51	12,05	40,00	M27×2-6H		—		8,03	—
ГАЗ-53	12,28	40,00	M27×2-6H		—		8,03	—
ЗИЛ-120	14,06	52,00	M27×1,5-7H		—		6,02	1,6
ЗИЛ-130	14,29	52,00	M27×1,5-7H		—		6,02	1,6

П р и м е ч а н и я: 1. Коленчатые валы двигателей Д-240, А-41М, А-01М имеют шлицы под шестерню и под шкив коленчатого вала. Допустимая без ремонта ширина шлицев под шестерню 4,92 мм, под шкив 4,42 мм.

2. Величина 1,5 обозначает утопание торца конуса коленчатого вала двигателя СМД-14 при замере конуса калибром.

**Т а б л и ц а 91. Параметры режима наплавки чугунных коленчатых валов по стальной оболочке**

Показатели	Прихватка оболочки	Наплавка	
		галтелей в углекислом газе	шеек под флюсом
Напряжение дуги при холостом ходе, В	28	28	32
Напряжение дуги при наплавке, В	19 . . . 20	19 . . . 20	20 . . . 22
Сила тока, А	120	120	150 . . . 170
Частота вращения вала, об/мин	—	2,0	2,5 . . . 3,0
Шаг наплавки, мм/об	—	—	3,5
Скорость подачи электродной проволоки, м/мин	3	1,4 . . . 1,6	1,4 . . . 1,6
Смещение электрода с зенита, мм	—	20	8 . . . 10
Вылет электрода, мм	10	15 . . . 20	15 . . . 20
Число витков дросселя РСТЭ-34 (индуктивность сварочной цепи)	5	8	16

Так как высокопрочный чугун содержит большое количество этих элементов, то для восстановления коленчатых валов применяют оболочку из Ст 08 и проволоку Св-08, содержащие их в небольшом количестве. При толщине оболочки 0,8 мм и более трещин и пор в наплавленном металле не наблюдается.

Для наплавки применяют проволоку диаметром 1,6 мм. Параметры режима наплавки приведены в таблице 91.

В таблице 92 приведены материалы, используемые при наплавке по оболочке.

Легированный флюс для наплавки чугунных коленчатых валов готовят следующим образом. На 100 массовых частей флюса АН-247А добавляют 7 частей феррохрома №6 и 8 частей графита. Всю массу тщательно перемешивают и склеивают жидким стеклом (0,5 части) до полного увлажнения. Массу просушивают в течение 2...3 ч при 18...20° С и прокаливают в электропечи при 600...650° С в течение 3...3,5 ч. В этой же печи прокаливают еще 100 частей флюса без легирующих компонентов. После прокаливания смесь дробят, просеивают и перемешивают с флюсом без компонентов.

Технология наплавки чугунных коленчатых валов порошковой проволокой под флюсом АН-348А в два слоя заключается в следующем.

Первый слой наплавляют малоуглеродистой порошковой проволокой с внутренней защитой, содержащей газошлакообразующие компоненты для защиты сварочной ванны, второй — легированной проволокой для получения износостойкого слоя.



**Таблица 92. Материалы для наплавки чугунных коленчатых валов**

Материал	Марка, ГОСТ
Электродная проволока: для наплавки галтелей и шеек под легирующим флюсом для прихватки оболочек	Св-08; Св-08А (ГОСТ 2246—70), диаметр 1,6 мм Св-08; Св-08А; Св-08ГС; Св-08Г2С; Св-12ГС (ГОСТ 2246—70), диаметр 0,8...1 мм АН-348А (ГОСТ 9087—69) ЭТУ-I, ЭТУ-III, ЗУН, АТ, АЗ, АС-I, АС-II № 6 (ГОСТ 4757—79)
Флюс	Обычное, плотностью 1,35 г/см <sup>3</sup>
Графит *	ГОСТ 13078—67
Феррохром **	Из баллонов с пищевой углекислотой (ГОСТ 8050—76)
Жидкое стекло	Ст 08 (ГОСТ 1050—74) толщиной 0,8...0,9 мм
Углекислый газ	
Листовая сталь для оболочек	

\* Просеивают через сито с ячейками 0,045...0,075 мм.

\*\* Просеивают через сито с 800...1400 отверстиями на 1 см<sup>2</sup>.

#### Рекомендуемый режим наплавки

Напряжение холостого хода, В:

первый слой . . . . .	34 . . . 35
второй слой . . . . .	31 . . . 32
Сила тока, А . . . . .	150 . . . 180
Полярность . . . . .	обратная
Частота вращения вала, об/мин . . . . .	2 . . . 2,5
Скорость подачи проволоки, м/мин:	
первый слой . . . . .	77
второй слой . . . . .	88
Шаг наплавки, мм/об:	
первый слой . . . . .	7
второй слой . . . . .	5
Диаметр проволоки, мм . . . . .	1,95
Вылет электрода, мм . . . . .	15
Общая толщина наплавленного слоя, мм . . . . .	2,9 . . . 3,2

Вибродуговая наплавка в струе воздуха коленчатых валов проволокой ЭП-439 обеспечивает высокую равномерность наплавленного слоя по твердости до HRC 57...58. Наплавка без вибрации электрода приводит к большому разбросу твердости (HRC 56...59). Износостойкость чугунных коленчатых валов, наплавленных вибродуговым способом проволокой ЭП-439 в струе воздуха, (по данным НИИАТ — разработчика технологий), в 1,5...2 раза выше износостойкости ненаплавленных.

Режим вибродуговой наплавки чугунных коленчатых валов легированной проволокой в струе воздуха следующий:

напряжение наплавки, В . . . . .	24
рабочее напряжение, В . . . . .	19 . . . 20
сила тока (постоянный), А . . . . .	130 . . . 160
число витков дросселя РСТЭ-34 . . . . .	16
скорость подачи проволоки, м/мин:	
для диаметра 1,5 мм . . . . .	2,1
»      »      1,7 мм . . . . .	1,7
диаметр проволоки, мм . . . . .	1,5 . . . 1,7
скорость наплавки, м/мин . . . . .	0,64
шаг наплавки, мм/об . . . . .	3 . . . 3,2
смещение электрода с зенита:	
в градусах . . . . .	30 . . . 60
в миллиметрах . . . . .	15 . . . 18
толщина наплавляемого слоя, мм . . . . .	1,4

Саратовским политехническим институтом разработан технологический процесс восстановления изношенных коленчатых валов автотракторных двигателей многоэлектродной наплавкой под слоем флюса (рис. 69). Шейки валов наплавляют при помощи четырех электродов из проволоки Нп3ОХГСА диаметром 1,6 мм.

При наплавке используют головку А-58ОМ, снабженную источником питания — селеновым выпрямителем. Режим наплавки: сила тока 300...320 А, напряжение 26...28 В, частота вращения вала 0,65...0,8 об/мин, скорость подачи проволоки 49...58 м/ч.

После наплавки коленчатые валы подвергают термической обработке — глубокому отпуску или отжигу и нормализации. Эти термические операции выполняют в том случае, если технологическим процессом восстановления коленчатого вала после механической обработки предусматривается закалка токами высокой частоты. В этом случае, кроме снятия внутренних напряжений, отжиг и нормализация предназначены также для подготовки структуры металла к последующим технологическим операциям, связанным с механической обработкой.

Глубокий отпуск проводят в электропечах СКЭ-10 при 650°С с выдержкой в течение 2 ч. При нормализации коленчатые валы в течение часа нагревают до 860...900°С, делают при этой температуре выдержку продолжительностью 20 мин, затем охлаждают на воздухе. Твердость шеек после нормализации находится в пределах НВ 177...255.

После предварительной обработки на металлорежущих станках поверхности коренных и шатунных шеек стальных валов вторично подвергают термической обработке: закалке и отпуску. Закалку проводят на высокочастотных установках ХЛ-32-67,

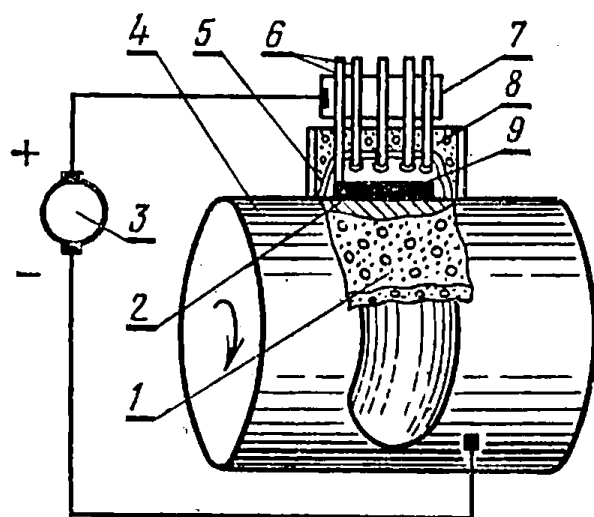


Рис. 69. Схема многоэлектродной наплавки вала:

1 — шлаковая корка; 2 — наплавленный металл; 3 — источник тока; 4 — шейка вала; 5 — эластичная оболочка из расплавленного флюса; 6 — электроды; 7 — токоподводящий контакт; 8 — флюс; 9 — зона электродуги.

**Т а б л и ц а 93. Режим резания при токарной обработке  
наплавленных поверхностей коленчатых валов**

Проход	Глубина резания, мм	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Число проходов
Черновой	1,5 . . . 2	0,2 . . . 0,5	17 . . . 80	1
Чистовой	0,25 . . . 0,45	0,10 . . . 0,15	25 . . . 100	1

МГЗ-108, ЛГПЗ-60, ЛПЗ-67 с использованием станков для закалки коленчатых валов.

Шейки нагревают т. в. ч. до 900...920° С при неподвижном вале и охлаждают водой.

При закалке, применяемой для повышения твердости шеек, в поверхностных слоях возникают остаточные напряжения и появляются трещины. Для снятия напряжений применяют низкотемпературный отпуск в конвейерной термопечи СКО-14 при 170...190° С. Твердость шеек после отпуска должна находиться в пределах HRC 52...62. Глубина закалки 3...5 мм. С обеих сторон галтелей допускается наличие незакаленных поясков шириной до 4 мм.

**Токарная обработка наплавленных поверхностей.** Шейки валов, которые после наплавки подвергались глубокому отпуску или отжигу, можно обрабатывать на токарных станках. Рекомендуемый материал резцов — ВК6М.

Режимы резания зависят от типа коленчатого вала, его габаритов, жесткости и сбалансированности. Пределы режимов резания, применяемые при токарной обработке коленчатых валов, приведены в таблице 93.

Припуск на шлифование оставляют в пределах 0,3...0,5 мм на сторону. В каждом конкретном случае эти режимы уточняют в зависимости от жесткости коленчатого вала.

У коленчатых валов двигателей Д-75, Д-54А, Д-48М, Д-48Л, Д-40М, Д-40Л, Д-40К, Д-40, Д-38 после наплавки протачивают по длине пятую коренную шейку, а для Д-37М — третью до размеров, приведенных в таблице 94.

Шейки коленчатого вала шлифуют алундовыми или электрокорундовыми на керамической связке шлифовальными кругами зернистостью 16...60, твердостью СМ2, С1, С2, СТ1 и СТ2.

Режимы шлифования: окружная скорость шлифовального круга 25...35 м/с, поперечная подача круга при черновом шлифовании 0,02...0,03 мм, при чистовом — 0,003...0,006 мм; продольная подача 7...11 мм на один оборот вала. Шлифовальные круги рекомендуется править после шлифования одно-двух коленчатых валов.

В качестве охлаждающей жидкости используют 3...4%-ный раствор кальцинированной соды или эмульсию (10 г эмульгирующего масла на 1 л воды).

Для упрочнения коленчатых валов применяют накатывание галтелей роликами из твердосплава. Частота вращения коленчатого вала при этом должна быть в пределах 40...60 об/мин. Давление роликов на галтели достигает 8000...8500 Н/м². Время упрочнения (обкатки) 0,12...0,18 мин. Полное упрочнение галтелей на всех шатунных шейках выполняют за 2,5...3 мин.

Таблица 94. Длина восстанавливаемых шеек коленчатых валов

Размер	Маркировка	Длина, мм		
		пятой коренной шейки коленчатого вала двигателей Д-75 и Д-54А	пятой коренной шейки коленчатого вала двигателей Д-48М, Д-48Л, Д-40Л, Д-40 М, Д-40К, Д-40 и Д-38	третьей коренной шейки коленчатого вала двигателя Д-37М
Производственный	—	85,00 <sup>+9,14</sup>	60,0 <sup>+0,10</sup>	46,0 <sup>+0,05</sup>
1-й дополнительный	Д1	82,25 <sup>+0,14</sup>	60,1 <sup>+0,14</sup>	46,1 <sup>+0,05</sup>
1-й ремонтный	Р1	85,15 <sup>+0,14</sup>	60,2 <sup>+0,10</sup>	46,2 <sup>+0,05</sup>
2-й дополнительный	Д2	85,75 <sup>+0,14</sup>	60,3 <sup>+0,10</sup>	46,3 <sup>+0,05</sup>
2-й ремонтный	Р2	86,00 <sup>+0,14</sup>	60,4 <sup>+0,10</sup>	46,4 <sup>+0,05</sup>
3-й дополнительный	Д3	86,25 <sup>+0,14</sup>	60,5 <sup>+0,10</sup>	46,5 <sup>+0,05</sup>
3-й ремонтный	Р3	86,50 <sup>+0,14</sup>	60,6 <sup>+0,10</sup>	46,6 <sup>+0,05</sup>
4-й дополнительный	Д4	86,75 <sup>+0,15</sup>	60,0 <sup>+0,10</sup>	46,7 <sup>+0,05</sup>
4-й ремонтный	Р4	87,00 <sup>+0,14</sup>	60,8 <sup>+0,10</sup>	46,8 <sup>+0,05</sup>

Таблица 95. Режим упрочнения галтелей шатунных шеек обкаткой

Показатели	Коленчатый вал двигателя		
	ГАЗ-51	ЗИЛ-164	ЗИЛ-130
Частота вращения коленчатого вала, об/мин	50 . . . 60	45 . . . 55	40 . . . 50
Усилие давления роликов на галтель, Н/м <sup>2</sup>	5000 . . . 5500	7000 . . . 7500	8000 . . . 8500
Машинное время обработки одной шейки, мин	0,1 . . . 0,15	0,1 . . . 0,15	0,12 . . . 0,18
Радиус закругления роликов, мм	2 . . . 2,1	2,3 . . . 2,6	1,5 . . . 1,7
Смазывающая жидкость	Индустриальное масло		
Предшествующая обработка	Шлифование		
Уменьшение диаметра галтели после упрочнения, мм	0,1 . . . 0,15	0,1 . . . 0,15	0,1 . . . 0,15
Класс шероховатости поверхности после обработки	8 . . . 9	8 . . . 9	8 . . . 9

Показатели	Коленчатый вал двигателя		
	ГАЗ-51	ЗИЛ-164	ЗИЛ-130
Частота вращения коленчатого вала, об/мин	35 . . . 40	33 . . . 40	
Усиление давления роликов на галтель, Н/м <sup>2</sup>	8000 . . . 8500	8000 . . . 8500	
Машинное время обработки одной шейки, мин	0,15 . . . 0,20	0,15 . . . 0,20	
Радиус закругления роликов, мм	5 . . . 6	5 . . . 6	
Смазывающая жидкость	Индустриальное масло		
Предшествующая обработка	Шлифование		
Уменьшение диаметра галтели после упрочнения, мм	0,1	0,1	
Класс шероховатости поверхности после обработки	8 . . .	8 . . . 9	

Примечание. При упрочнении ролики должны вращаться.

Режим, рекомендованный для упрочнения шатунных шеек коленчатых валов, приведен в таблице 95.

Ролики изготавливают из сталей Х12М, Х12Ф1, Х68Ф и термически обрабатывают до твердости HRC 61...63. Разновидностью упрочнения роликами является упрочнение с нагревом упрочняемой поверхности. Упрочняемую поверхность перед накатыванием нагревают (электроконтактным, индукционным или газопламенным способами) до 350...500°С. Усилие накатывания при этом по сравнению с данными, приведенными в таблице 95, должно быть уменьшено примерно на 15%. Сочетание механических и тепловых режимов позволяет по сравнению с обычным накатыванием получить дополнительный прирост усталостной прочности вала на 5...20%.

При полировке давление полировальных хомутов на шейки коленчатого вала должно быть в пределах 100...120 Н/м<sup>2</sup>. В качестве полирующего материала применяют пасту ГОИ или алмазную пасту. Продолжительность полировки при частоте вращения коленчатого вала 150 об/мин находится в пределах 3...5 мин.

Для доводки шеек коленчатых валов в условиях крупносерийного и массового ремонтов вместо полирования применяют суперфиниширование. Суперфиниширование выполняют головкой, оснащенной абразивными брусками. Зернистость брусков выбирают 8—3 по ГОСТ 3647—59. Охлаждающая жидкость при суперфинишировании, кроме охлаждения, также смазывает обрабатываемую поверхность. Обычно применяют смесь керосина с маслом.

При шлифовании коленчатых валов под суперфиниширование оставляют припуск 0,005 мм.

Суперфиниширование выполняют при частоте вращения вала 61 об/мин и числе двойных ходов 200 в минуту.

170 Таблица 96. Размеры шеек автомобильных коленчатых валов, мм

Обозначение нормальных (заводских) и ремонтных размеров	ГАЗ-51, ГАЗ-53, ГАЗ-53Ф		ЗИЛ-130		ЗИЛ-150, ЗИЛ-164	
	двигатель ГАЗ-51		двигатель ЗИЛ-130		двигатель ЗИЛ-120	
	шатунные	коренные	шатунные	коренные	шатунные	коренные
Нормальный Н	51,5 <sub>-0,013</sub>	64,0 <sub>-0,013</sub>	65,5 <sub>-0,013</sub>	75,00 <sub>-0,013</sub>	62,0 <sub>-0,025</sub>	66 <sub>-0,025</sub>
Ремонтные:						
Р1	51,25 <sub>-0,02</sub>	63,75 <sub>-0,02</sub>	64,45 <sub>-0,013</sub>	74,70 <sub>-0,013</sub>	61,7 <sub>-0,02</sub>	65,7 <sub>-0,02</sub>
Р2	51,00 <sub>-0,02</sub>	63,50 <sub>-0,02</sub>	65,20 <sub>-0,013</sub>	74,95 <sub>-0,013</sub>	61,4 <sub>-0,02</sub>	65,4 <sub>-0,02</sub>
Р3	50,75 <sub>-0,02</sub>	63,25 <sub>-0,02</sub>	64,90 <sub>-0,013</sub>	74,70 <sub>-0,013</sub>	61,0 <sub>-0,02</sub>	65,0 <sub>-0,02</sub>
Р4	50,50 <sub>-0,02</sub>	63,00 <sub>-0,02</sub>	64,50 <sub>-0,013</sub>	74,00 <sub>-0,013</sub>	60,5 <sub>-0,02</sub>	64,5 <sub>-0,02</sub>
Р5	50,25 <sub>-0,02</sub>	62,75 <sub>-0,02</sub>	64,25 <sub>-0,013</sub>	74,75 <sub>-0,013</sub>	60,0 <sub>-0,02</sub>	64,0 <sub>-0,02</sub>
Р6	50,00 <sub>-0,02</sub>	62,50 <sub>-0,02</sub>	64,00 <sub>-0,013</sub>	73,50 <sub>-0,013</sub>		
Р7			63,50 <sub>-0,013</sub>	73,00 <sub>-0,013</sub>		

Таблица 97. Размеры шеек коленчатых валов автомобилей, тракторов и самоходных шасси, мм

	ГАЗ-53А, ГАЗ-53Б		К-700, К-701		Т-25, Т-16М	
	двигатель ГАЗ-53		двигатель ЯМЗ-238НБ		двигатель Д-21	
	шатунные	коренные	шатунные	коренные	шатунные	коренные
Нормальные						
1Н	60,0 $_{-0,013}$	70,0 $_{-0,013}$	85,0 $_{-0,015}$	105,0 $_{-0,015}$	65,25 $_{-0,06}$	70,25 $_{-0,065}$
2Н	59,95 $_{-0,013}$	69,95 $_{-0,013}$	84,75 $_{-0,015}$	—	65,00 $_{-0,06}$	70,00 $_{-0,065}$
Ремонтные:						
Р1	59,75 $_{-0,013}$	69,75 $_{-0,013}$	—	104,75 $_{-0,015}$	64,50 $_{-0,06}$	69,50 $_{-0,065}$
Р2	59,50 $_{-0,013}$	69,50 $_{-0,013}$	84,50 $_{-0,015}$	104,50 $_{-0,015}$	64,00 $_{-0,06}$	69,00 $_{-0,065}$
Р3	59,25 $_{-0,013}$	69,25 $_{-0,013}$	84,25 $_{-0,015}$	104,25 $_{-0,015}$	63,50 $_{-0,06}$	68,50 $_{-0,065}$
Р4	59,00 $_{-0,013}$	69,00 $_{-0,013}$	84,00 $_{-0,015}$	104,00 $_{-0,015}$	63,00 $_{-0,06}$	68,00 $_{-0,065}$
Р5	58,75 $_{-0,013}$	68,75 $_{-0,013}$	83,75 $_{-0,015}$	103,75 $_{-0,015}$		
Р6	58,50 $_{-0,013}$	68,50 $_{-0,013}$	83,50 $_{-0,015}$	103,50 $_{-0,015}$		

72  
Т а б л и ц а 98. Размеры шеек тракторных коленчатых валов, мм

Обозначение нормальных (заводских) и ремонтных размеров	ДТ-54А, ДТ-55А		МТЗ-5, МТЗ-5К, МТЗ-5М, МТЗ-5Л		Т-80В, МТЗ-50, МТЗ-50Л, МТЗ-52	
	двигатели Д-54А, Д-75		двигатели Д-36, Д-40, Д-40К, Д-40М, Д-48		двигатели Д-50, Д-50Л	
	шатунные	коренные	шатунные	коренные	шатунные	коренные
Нормальные:						
0	85 <sup>+0,17</sup> <sub>+0,15</sub>	85 <sup>+0,17</sup> <sub>+0,15</sub>	—	—	—	—
1Н	85 <sup>-0,08</sup> <sub>-0,10</sub>	85 <sup>-0,08</sup> <sub>-0,10</sub>	72,25 <sup>-0,075</sup> <sub>-0,095</sub>	85,25 <sup>-0,08</sup> <sub>-0,10</sub>	68,25 <sup>-0,075</sup> <sub>-0,090</sub>	75,25 <sup>-0,080</sup> <sub>-0,090</sub>
2Н	85 <sup>-0,33</sup> <sub>-0,35</sub>	85 <sup>-0,33</sup> <sub>-0,35</sub>	75,00 <sup>-0,075</sup> <sub>-0,095</sub>	85,00 <sup>-0,08</sup> <sub>-0,10</sub>	68,00 <sup>-0,075</sup> <sub>-0,090</sub>	75,00 <sup>-0,080</sup> <sub>-0,095</sub>
Ремонтные:						
P1	85 <sup>-0,83</sup> <sub>-0,85</sub>	85 <sup>-0,58</sup> <sub>-0,60</sub>	74,25 <sup>-0,075</sup> <sub>-0,095</sub>	84,5 <sup>-0,08</sup> <sub>-0,10</sub>	67,5 <sup>-0,075</sup> <sub>-0,090</sub>	74,5 <sup>-0,080</sup> <sub>-0,095</sub>
P2	84 <sup>-0,58</sup> <sub>-0,60</sub>	84 <sup>-0,08</sup> <sub>-0,10</sub>	73,50 <sup>-0,075</sup> <sub>-0,095</sub>	84,0 <sup>-0,08</sup> <sub>-0,10</sub>	67,0 <sup>-0,075</sup> <sub>-0,090</sub>	74,0 <sup>-0,080</sup> <sub>-0,095</sub>
P3	83 <sup>-0,33</sup> <sub>-0,35</sub>	84 <sup>-0,58</sup> <sub>-0,60</sub>	72,75 <sup>-0,075</sup> <sub>-0,095</sub>	83,5 <sup>-0,08</sup> <sub>-0,10</sub>	66,5 <sup>-0,075</sup> <sub>-0,090</sub>	73,65 <sup>-0,080</sup> <sub>-0,095</sub>
P4	82 <sup>-0,08</sup> <sub>-0,10</sub>	84 <sup>-0,80</sup> <sub>-0,10</sub>	72,00 <sup>-0,075</sup> <sub>-0,095</sub>	83,0 <sup>-0,08</sup> <sub>-0,10</sub>	66,0 <sup>-0,066</sup> <sub>-0,090</sub>	73,0 <sup>-0,080</sup> <sub>-0,095</sub>
P5			71,25 <sup>-0,075</sup> <sub>-0,095</sub>	82,5 <sup>-0,08</sup> <sub>-0,10</sub>		
P6			70,50 <sup>-0,075</sup> <sub>-0,095</sub>	82,0 <sup>-0,08</sup> <sub>-0,10</sub>		
P7			69,75 <sup>-0,075</sup> <sub>-0,095</sub>	81,5 <sup>-0,08</sup> <sub>-0,10</sub>		
P8			69,00 <sup>-0,075</sup> <sub>-0,095</sub>	81,0 <sup>-0,08</sup> <sub>-0,10</sub>		



Т а б л и ц а 99. Размеры шеек тракторных коленчатых валов, мм

Обозначения нормальных (зародских) и ремонтных размеров	КМЗ-6Л, МТЗ-52, МТЗ-50, Т-54В, МТЗ-82, МТЗ-80		Т-100 М		ДТ-75	
	двигатели Д-50, Д-240		двигатель Д-108		двигатель А-41М	
	шатунные	коренные	шатунные	коренные	шатунные	коренные
Нормальные:						
1Н <sub>1</sub>	68,25 $\pm$ 0,075 —0,090	75,25 $\pm$ 0,080 —0,090	95,25 $\pm$ 0,040 —0,075	95,25 $\pm$ 0,040 —0,075	88 $\pm$ 0,023	105,0 $\pm$ 0,023
2Н	68,00 $\pm$ 0,075 —0,090	75,0 $\pm$ 0,080 —0,095	92,00 $\pm$ 0,040 —0,075	95,00 $\pm$ 0,040 —0,075	—	—
Ремонтные:						
P1	67,50 $\pm$ 0,075 —0,090	74,5 $\pm$ 0,080 —0,095	91,25 $\pm$ 0,040 —0,075	94,5 $\pm$ 0,045 —0,075	87,75 $\pm$ 0,023	104,75 $\pm$ 0,023
P2	67,0 $\pm$ 0,075 —0,090	74,0 $\pm$ 0,080 —0,095	90,50 $\pm$ 0,040 —0,075	94,0 $\pm$ 0,040 —0,075	87,50 $\pm$ 0,023	104,50 $\pm$ 0,023
P3	66,5 $\pm$ 0,075 —0,090	73,5 $\pm$ 0,080 —0,095	89,75 $\pm$ 0,040 —0,075	93,5 $\pm$ 0,040 —0,075	87,25 $\pm$ 0,023	104,25 $\pm$ 0,023
P4			89,90 $\pm$ 0,040 —0,075	93,0 $\pm$ 0,040 —0,075	87,00 $\pm$ 0,023	104,00 $\pm$ 0,023
P5			88,25 $\pm$ 0,040 —0,075	92,5 $\pm$ 0,040 —0,075		
				92,0 $\pm$ 0,040 —0,075		

Таблица 100. Размеры шеек тракторных комбайновых коленчатых валов, мм

Обозначение нормальных (заводских) и ремонтных размеров	Т-40		Т-38, МТЗ-5ПЛ, МТЗ-5ЛС, МТЗ-5МС		Т-74, ДТ-75, СК-4	
	двигатель Д-37М		двигатели Д-48Л, Д-65Н		двигатели СМД-14, СМД-14А, СМД-15К, СМД-15КФ	
	шатунные	коренные	шатунные	коренные	шатунные	коренные
Нормальные:						
1Н	65,25 $\pm$ 0,06	70,25 $\pm$ 0,065	75,25 $\pm$ 0,075	85,25 $\pm$ 0,08	78,25 $\pm$ 0,095	88,25 $\pm$ 0,100
2Н	65,00 $\pm$ 0,06	70,00 $\pm$ 0,065	75,00 $\pm$ 0,075	85,00 $\pm$ 0,08	78,00 $\pm$ 0,095	88,00 $\pm$ 0,100
Ремонтные:						
P1	64,5 $\pm$ 0,06	69,5 $\pm$ 0,065	74,25 $\pm$ 0,075	84,50 $\pm$ 0,08	77,25 $\pm$ 0,095	87,50 $\pm$ 0,100
P2	64,0 $\pm$ 0,06	69,0 $\pm$ 0,065	73,50 $\pm$ 0,075	84,00 $\pm$ 0,08	76,50 $\pm$ 0,095	87,00 $\pm$ 0,100
P3	63,5 $\pm$ 0,06	68,5 $\pm$ 0,065	75,25 $\pm$ 0,075	83,50 $\pm$ 0,08	75,75 $\pm$ 0,095	86,50 $\pm$ 0,100
P4	63,0 $\pm$ 0,06	68,0 $\pm$ 0,065	72,00 $\pm$ 0,075	83,00 $\pm$ 0,08	75,00 $\pm$ 0,095	86,00 $\pm$ 0,100
P5			71,25 $\pm$ 0,075	82,50 $\pm$ 0,08		
P6			70,50 $\pm$ 0,075	82,00 $\pm$ 0,08		
P7			69,75 $\pm$ 0,075	81,50 $\pm$ 0,08		
P8			69,00 $\pm$ 0,075	81,00 $\pm$ 0,08		

Т а б л и ц а 101. Размеры шеек коленчатых валов тракторов и самоходных шасси, мм

Обозначение нормальных (заводских) и ремонтных размеров	Т-4, Т-4М		Т-150		Т-16	
	двигатель А-01М		двигатель СМД-80		двигатель Д-16	
	шатунные	коренные	шатунные	коренные	шатунные	коренные
Нормальные:						
1Н	105,0 $_{-0,015}$	85,0 $_{-0,015}$	85,25 $_{-0,015}$	92,25 $_{-0,015}$	60,25 $_{-0,065}^{+0,080}$	60,26 $_{-0,080}^{+0,065}$
2Н	—	—	85,00 $_{-0,015}$	92,00 $_{-0,015}$	60,00 $_{-0,080}^{+0,065}$	60,00 $_{-0,080}^{+0,065}$
Ремонтные:						
Р1	104,75 $_{-0,015}$	84,75 $_{-0,015}$	84,50 $_{-0,015}$	91,50 $_{-0,015}$	59,75 $_{-0,080}^{+0,065}$	59,75 $_{-0,080}^{+0,065}$
Д1	—	—	—	—	59,50 $_{-0,080}^{+0,065}$	59,50 $_{-0,080}^{+0,065}$
Р2	104,50 $_{-0,015}$	84,50 $_{-0,015}$	84,00 $_{-0,015}$	91,00 $_{-0,015}$	59,25 $_{-0,080}^{+0,065}$	59,25 $_{-0,080}^{+0,065}$
Д2	—	—	—	—	59,00 $_{-0,080}^{+0,065}$	59,00 $_{-0,080}^{+0,065}$
Р3	104,25 $_{-0,015}$	84,24 $_{-0,015}$	83,50 $_{-0,015}$	90,50 $_{-0,015}$	58,75 $_{-0,080}^{+0,065}$	58,75 $_{-0,080}^{+0,065}$
Р4	104,00 $_{-0,015}$	84,00 $_{-0,015}$	83,00 $_{-0,015}$	90,00 $_{-0,015}$		

Шероховатость поверхности при шлифовании — 7...8-й класс, при полировании и суперфинишировании — 9...10-й класс.

В таблицах 96...101 приведены нормальные и ремонтные размеры шеек коленчатых валов.

## Восстановление блоков цилиндров автотракторных двигателей

Основные дефекты блоков цилиндров, подлежащие устранению при капитальном ремонте, перечислены в таблице 102.

Т а б л и ц а 102. Основные дефекты блоков цилиндров

Дефект	Примерный процент повторяемости
Износ, несоосность, повреждение постелей коренных подшипников	50 . . . 80
Кавитационные раковины на нижнем посадочном пояске под гильзу цилиндра, смятие, деформация пояска	30 . . . 60
Разница в размерах гнезда под бурт гильзы цилиндра глубиной более 0,05 мм	30 . . . 50
Повреждение резьбовых отверстий, облом шпилек	20 . . . 30
Трещины, пробойны на блоке	5 . . . 15

Большинство блоков цилиндров изготовлено из серого чугуна СЧ18-36. При устранении дефектов горячей сваркой детали нагревают до 600...700°С в муфельных нагревательных печах. Затем в специальных термосах устраняют трещины, сколы и подобные дефекты. Дефекты устраняют дуговой или газовой сваркой, применяя в качестве присадочного материала чугунные прутки марки А того же химического состава, что и блок цилиндров.

При сварке применяют специальный флюс ФСЧ-1. Можно также в качестве флюса применять техническую буру или 50%-ную смесь углекислых калия и натрия.

Охлаждать детали ниже 500°С не допускается.

После устранения дефекта деталь вновь загружают в печь и вместе с печью охлаждают со скоростью 50...100°С в час. Таким образом деталь нормализуется, снимаются внутренние напряжения.

Основные недостатки способа горячей сварки блоков цилиндров — большая трудоемкость и тяжелые условия труда сварщика.

При холодной дуговой сварке применяют либо специальные приемы сварки (например, метод наложения отжигающих валиков), либо специальные сварочные материалы.

Целесообразнее применять самозащитную проволоку ПАНЧ-11, позволяющую высококачественно ремонтировать трещины, пробойны, сколы и другие дефекты чугунных блоков цилиндров.

Трещины в перемычке между цилиндрами заваривают, предварительно разделив ее с двух сторон по всей высоте. Сварку ведут участками с охлаждением предыдущего участка до 30...50°С. Вылет электрода должен составлять 15...20 мм, скорость подачи проволоки

около 0,5 м/мин. Сварку ведут проволокой диаметром 1...1,2 мм при силе тока 80...130 А и напряжении дуги 16...18 В.

Хорошие результаты при заварке трещин, в перемычках между цилиндрами, дает полуавтоматическая сварка в среде аргона «А» проволокой МНЖКТ-5-1-02-02 диаметром 1...1,2 мм на постоянном токе 80...120 А обратной полярности и при напряжении 20...25 В с последующей проковкой. Скорость подачи проволоки 7...11 м/мин, расход аргона 6...9 л/мин.

Сварку ведут при помощи полуавтоматов А-547У, А-825М, ПДГ-301 или с применением установки типа УДГ.

Чтобы получить сварное соединение высокого качества, при холодной сварке применяют также специальные электроды. Наиболее распространенный среди такого рода электродов МНЧ-2, изготовленные из монель-металла (70% никеля и 26% меди; остальное — железо и марганец) и медно-железные электроды ОЗЧ-2.

Чтобы получить наплавленный слой с требуемыми качествами и сэкономить дорогостоящие материалы, применяют комбинированную сварку электродами различных марок. Так, например, первый слой на кромках наносят проволокой ПАНЧ-11, электродами МНЧ-2 или ОЗЧ-2, а последующие слои — стальными электродами ЦЧ-3А, ЦЧ-4, УОНИ-13/45 или первый слой — электродами ПНЧ-2, а второй — электродами ОЗЧ-2. Такие сочетания дают возможность получить наплавленный слой с заданной твердостью.

При заварке трещин вышеперечисленными электродами применяют следующую силу сварочного тока (для диаметра 4 мм): для электродов ЦЧ-3 А, ЦЧ-4-90—120 А, ОЗЧ-2—120...140 А; УОНИ-13/45—130...150 А; МНЧ-2—110...130 А.

Блоки цилиндров можно ремонтировать пайко-сваркой латунными припоями ЛОК 59-1-03 (ГОСТ 16130—70) и ЛОМНА 49-1-10-02 (ТУЦМО 03-93—67) ЛК.62-05 с применением специальных поверхностно-активных флюсов ФПСН-1 и ФПСН-2 и флюсов ФНЧ-1, ФСЧ-2, МАФ-1, ЗП-19, АНП-2, АН-ШТ-1, АН-ШТ-2, № 209 и № 284.

Трещины в боках, изготовленных из алюминиевых сплавов, заваривают на установках УДГ-300-1 алюминиевой проволокой ЗСВ-АК5 (ГОСТ 7871—63). Сварку выполняют при силе тока 160...180 А и напряжении дуги 20...22 В. Возможна заделка трещин фигурными стяжными вставками.

Постели под вкладыши восстанавливают холодной и горячей (дуговой и газовой) наплавкой и полимерами, отвержденными в магнитном поле. Перед наплавкой изношенные постели растачивают на 0,3...0,4 мм. Чаще всего применяют газовую наплавку латуной Л63.

Наплавка латуни на поверхность детали без ее подогрева может привести к образованию трещин, поэтому поверхность вблизи изношенной постели подогревают до 500...700° С.

Кавитационные раковины глубиной до 1,5 мм на нижних посадочных поясах в гнезде под гильзу цилиндра, а также обмятие и деформацию нижнего посадочного пояса, превышающую допустимый без ремонта размер, устраняют путем расточки на нижнем посадочном пояске второй канавки, выше или ниже первоначальной, под стандартное резиновое уплотнительное кольцо.

Ремонт торцевой поверхности гнезда под бурт гильзы, имеющей разницу по глубине при четырех промерах более 0,05 мм, выполняют на станке 2Н55 с помощью самоустанавливающейся по оси от-

версия зенковки с регулируемым кольцевым упором. Припуск на обработку выбирают обычно 0,2 мм. При сборке на обработанный торец устанавливают металлическое кольцо.

Резьбы восстанавливают спиральными вставками. Особенно эффективно применение спиральных вставок при восстановлении резьбы на алюминиевых блоках цилиндров.

## Ремонт трещин в корпусных деталях фигурными вставками

Способ ремонта трещин фигурными вставками состоит из следующих операций: очистки и мойки корпусных деталей; дефектации корпусных деталей; подготовки паза под фигурную вставку; установки фигурной вставки в паз; зачистки отремонтированного участка; контроля качества ремонта.

Трещины в корпусных деталях ремонтируют двумя видами фигурных вставок: стягивающими (рис. 70) и уплотняющими (рис. 71).

Ремонт трещин стягивающими фигурными вставками начинают с разделки фигурного паза, для чего по кондуктору перпендикулярно трещине сверлят шесть отверстий (по три с каждой ее стороны) диаметром 3,5 мм с шагом 4,2 мм на глубину 10 мм и удаляют перемычки между просверленными отверстиями специальным пробойником с рабочей гранью в виде пластины толщиной 1,8 мм, шириной 22 мм и высотой не менее 10 мм (рис. 72). Ширина перемычки паза должна быть равна 1,8 мм.

В подготовленный паз запрессовывают фигурную вставку и расклепывают ее.

Далее отремонтированный участок зачищают пневматической шлифовальной машиной ИП 2008А.

Ремонт трещин в корпусных деталях уплотняющими фигурными вставками начинают с подготовки фигурного паза в такой последовательности. Отступив от конца трещины в сторону ее продолжения на 4...5 мм, просверливают отверстие диаметром 4,6 мм на глубину 3,5 мм, устанавливают фиксатор специального кондуктора в просверленное отверстие и сверлят в сторону расположения трещины следующее отверстие диаметром 4,6 мм на глубину 3,5 мм. Затем переставляют фиксатор кондуктора во вновь просверленное отверстие и сверлят следующее отверстие того же размера (рис. 73).

Через каждые пять отверстий сверлят поперек трещины с обеих сторон по два отверстия согласно схеме (рис. 74).

Перед установкой фигурных вставок в паз (рис. 75) их торцовые и боковые поверхности смазывают эпоксидным компаундом и затем расклепывают.

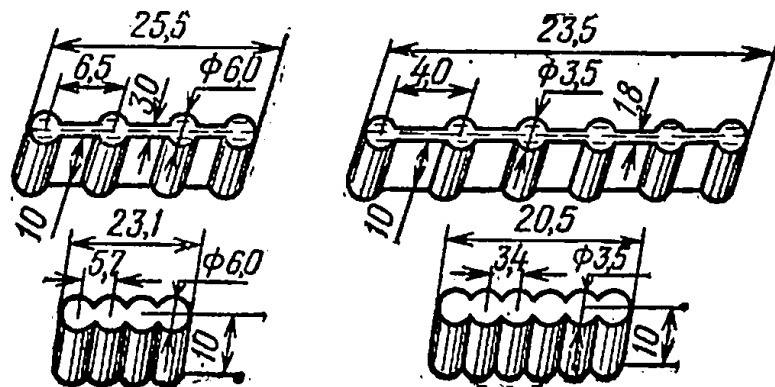


Рис. 70. Стягивающие фигурные вставки (материал: сталь 20, Ст.3).

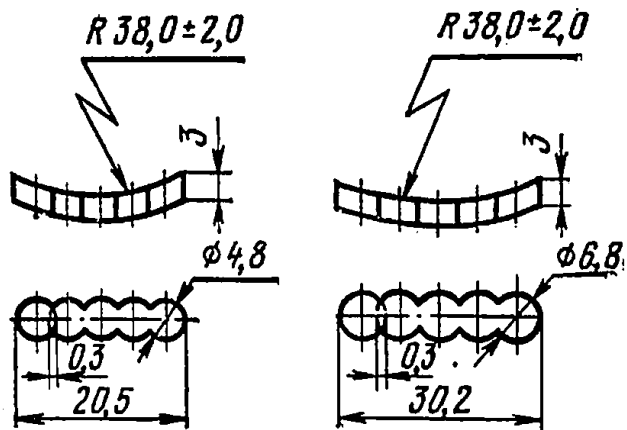


Рис. 71. Уплотняющие фигурные вставки (материал: сталь 20, Ст.3).

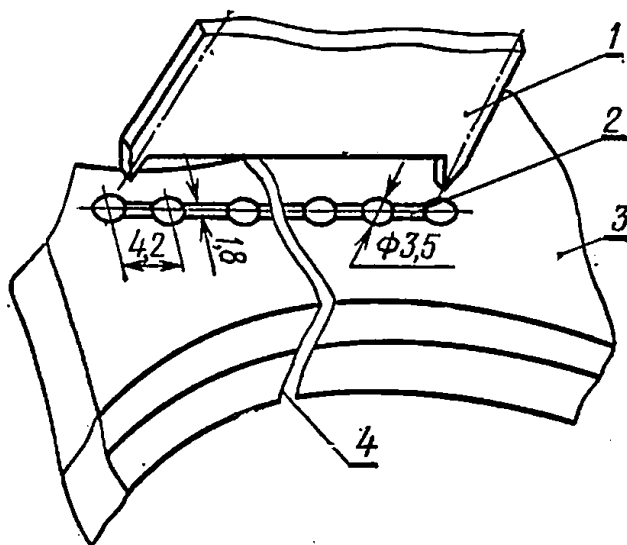


Рис. 72. Удаление перемычек при изготовлении фигурного паза:

1 — рабочая грань пробойника; 2 — фигурный паз; 3 — деталь; 4 — трещина.

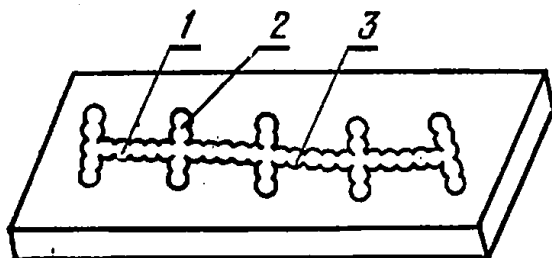


Рис. 74. Схема расположения отверстий по трещине:

1 — трещина; 2 — поперечные отверстия; 3 — продольные отверстия.

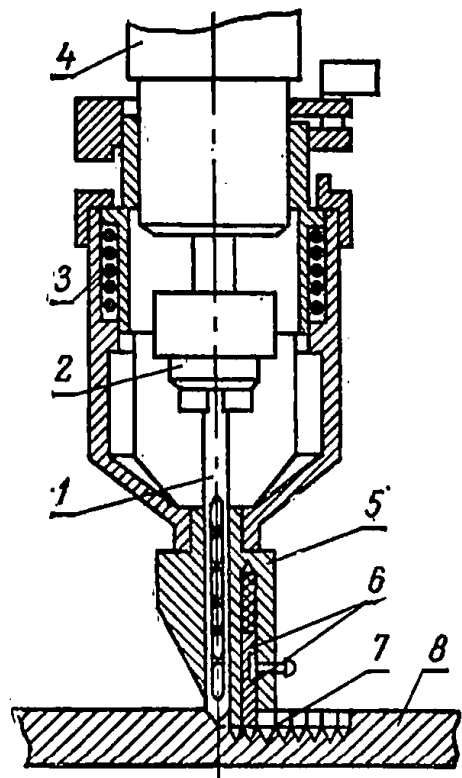


Рис. 73. Сверление отверстий по кондуктору:

1 — сверло; 2 — патрон; 3 — приспособление для сверления; 4 — шпиндель сверлильной машины; 5 — кондуктор; 6 — фиксаторы; 7 — ряд просверленных отверстий; 8 — деталь.

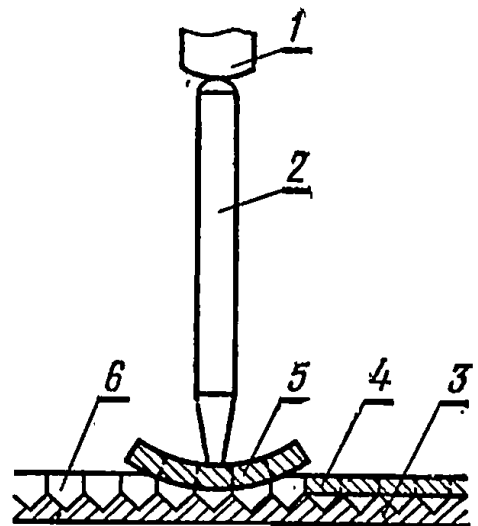


Рис. 75. Установка фигурной вставки в паз на тонкостенной детали:

1 — молоток; 2 — бородок; 3 — деталь; 4 — установленная вставка; 5 — устанавливаемая вставка; 6 — ряд просверленных отверстий.

## Восстановление привалочной плоскости силуминовой головки цилиндров плазменным способом

Анализ характерных дефектов окончательно выбракованных силуминовых головок цилиндров двигателя показал, что более 50% падает на коррозию и коробление привалочной плоскости. Перспективным способом восстановления привалочных плоскостей силуминовых головок цилиндров является плазменная металлизация. Ее особые теплофизические свойства — высокая температура, скорость напыления, нейтральная среда в комплексе с широким диапазоном выбора композиционных материалов — создают благоприятные условия смачиваемости напыляемых частиц и увеличивают адгезию.

В качестве напыляемого материала при металлизации силуминовых деталей целесообразно применять порошок, состоящий из 40...48% железа, остальное алюминий; при этом составе твердость и прочность покрытия при сжатии превосходят твердость и прочность силумина. Толщина металлизационного покрытия  $h$  оказывает определенное влияние на прочность сцепления с основным металлом. В интервале толщин покрытия от 0,5 до 2,5 мм прочность сцепления более  $80 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup>, что позволяет восстанавливать головки цилиндров до необходимой высоты с последующим фрезерованием без скалывания слоя.

Зависимость прочности сцепления  $\sigma_{сц}$  от расстояния напыления  $L$  и расхода плазмообразующего газа  $Q_r$  представлена на рисунке 76.

Технологический процесс восстановления привалочной плоскости головки цилиндров включает предварительную обработку поверхности под металлизацию, заключающейся в снятии верхнего загрязненного и корродированного слоя металла и одновременно создания шероховатости 1 или 2-го класса фрезерованием и последующей плазменной металлизации сталеалюминиевого порошка.

Основные оптимальные параметры процесса плазменной металлизации: сила тока 280 А, напряжение 80 В; расстояние напыления 90 мм; расход плазмообразующего газа (азота)  $120 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/с.

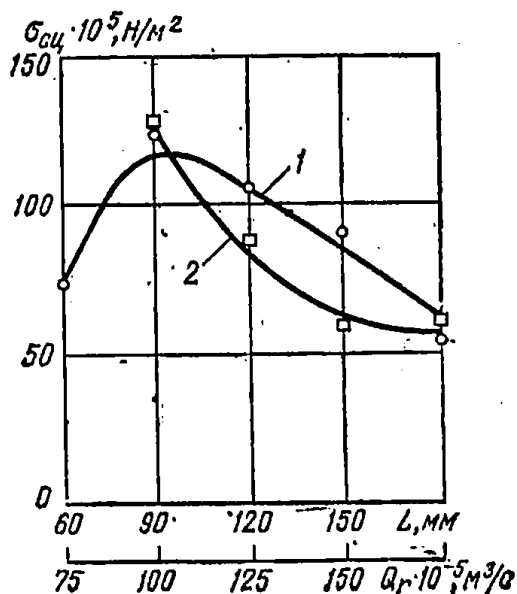


Рис. 76. Зависимость прочности сцепления от расстояния напыления и расхода плазмообразующего газа:

1 — от расстояния (при  $Q_r = 120 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/с); 2 — от расхода газа (при  $L = 90$  мм). Режим напыления:  $I = 280$  А,  $U = 90$  В,  $t_{пр} = 200^\circ$  С.



## Восстановление посадочных мест под подшипники в корпусных деталях

Сущность способа заключается в том, что на изношенную поверхность посадочного места наносят слой эпоксидного компаунда, который формируется под номинальный размер путем протягивания стальной шлифованной оправки. При этом исключается необходимость в механической обработке посадочного места до и после формовки полимерного покрытия.

В качестве полимерного связующего при выборе материала для восстановления изношенных поверхностей берут эпоксидную смолу ЭД-6.

Наивысшую адгезионную прочность ( $27 \text{ МН/м}^2$ ), прочность при сжатии ( $13 \text{ МН/м}^2$ ) и твердость ( $10,7 \text{ МН/м}^2$ ) имеют компаунды, пластифицируемые олигоамидом Л-19, наполненные 120 массовыми частями железного порошка и 60 частями цемента.

Максимальная величина адгезионной прочности достигается при содержании 30 частей олигоамида (рис. 77), что обусловлено взаимодействием свободных эпоксидных групп с поверхностью металла.

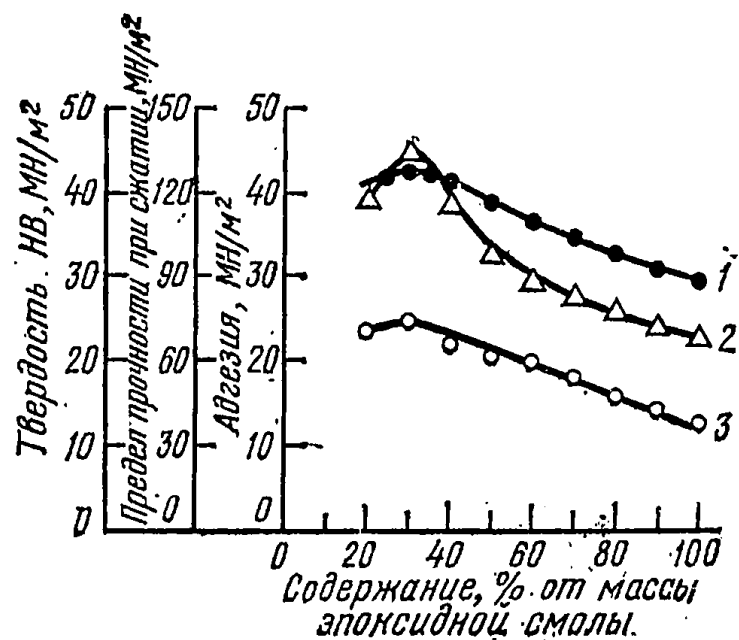
Адгезионная прочность зависит от температуры и времени полимеризации компаундов. Резкое структурирование с увеличением адгезионной прочности до максимального значения происходит при  $150^\circ \text{C}$  и выдержке 1 ч.

Наилучшей адгезией к чугунной поверхности обладает вышеприведенный эпоксидный компаунд при ступенчатом режиме термической обработки: нагрев до  $50^\circ \text{C}$  и выдержка в течение 30 мин; нагрев до  $100^\circ \text{C}$  и выдержка в течение 1 ч; нагрев до  $150^\circ \text{C}$  и выдержка в течение 1 ч; медленное охлаждение вместе с сушильным шкафом.

Технология восстановления посадочных мест состоит из следующих операций: обезжиривание поверхности; приготовление эпоксидного компаунда; нанесение компаунда на восстанавливаемую поверхность; формовка посадочного места специальной оправкой; термообработка.

Способ разработан Украинским филиалом ГОСНИТИ.

Рис. 77. Изменение адгезии (1), прочности при сжатии (2) и твердости (3) в зависимости от содержания олигоамида Л-19.



## Восстановление головок блоков цилиндров тракторных двигателей

В таблице 103 приведены результаты анализа ремонтного фонда головок блоков цилиндров тракторных двигателей.

**Т а б л и ц а 103. Результаты анализа ремонтного фонда**

Дефект	Возможный коэффициент повторяемо- сти дефекта, %
Износ и ослабление посадки направляющих втулок клапана	0,1
Выгорание вставок камеры сгорания	0,1
Коробление и коррозия привалочной поверхности к блоку цилиндров	0,1
Износ клапанных гнезд до величины утопания нового клапана не выше предельного размера	0,1
Износ или выгорание клапанных гнезд свыше предельного размера	0,3
Трещины на участках, не находящихся в камере сгорания	0,3
Трещины вблизи отверстий под шпильки крепления или штанги толкателей, на фасках клапанных гнезд, в перемычках между клапанными гнездами и отверстиями под вставку камеры сгорания	0,3
Пробоины в камере сгорания	0,05

Перед восстановлением головок блока цилиндров их нужно вымыть, очистить и дефектовать.

При дефектации для обнаружения трещин проводят визуальный осмотр и испытания головок на гидравлическую плотность на стенде КИ-4806 или ОР-6605-02 под давлением 4 МПа/м<sup>2</sup> в течение 3 мин. После этого проверяют состояние клапанных гнезд, измеряя износ специальными шаблонами.

Неплоскостность привалочной поверхности контролируют поверочной линейкой ШП-630-50-10 и щупом (набор № 3). Если неплоскостность больше допустимой величины, а высота головки находится в допустимых пределах (уменьшена не более, 1,5% нормальной высоты), то допускается шлифование привалочной поверхности. Направляющие втулки клапанов выпрессовывают на гидравлическом прессе 2136-1М. После разборки и выпрессовки направляющих втулок клапанов головку направляют на восстановление.

При величине износа клапанных гнезд, не превышающей предельно допустимую, восстановление их работоспособности сводится к образованию необходимого угла фаски. Перед обработкой фаски клапанного гнезда изношенную направляющую втулку стержня клапана заменяют новой и обрабатывают ее разверткой. Обработанное отверстие используют в качестве технологической базы при зенковании фаски клапанного гнезда.

При износе клапанных гнезд больше допустимого применяют запрессовку специальных седел из жаропрочного сплава ЭП-616 на хромо-никелевой основе.

Отверстия под седла обрабатывают специальным зенкером (рис. 78).

Седла предварительно охлаждают в углекислоте ( $-79^{\circ}\text{C}$ ) или жидком азоте ( $-196^{\circ}\text{C}$ ), а затем запрессовывают при помощи оправки.

В результате неоднократной обработки привалочной плоскости головок блоков цилиндров нижняя стенка головки становится тонкой. Для этой группы деталей восстановление клапанных гнезд запрессовкой седел недостаточно надежно. Их следует восстанавливать газовой наплавкой. Головку нагревают до  $600\ldots 650^{\circ}\text{C}$ . Процесс сварки происходит при нагреве детали не ниже  $500^{\circ}\text{C}$ . Для нагрева целесообразно применять камерную электрическую печь Н-60, в которой одновременно можно нагревать 4 или 5 головок.

Сварку выполняют ацетиленокислородной горелкой «Москва» ГС-53 или «Москва» ГС-3А, используя наконечник № 4 или 5.

В качестве присадочного материала применяют чугунные прутки марки А ГОСТ 2671—70 (состав:  $3\ldots 3,6\%$  С;  $3\ldots 3,5$  Si;  $0,5\ldots 0,8$  Mn;  $0,5\ldots 0,8\%$  Р;  $0,08\%$  S;  $0,05\%$  Cr;  $0,3\%$  Ni). Диаметр прутка  $8\ldots 12$  мм. В качестве флюса применяют мелко толченную прокаленную буру или ее 50%-ную смесь с просушенной кальцинированной содой. Хорошие результаты дает также применение флюсов ФСЧ-1, АНП-1 и АНП-2.

Механическую обработку головки после наплавки клапанных гнезд проводят зенкованием. Головки блоков цилиндров, имеющие пробоины в камере сгорания, трещины, проходящие через отверстие под направляющую втулку, трещины размером свыше 2 мм около отверстия под шпильки крепления, или штанги толкателей выбраковывают.

Остальные трещины в головке восстанавливают сваркой.

Трещины, расположенные на необработанной поверхности головки и не проходящие через сопрягающиеся поверхности, заваривают без предварительного подогрева головки током обратной полярности электродами ЦЧ-4 или электродами из проволоки Св-08 с меловой обмазкой.

Хорошие результаты получаются при заварке трещин самозащитной проволокой ПАНЧ-11.

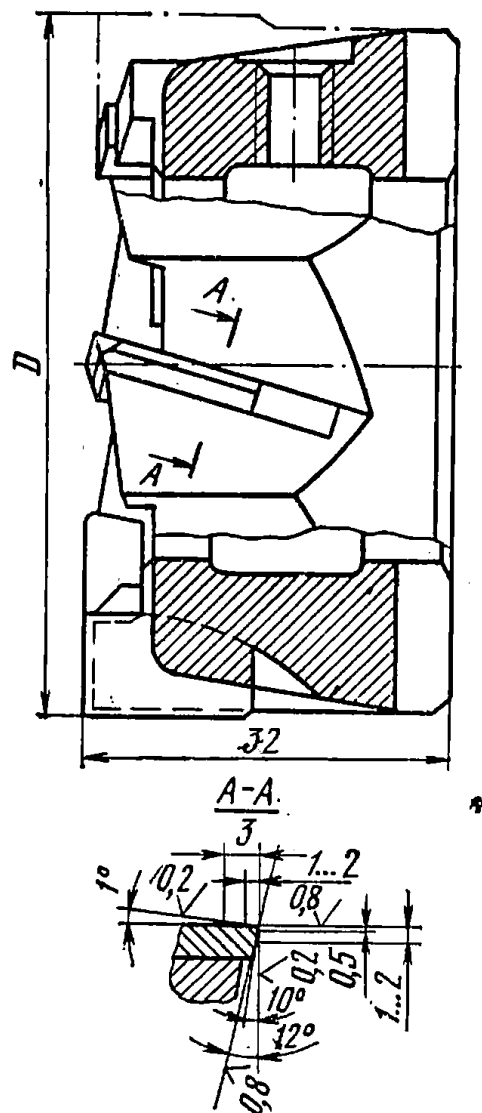


Рис. 78. Зенкер для обработки отверстия под седло клапана.

Для сварки проволокой ПАНЧ-11 рекомендуются полуавтоматы А-825М, ПДПГ-500-1, ПДГ-301 и ПДГ-302 в комплекте с соответствующими выпрямителями.

Трещины головки заваривают проволокой диаметром 1...1,2 мм без предварительного подогрева детали открытой дугой на постоянном токе прямой полярности; вылет электрода 15...20 мм.

Рекомендуемые режимы сварки:

сила сварочного тока, А . . . . .	80 . . . 130
напряжение дуги, В . . . . .	14 . . . 18
скорость подачи проволоки, м/ч . . . . .	110 . . . 120
скорость сварки, м/ч . . . . .	4 . . . 5

Металл шва обладает высокими механическими свойствами: предел прочности на разрыв до 550 МН/м<sup>2</sup>; предел текучести до 350 МН/м<sup>2</sup>, удлинение до 20%, твердость 160...180 НВ.

Трещины, проходящие через отверстия под шпильками крепления головки к блоку цилиндров или под штанги толкателя, устраняют после окончания сварочных работ рассверлением отверстия и развертыванием его до соответствующего размера с последующей запрессовкой втулки на эпоксидном компаунде.

Трещины в перемычках между клапанными гнездами и гнездами под камеру сгорания восстанавливают металлическими фигурными вставками.

После заделки трещин головку устанавливают на гидравлический стенд и проверяют на герметичность под давлением 0,4 МН/м<sup>2</sup> в течение 3 мин. Отремонтированная трещина не должна давать течи.

Резьбовые отверстия восстанавливают установкой резьбовых спиральных вставок.

## **Восстановление маховиков тракторных двигателей**

Для восстановления отверстий под установочные штифты и болты крепления обрабатывают изношенные поверхности отверстий до ремонтных размеров, заменяют часть детали путем установки стального фланца и устанавливают ремонтные штифты. Для восстановления отверстий целесообразно установить чугунные пробки в предварительно подготовленные для них отверстия с последующей их приваркой.

Разделку кромок проводят путем проточки прямых выточек по концам пробки (рис. 79). В качестве сварочного материала применяют проволоку ПАНЧ-11 диаметром 1,2 мм. Сварку выполняют полуавтоматом ПДПГ-500. В качестве источника питания используют сварочный выпрямитель ВС-300.

Сварку начинают у перемычки (см. рис. 79) и ведут короткими участками в три-четыре приема при напряжении 18...20 В и силе тока 90...100 А.

Для снижения внутренних растягивающих напряжений, возникающих в шве после его охлаждения, его проковывают.

После обварки выступающие сварочные швы обрабатывают резцом, оснащенным пластинкой из твердого сплава ВК8. Режим обработки: скорость резания 20 м/мин; подача 0,2 мм/об; глубина ре-

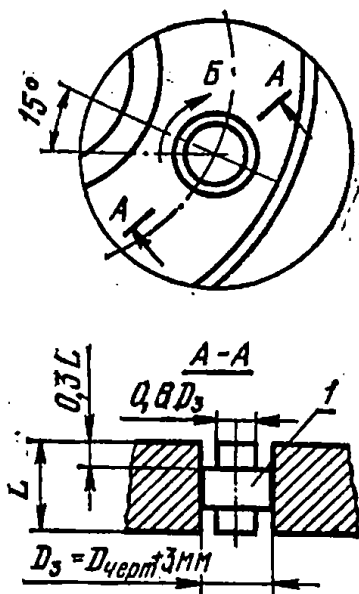


Рис. 79. Схема установки и обварки пробок:

1 — пробка; Б — начало и направление сварки.

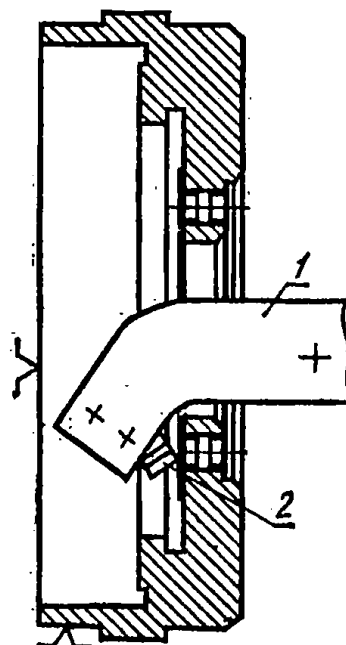


Рис. 80. Схема обработки выступающих сварочных швов со стороны закрытого торца:

1 — державка; 2 — резец.

зания 1 мм. Закрытый торец обрабатывают специальным резцом (рис. 80).

Последующую обработку отверстий в пробках проводят на радиально-сверлильном станке 2Н53. Чистовую обработку отверстий под установочные штифты проводят разверткой. В рассверленных резьбовых отверстиях нарезают резьбу.

Поверхности отверстий под подшипник и фланец коленчатого вала и посадочной поверхности под венец восстанавливают двумя способами: установкой втулки, если это позволяет конструкция детали, и лужением наружного кольца подшипника.

Посадочные поверхности под венец восстанавливают способом газотермического порошкового напыления. При этом применяют два вида порошков: порошкообразный алюминид никеля — для нанесения подслоя и порошок на никелевой основе ПГ-ХН80СРЗ — для нанесения основного слоя. Грануляция порошков 50...100 мкм.

Аналогично наносят покрытия на поверхности под подшипник и фланец коленчатого вала. Под слой порошка алюминид никеля наносят на подготовленную поверхность аппаратом ПГН-1. Перед нанесением подслоя восстанавливаемую поверхность подогревают до 100...150°С, чтобы создать необходимые температурные условия микроприварки в момент соприкосновения летящих в пламени частиц порошка с напыляемой поверхностью. Толщина подслоя должна быть 0,1...0,15 мм. Основной слой следует наносить в два-три приема с паузами, необходимыми для охлаждения покрытия.

Режим напыления: расход кислорода 25 л/мин, расход ацетилена 25 л/мин, расход порошка 100 г/мин, дистанция напыления 180...200 мм.

Последующую обработку поверхностей отверстий под подшипник и фланец проводят шлифованием.

Неисправные резьбовые отверстия в маховиках ремонтируют установкой резьбовых спиральных вставок. Технология восстановления маховиков разработана ГОСНИТИ.

### Восстановление и повышение износостойкости гильз цилиндров индукционной центробежной наплавкой

Суть технологии заключается в том, что присадочный износостойкий сплав вводят в виде порошка, смешанного с флюсом, в проточку вращающейся вокруг горизонтальной оси гильзы и затем нагревают совместно с ней. Расплавление нанесенной шихты происходит за счет теплопередачи от основного металла гильзы (рис. 81).

Учитывая высокую твердость, износостойкость, антифрикционные свойства сплава ПГ-ХН80СР4, адгезионную способность, коэффициент трения, средняя величина которого равна:  $\mu_{\text{тр}}$  чугун — ПГ-ХН80СР4—0,045, а также низкую температуру плавления ( $1037^{\circ}\text{C}$ ), рекомендуется применять данный сплав для наплавки тракторных гильз. Оптимальным при этом является наплавочный флюс следующего состава: азотнокислый висмут (неосновной) — 10%, бура ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) — 45%, борный ангидрид ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) — 45%.

Частота вращения восстанавливаемых гильз двигателей Д-50 и СМД-14 в пределах 750...950 об/мин. Температура нагрева, измеряемая по наружной поверхности цилиндра в зоне наплавки, рекомендуется в пределах  $1040\ldots1050^{\circ}\text{C}$ .

Микроструктура слоя состоит из твердого раствора на основе никеля, сложной эвтектики и избыточных карбидов и боридов хрома. Твердость наплавленного слоя HRC 55...58.

При упрочнении гильз возникают остаточные напряжения, максимальная величина которых у наплавленного пояса равна:

$(50\ldots60) \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$  — наружные слои чугунной гильзы;

$(40\ldots60) \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$  — рабочая поверхность слоя сплава.

Снизить напряжения можно путем высокотемпературного отпуска. Лучшие результаты дает отпуск на следующем режиме: нагрев детали до  $550^{\circ}\text{C}$ , выдержка в течение 4 ч, медленное охлаждение. При этом внутренние напряжения гильзы уменьшаются в среднем в 4,7 раза.

Эксплуатационные испытания наплавленных гильз двигателя Д-50 показали, что износостойкость упрочненных деталей в 1,8...

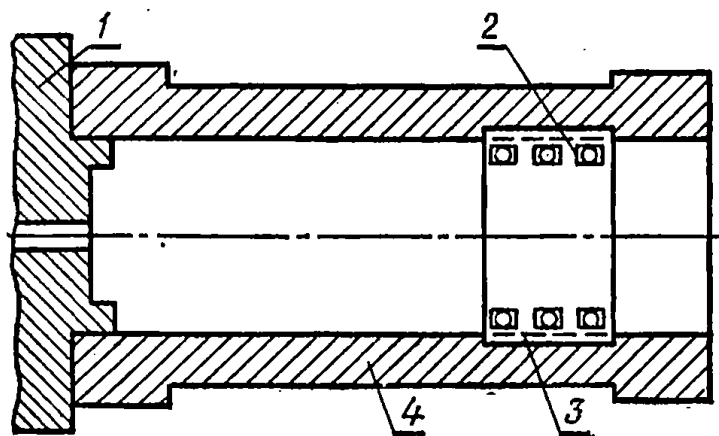


Рис. 81. Схема индукционной центробежной наплавки гильз цилиндров:

1 — кулачки вращателя;  
2 — индуктор; 3 — шихта;  
4 — восстанавливаемая гильза.

...2,5 раза выше по сравнению с серийными. Износостойкость поршневых колец возросла в 1,5...2,2 раза. Технология разработана в Белорусском политехническом институте.

### **Восстановление внутренних поверхностей гильз цилиндров проточным хромированием**

Технологический процесс восстановления гильз цилиндров авто-тракторных двигателей проточным хромированием в холодном саморегулирующемся электролите включает следующие операции.

1. Промывка и дефектовка гильз.
2. Механическая обработка (расточка, хонингование, механическое нанесение углублений, окончательное хонингование до параметра шероховатости  $R_a=0,08...0,32$  мкм).
3. Обезжиривание деталей в органическом растворителе с последующей промывкой в горячей и холодной воде.
4. Обезжиривание внутренней поверхности гильз венской известью и повторная промывка гильз в холодной проточной воде.
5. Химическое травление гильз в 5%-ном растворе плавиковой кислоты в течение 3...4 мин с последующей тщательной промывкой деталей в горячей и холодной воде.
6. Монтаж гильз в анодное приспособление установки хромирования.
7. Декапирование гильз в рабочем электролите хромирования при анодной плотности тока  $4...5$  кА/м<sup>2</sup> в течение 45,с.
8. Хромирование гильз цилиндров в электролите следующего состава, кг/м<sup>3</sup>: хромовый ангидрид — 400; углекислый кальций — 65; сернокислый кобальт — 20. Режим электролиза: катодная плотность тока  $8...12$  кА/м<sup>2</sup>, температура электролита  $18...25^\circ\text{C}$ , межэлектродное расстояние  $15...20$  мм, скорость электролита  $1...1,2$  м/с.
9. Демонтаж гильз и промывка в горячей и холодной воде.
10. Обезводораживание гильз в сушильном шкафу при температуре  $150...200^\circ\text{C}$  в течение  $1...1,5$  ч.
11. Механическая обработка. Рекомендуются способ хромирования позволяет наносить слой хрома высокой равномерности (конусность хромированных гильз не превышает  $0,02$  мм). Поэтому в качестве механической обработки гильз после хромирования требуется лишь хонингование для получения шероховатости поверхности с параметром  $R_a=0,08...0,32$  мкм.
12. Контроль и сортировка гильз по размерным группам.
13. Консервация гильз смазкой УН ГОСТ 782—53.

Все узлы, коммуникации, запорная арматура установки изготовлены из титана марки ВТУ-0 (ГОСТ 19807—74), что позволяет поддерживать чистоту электролита. В качестве источника тока используют выпрямитель ВАКГ 12/6-1600.

В установке (рис. 82) используют холодный саморегулирующийся электролит следующего состава, кг/м<sup>3</sup>:  $\text{CrO}_3$ —400,  $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ —20,  $\text{CaCO}_3$ —65.

Конструкция анода, обеспечивающего получение равномерных осадков хрома по высоте детали, представлена на рисунке 83. Электролит под определенным давлением подается в межэлектродное пространство через распределенные по высоте сверления в трубках анода. Под действием избыточного давления отработанный элект-

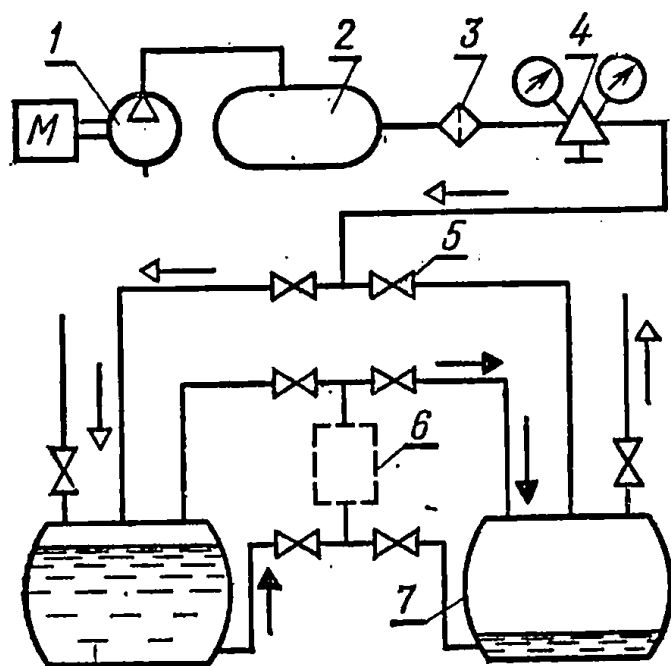


Рис. 82. Схема установки для проточного хромирования деталей:

1 — компрессор; 2 — ресивер нагнетания; 3 — фильтр воздушный; 4 — редуктор давления; 5 — вентиль с электромагнитными приводами; 6 — электролитическая ячейка; 7 — емкость для электролита.

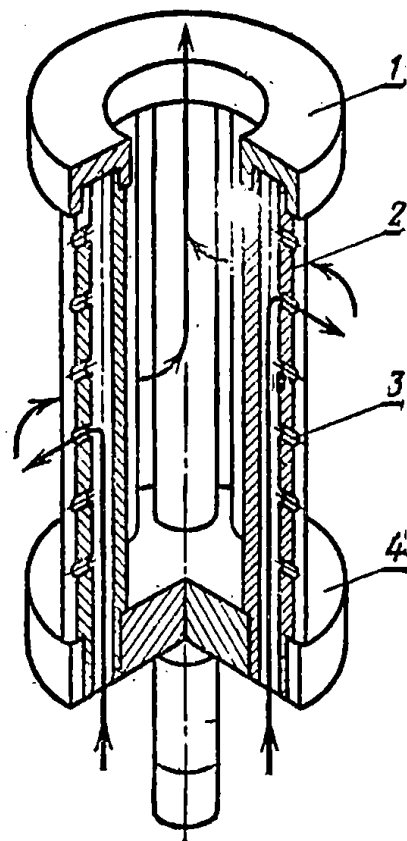


Рис. 83. Схема анода для проточного хромирования внутренних поверхностей деталей:

1 — центрирующее кольцо; 2 — токоведущие трубки; 3 — радиальные каналы для подвода электролита; 4 — опорный диск.

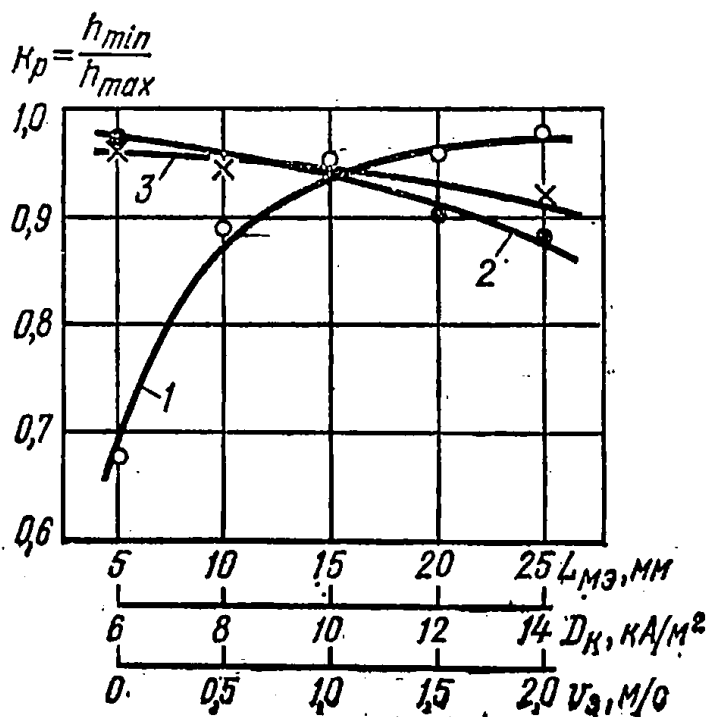


Рис. 84. Зависимость равномерности осадков хрома по окружности цилиндра от межэлектродного расстояния (1), катодной плотности тока (2) и скорости движения электролита (3). Условия электролиза:

$D_K = 8 \text{ кА/м}^2$ ;  $T = 18^\circ \text{С}$ ;  $L_{M\Theta} = 0,015 \text{ м}$ ;  $v_\Theta = 1,2 \text{ м/с}$ .



ролит совместно с газообразными продуктами реакций удаляется из зоны электролиза через щели между трубками во внутреннюю полость анода, где дальнейшее его движение снизу вверх не влияет на процесс электролиза.

Аноды отливают из трехкомпонентного сплава — свинец, олово, сурьма (85, 10 и 5% соответственно). Различные анодокатодные расстояния от 5 до 30 мм достигаются путем изменения диаметров анодов. Скорость анодных струй электролита изменяется от 0 до 2 м/с.

Наиболее равномерные осадки хрома осаждаются при использовании анода с наклонным к радиальному направлению расположением отверстий (табл. 104). В этом случае под воздействием струй электролита создается вращательное его движение в межэлектродном пространстве, что способствует более энергичному перемешиванию электролита и получению равномерных осадков. Влияние режимов электролиза на равномерность хромовых покрытий по окружности цилиндра представлено на рисунке 84.

Т а б л и ц а 104. Влияние межэлектродного расстояния на равномерность осадков хрома по окружности цилиндра для различных конструкций анодов

Тип анода	Межэлектродное расстояние, мм				
	5	10	15	20	25
Трубчатый с радиальным подводом электролита	0,68	0,88	0,95	0,97	0,98
Цилиндрический с радиальным подводом электролита	0,76	0,90	0,96	0,98	0,98
Трубчатый с наклонным расположением отверстий	0,85	0,91	0,96	0,98	0,99

С повышением плотности тока  $D_k$  при проточном хромировании от 6 до 16 кА/м<sup>2</sup> скорость осаждения хрома  $\mu$  увеличивается со 125 до 350 мкм/ч (рис. 85). С увеличением температуры электролита скорость осаждения хрома снижается. Такую зависимость можно объяснить тем, что в условиях повышенных температур нарушается соотношение между  $\text{CrO}_3$  и посторонними анионами.

Наиболее гладкие осадки хрома высокой равномерности получаются при следующих режимах электролиза:  $D_k = 10...14$  кА/м<sup>2</sup>;  $T = 18...20^\circ \text{C}$ ;  $L_{ма} = 15...20$  мм;  $v_a = 1...1,2$  м/с. При этих режимах хромирования скорость осаждения составляет 180...335 мкм/ч, а выход хрома по току 39...48%.

При проточном хромировании в холодном саморегулирующем электролите микротвердость хромовых покрытий выше микротвердости осадков, полученных в стационарных условиях, на 20...25% и достигает (в зависимости от условий электролиза) 8000...9300 МН/м<sup>2</sup>. С повышением плотности тока микротвердость осадков хрома увеличивается от 7200 МН/м<sup>2</sup> при  $D_k = 6$  кА/м<sup>2</sup> до 8700 МН/м<sup>2</sup> при  $D_k = 16$  кА/м<sup>2</sup>. С увеличением температуры электролита от 15 до 30°С микротвердость покрытий резко снижается (от 9200 до 8000 МН/м<sup>2</sup>), дальнейшее увеличение температуры до 40°С уменьшает микротвердость до 7000 МН/м<sup>2</sup>.

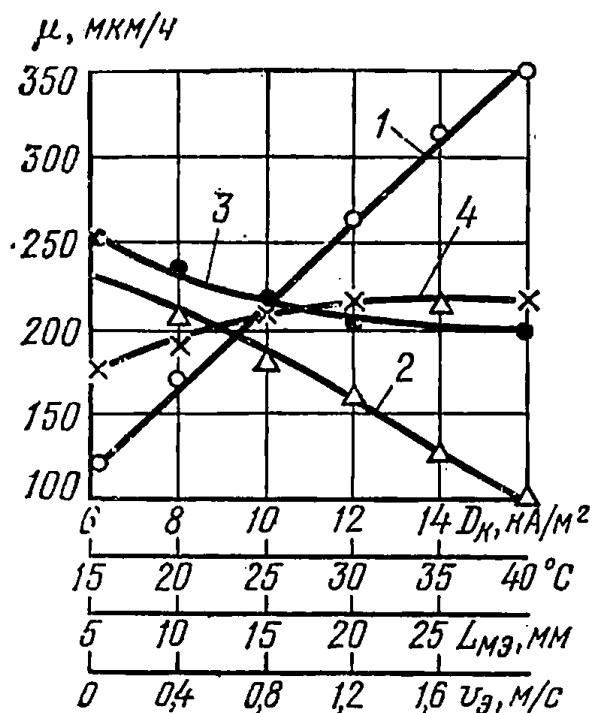


Рис. 85. Зависимость скорости осаждения хрома от катодной плотности тока (1), температуры электролита (2), межэлектродного расстояния (3) и скорости движения электролита (4). Условия электролиза:

$D_K = 10$  кА/м²,  $T = 18^\circ \text{C}$ ,  $L_{МЭ} = 0,015$  м,  $v_э = 1,2$  м/с.

Предварительное травление восстанавливаемых деталей из серого чугуна в растворе плавиковой кислоты повышает прочность сцепления хрома с основным металлом. Максимальная прочность сцепления хрома с чугуном ( $210 \text{ Н/м}^2$ ) достигается при травлении в 5%-ном растворе плавиковой кислоты в течение 3...4 мин с последующей крацовкой металлической щеткой. Условия анодной обработки, при которых обеспечивается высокое сцепление хрома с чугуном, следующие: анодная плотность тока 4...5 кА/м², продолжительность декапирования 45 с.

Режимы электролиза для осаждения осадков с максимальной износостойкостью восстановленных поверхностей деталей: плотность тока 10...12 кА/м², температура электролита 18...25° С, скорость движения электролита 1,2 м/с.

Технологический процесс разработан Отраслевой научно-исследовательской лабораторией при Кишиневском сельскохозяйственном институте им. М. В. Фрунзе.

## Восстановление фасок клапанов плазменной наплавкой

Схема установки для плазменной наплавки клапанов, разработанная ВСХИЗО, представлена на рисунке 86. Клапан 7 устанавливают на медную форму 8, которая крепится к цилиндру 21, охлаждаемому водой, подаваемой через штуцер 13 и отводимой через штуцер 12. Горелку устанавливают на расстоянии 8...10 мм от фаски клапана.

В качестве источника тока можно применять преобразователи типа ПСО-500, ПСУ-500, ПСО-300, а также выпрямители, имеющие напряжение холостого хода не ниже 60 В.

Электрическая схема позволяет перераспределять энергию между дежурной и прямой дугой при помощи балластных реостатов. Наплавка осуществляется за счет тепла прямой дуги, а дежурная служит главным образом для ее возбуждения.

Выпускные клапаны двигателя наплавляют при следующем режиме:

ток дежурной дуги, А . . . . .	80	
ток прямой дуги, А . . . . .	100	110
напряжение, В . . . . .	25	30
расход плазмообразующего газа (аргон), л/мин . . . . .	1,5	
расход защитного газа (аргон). л/мин . . . . .	5	6
частота вращения, об/мин . . . . .	4,5	5
время наплавки, с . . . . .	12	13
расстояние от горелки до фаски клапана, мм . . . . .	8	11
ширина слоя, мм . . . . .	5	6
высота слоя, мм . . . . .	2	2,2
расход порошка, г/мин . . . . .	24	28

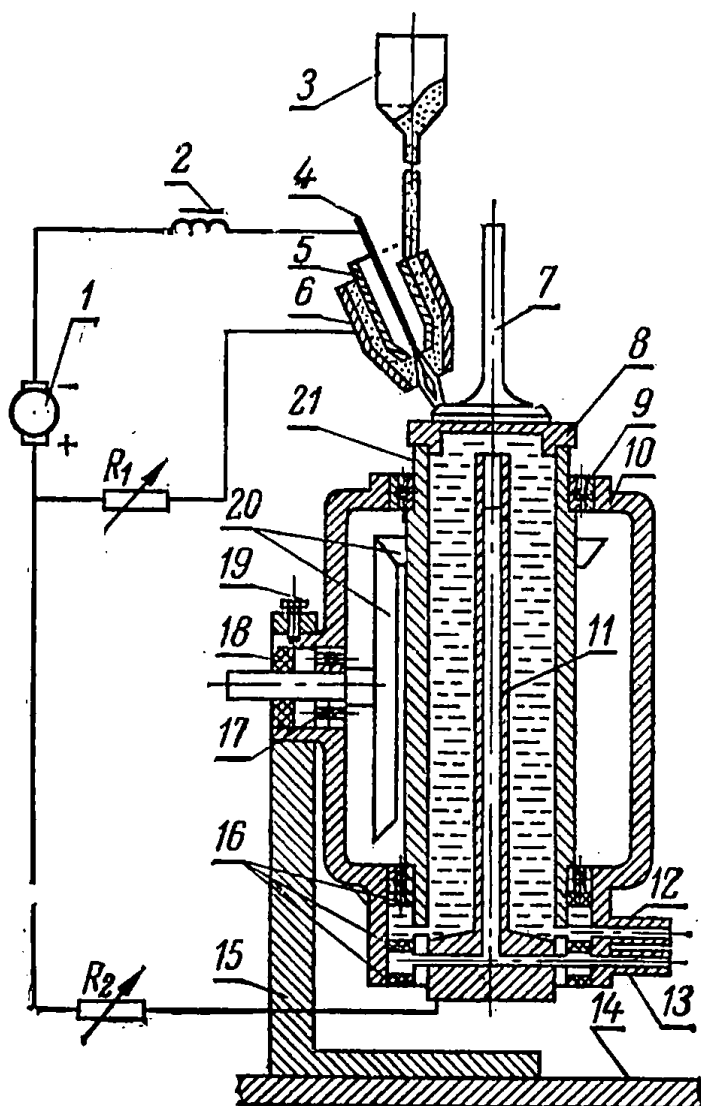
В качестве наплавочного материала используют хромоникелевые сплавы СНГН-60 и ПГ-ХН80СРЗ.

При оптимальных режимах можно наплавлять фаски клапанов без подгорания кромок с производительностью  $W$  порядка 35...36 см<sup>2</sup>/мин и коэффициентом наплавки  $K_n$ , равным 16...18 г/А·ч.

Для восстановления фасок клапанов плазменной наплавкой используют станок ОКС-11231 ГОСНИТИ, разработанный Малоярославским филиалом ГОСНИТИ и ЦОКТБ.

Рис. 86. Схема установки для плазменной наплавки клапанов:

1 — источник питания; 2 — дроссель; 3 — порошковый питатель; 4 — вольфрамовый электрод; 5 — внутреннее сопло; 6 — защитное сопло; 7 — клапан; 8 — медная форма; 9 — подшипники; 10 — корпус установки; 11 — водоподводящая трубка; 12 — штуцер; 13 — штуцер; 14 — основание; 15 — стойка; 16 — сальник; 17 — подшипник; 18 — предсальник; 19 — стопорный винт; 20 — конические шестерни; 21 — цилиндр.



## Восстановление фасок клапанов автотракторных двигателей роторным напылением

Сущность роторного напыления фасок клапанов заключается в следующем. Вращающееся пламя многосопловой горелки (рис. 87) равномерно разогревает напыляемую поверхность до  $500^{\circ}\text{C}$ . Затем с увеличением частоты вращения горелки под действием центробежной силы из аксиально расположенного бункера в пламя подается порошок ПГ-ХН80СРЗ, который наносится на разогретую поверхность. После нанесения необходимой дозы порошка частота вращения горелки снижается, подача порошка прекращается и происходит оплавление нанесенного покрытия.

Способ позволяет наносить покрытия на фаски клапанов любого типоразмера с коэффициентом использования порошка до 90%.

Технологический режим:

расход ацетилено-кислородной смеси, $\text{м}^3/\text{с}$ . . . . .	1
частота вращения пламени, об/мин . . . . .	20
частота вращения бункера, об/мин . . . . .	до 300
производительность, шт/ч, при двухпозиционной установке . . . . .	120

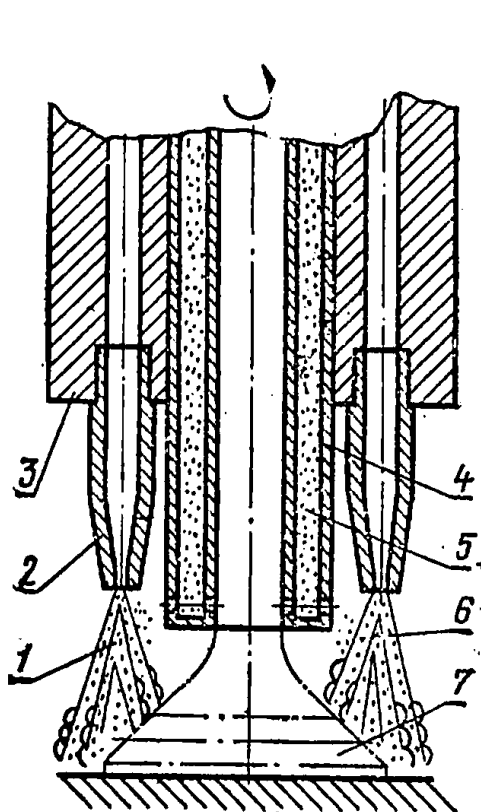


Рис. 87. Устройство роторной горелки:

1 — пламя горелки; 2 — газовое сопло; 3 — корпус горелки; 4 — бункер; 5 — сопло бункера; 6 — порошок, поступающий из бункера; 7 — восстанавливаемый клапан.

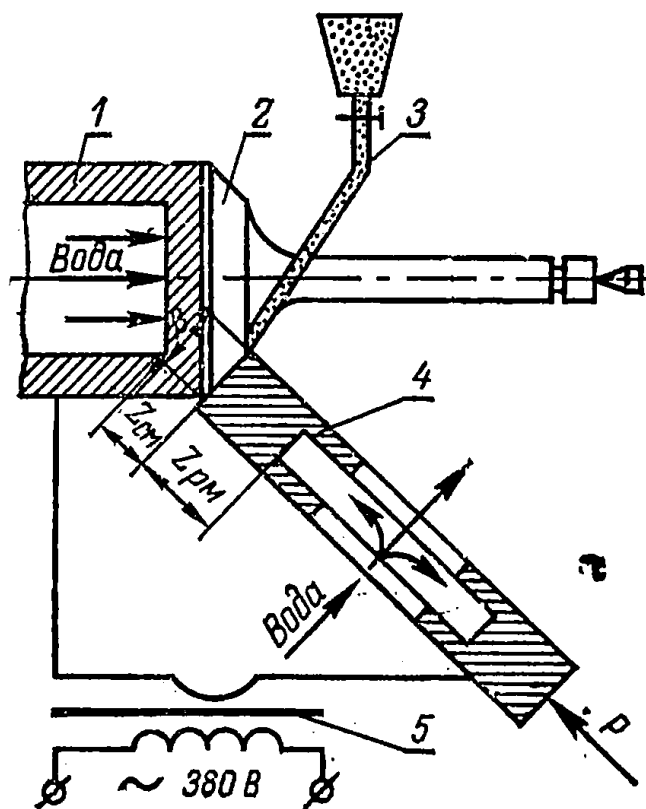


Рис. 88. Схема электроконтактного напыления порошка с одним цилиндрическим роликом:

1 — медная оправка; 2 — деталь-клапан; 3 — дозатор порошка; 4 — медный ролик; 5 — трансформатор силовой.

Способ роторного наполнения фасок клапанов разработан ГОСНИТИ.

### Восстановление фасок клапанов электроконтактным напеканием металлических порошков

Сущность способа заключается в спекании и припекании к поверхности детали слоя металлического порошка под давлением формирующего ролика и температуры от проходящего по слою порошка электрического тока большой плотности ( $3000...5000 \text{ А/см}^2$ ). Схема ЭКН клапанов приведена на рисунке 88.

Качество восстановления фасок клапанов определяется прочностью сцепления напеченного слоя с основой.

Большое влияние на прочность сцепления оказывают скорость вращения клапана, напряжение холостого хода трансформатора, усилие на ролик, время напекания и пауза.

Подачу тока в зону напекания целесообразно осуществлять импульсно.

От длительности импульса зависит диаметр точки, от длительности перерывов и скорости напекания — расстояние между ними.

Для напекания применяют высоколегированный порошок марки ПХ20Н80-1 следующего химического состава:  $\text{Cr}=21,86\%$ ,  $\text{Ni}=78,6\%$ ,  $\text{Fe}=0,1\%$ ,  $\text{Ti}=0,06\%$ ,  $\text{C}=0,04\%$ ,  $\text{Si}=0,04\%$ ,  $\text{Mn}=0,01\%$ ,  $\text{S}=0,005\%$ ,  $\text{Ca}=0,015\%$ .

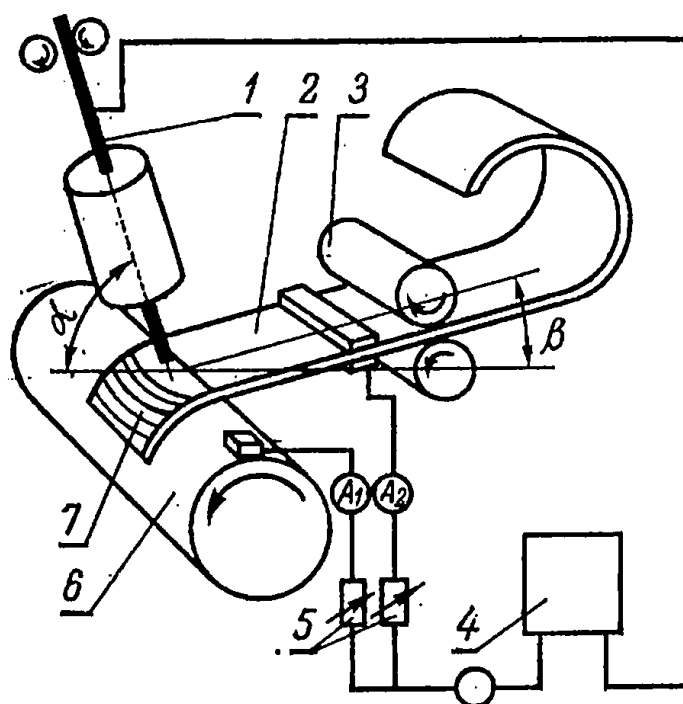
Оптимальный режим процесса: скорость напекания  $v=0,003 \text{ м/с}$ , усилие на ролик  $P=700 \text{ Н}$ . Напряжение холостого хода трансформатора  $U_{\text{хх}}=3,1 \text{ В}$ , время напекания  $t_{\text{н}}=0,09 \text{ с}$ , время паузы  $t_{\text{п}}=0,13 \text{ с}$ .

Прочность сцепления припеченного слоя с металлом основы составляет  $250...450 \text{ МН/м}^2$ , микротвердость  $1200 \text{ МН/м}^2$ .

Способ разработан Челябинским институтом механизации и электрификации сельского хозяйства совместно с Азово-Черноморским институтом механизации сельского хозяйства.

Рис. 89. Схема наплавки металла проволочным электродом, колеблющимся по ширине присадочной ленты:

1 — плавящийся проволочный электрод; 2 — присадочная лента; 3 — подающий механизм; 4 — источник питания; 5 — резисторы; 6 — восстанавливаемая деталь; 7 — наплавленная поверхность.



## Восстановление опорных катков и роликов широкослойной наплавкой с применением дополнительного присадочного материала

Сущность способа (рис. 89) заключается в том, что для плавления присадочной ленты 2 используют плавящийся проволоочный электрод 1, совершающий колебания по ее ширине. Присадочная лента подается под углом  $\beta$  к поверхности восстанавливаемой детали. На участке вылета она подогревается током, проходящим между электродом и токоподводом. Сварочный ток от источника питания может быть разделен резистором 5 на два независимо регулируемых потока, один из которых пропускают через деталь, а второй — через ленту, что дает возможность регулировать скорость плавления присадочной ленты.

В качестве источника питания используют сварочный выпрямитель ВС-600.

Варианты сочетаний наплавочных материалов выбирают с учетом их химического состава. Этим условиям отвечают следующие сочетания:

1) электрод — порошковая проволока с внутренней защитой ПП-АН125 ГОСТ 5.1491—72, дополнительный присадочный материал — лента 65Г ГОСТ 2283—69 сечением 1,4×45 мм;

2) электрод — проволока ПП-АН125, дополнительный присадочный материал — лента 08 ГОСТ 503—71 сечением 2×40 мм;

**Т а б л и ц а 105. Режимы и условия наплавки опорных катков  
и роликов**

Параметры	Ролик* одно- бортный	Ролик* двубортный	Каток* опорный
Сила тока, А	440 . . . 460	540 . . . 560	520 . . . 550
Напряжение дуги, В	25 . . . 26	27 . . . 28	25 . . . 26
Сила тока в цепи «электро- лента», А	100 . . . 120	100 . . . 120	50 . . . 70
Вылет электрода, мм	25 . . . 28	25 . . . 28	28 . . . 30
Угол подачи ленты, град	18 . . . 20	18 . . . 20	18 . . . 20
Вылет ленты, мм	30	30	40 . . . 50
Угол подачи электрода, град	70	70	70
Частота колебаний электро- да, колеб/мин	28 . . . 30	28 . . . 30	28 . . . 30
Смещение электрода с зени- та, мм	5 . . . 7	5 . . . 7	5 . . . 7
Скорость подачи ленты, м/ч	8,2	10	9,5

\* Основной электрод ПП-ТН250  $\varnothing$  3 мм, присадочная лента ПЛ-АН101 сечением (4×20)×2.

\*\* Основной электрод ПП-АН125  $\varnothing$  3,2 мм, присадочная лента 65Г сечением (2×40)×2.

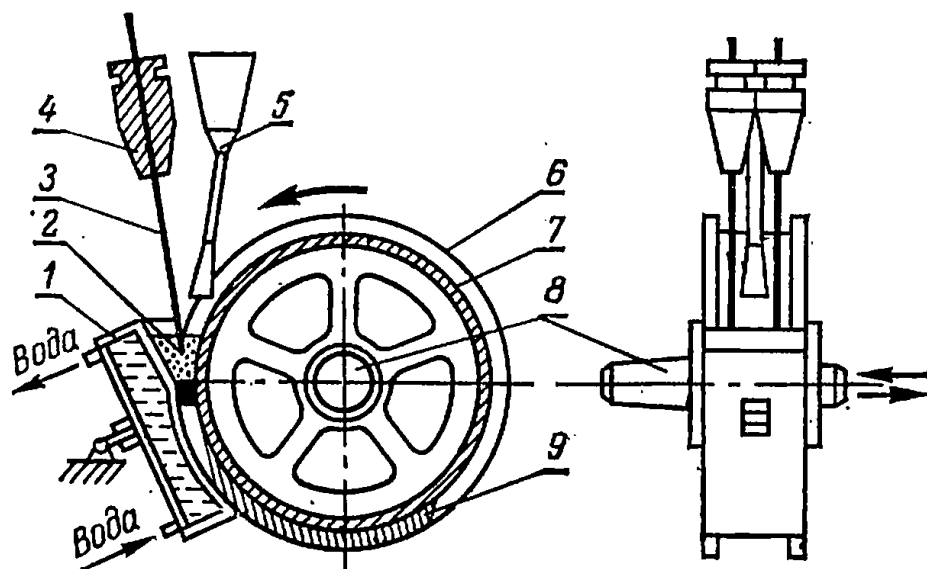


Рис. 90. Схема электрошлаковой наплавки опорных катков.

3) электрод — порошковая проволока с внутренней защитой ПП-ТН250 ЧМТУ 4-330—70, присадочная лента — ПЛ-АН101 ТУ ИЭС 34—70.

Режимы и условия наплавки опорных катков и роликов представлены в таблице 105.

Способ разработан Ленинградским сельскохозяйственным институтом.

### **Электрошлаковый способ восстановления опорных катков**

Электрошлаковая наплавка основана на использовании тепла, выделяющегося при прохождении электрического тока через расплавленный флюс от электрода к восстанавливаемой детали. Это тепло поддерживает флюс в жидком перегретом состоянии, а также расплавляет электродную проволоку и поверхность наплавляемых катков. Расплавленный металл формируется кристаллизатором в наплавочный слой обода катка. Схема наплавки обода опорного катка представлена на рисунке 90.

Процесс восстановления осуществляется следующим образом: опорный каток 7 устанавливается между габаритными дисками 6 на оправке 8. Габаритные диски изготовлены из меди и имеют размер нового катка. К дискам подводится и плотно прилегает форма 1, являющаяся кристаллизатором металла. Пространство, ограниченное ободом катка, габаритными дисками и формой, является наплавочной ванной, в которой происходит электрошлаковый процесс и по форме которой получается наплавочный слой 9.

Для начала электрошлакового процесса в наплавочную ванну 2 заливают расплавленный флюс-шлак, после чего включается подача электрода 3, открывается дозатор легирующих добавок 5 и включается привод катка. Токоподвод к электроду осуществляется через мундштук 4.

Соотношение наплавочного (электродного) и расплавленного (основного) металла в наплавочном слое характеризуется долей

участия основного металла в шве  $\gamma$  и выражается формулой

$$\gamma = \frac{F_o}{F_o + F_H}, \quad (50)$$

где  $F_o$  — площадь проплавленного основного металла;  
 $F_H$  — площадь наплавленного металла.

Глубина проплавления основного металла по ширине обода неравномерна. Эта неравномерность характеризуется коэффициентом полноты провара

$$\mu_{\text{пр}} = \frac{F_o}{br}, \quad (51)$$

где  $b$  — ширина наплавляемой детали;  $r$  — глубина проплавления.

Качество формирования электродного металла выражается коэффициентом полноты наплавленного слоя

$$\mu_H = \frac{F_H}{b\delta}, \quad (52)$$

где  $F_H$  — площадь зоны наплавки;  $\delta$  — высота наплавленного слоя.

На процесс наплавки и формирование электродного металла большое влияние оказывают скорость подачи электрода  $v$ , напряжение  $U$ , вылет электрода  $h_a$ , глубина шлаковой ванны  $h_{\text{шв}}$  и другие параметры (рис. 91).

Увеличение скорости подачи электрода более 178 м/ч приводит к снижению глубины проплавления.

Повышение напряжения на электрод от 28 до 48 В вызывает увеличение тепловложения в шлаковую ванну, возрастание температуры шлака, улучшение процесса формирования наплавленного слоя и увеличение глубины проплавления основного металла.

Изменение вылета электрода (в пределах 80...180 мм) существенно влияет на процесс ЭШН катка.

С увеличением вылета уменьшается площадь проплавления и доля основного металла в шве, несколько уменьшается и площадь наплавки.

С увеличением глубины шлаковой ванны уменьшается площадь проплавления. Наблюдается некоторое снижение площади зоны наплавки.

Рекомендуемый режим наплавки:

скорость подачи электрода, м/ч . . . . .	190 . . . 210
глубина шлаковой ванны, мм . . . . .	80
сухой вылет электрода, мм . . . . .	140 . . . 150
число электродов . . . . .	2
диаметр электродной проволоки, мм . . . . .	3
напряжение, В . . . . .	36 . . . 40
сила тока, А . . . . .	800 . . . 900
марка электродной проволоки . . . . .	Св-08
флюс . . . . .	АН-8, АН-348А
скорость подачи сормайта, г/мин . . . . .	50 . . . 85

При подготовке катка к наплавке на его обод с внутренней стороны наносят слой глинопесчаной смеси, который удерживается от выкрашивания стальным кольцом.



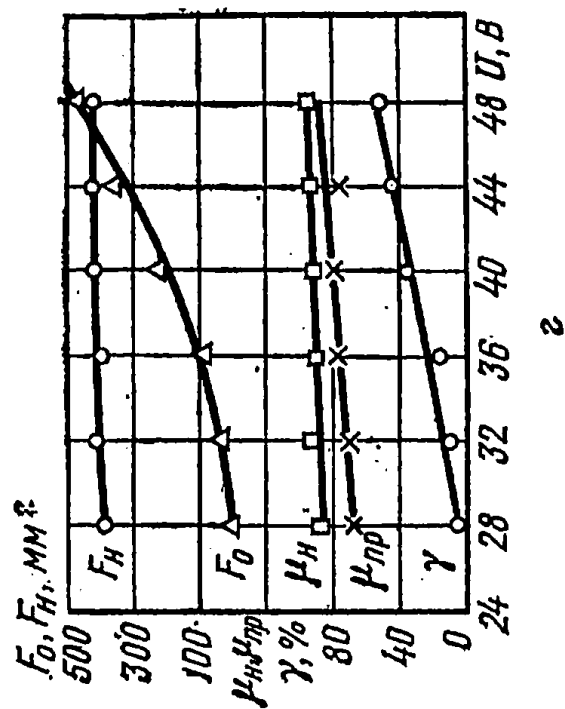
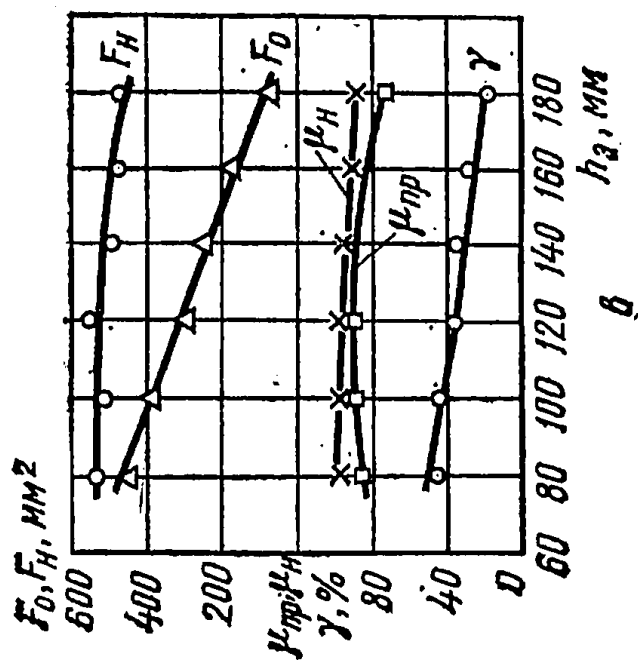
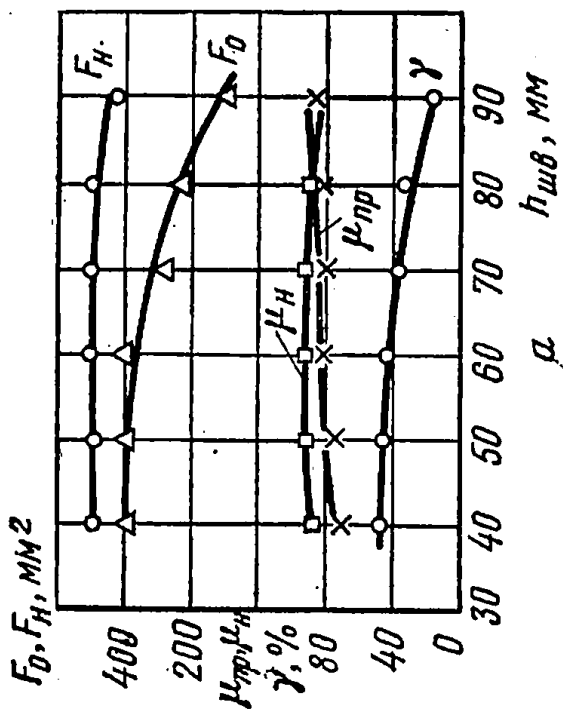
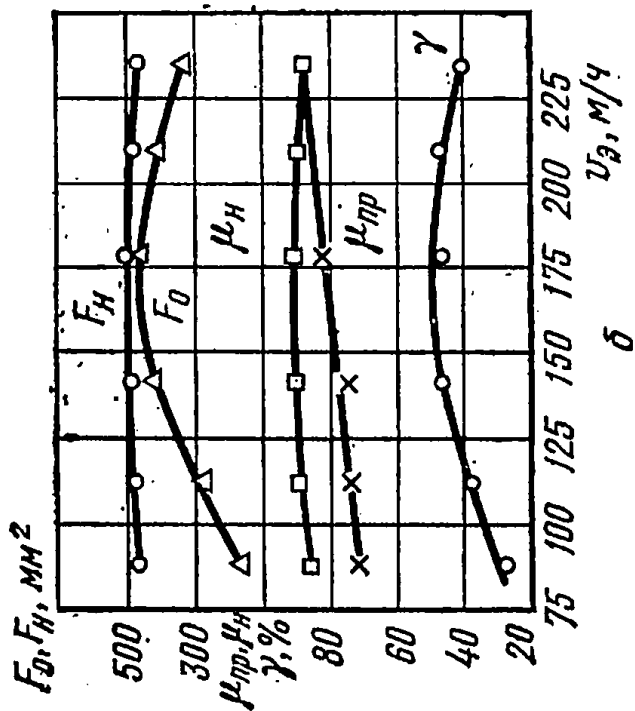


Рис. 91. Зависимость качества формирования наплавленного металла от:

а — глубины шлаковой ванны; б — скорости подачи электродной проволоки; в — вылета электрода; г — напряжения на электродах.

Способ разработан Малоярославецким филиалом ГОСНИТИ и ЦОКТЬ.

## Восстановление ведущих колес приваркой компенсационных элементов

Способ восстановления заключается в том, что изношенный венец ведущего колеса обрезают на автомате газокислородной резки АСШ-70, а на его место приваривают изготовленные компенсационные элементы, образующие новый венец.

Режимы машинной газокислородной резки:

скорость резки, м/ч . . . . .	20
расход кислорода, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	2 . . . . 3
расход пропана, м <sup>3</sup> /ч . . . . .	0,9
давление кислорода, Н/м <sup>2</sup> . . . . .	$5 \cdot 10^5$
давление пропана, Н/м <sup>2</sup> . . . . .	$0,7 \cdot 10^5$

Машина обеспечивает точность резки с отклонениями 0,3... 0,5 мм, чистоту реза  $\nabla 2$ .

Компенсационные элементы изготавливают из гибкой стальной полосы марки 45 (ГОСТ 1050—74) размером 18×45×230 мм или 10×45×230 мм в специальном штампе. Часть ведущих колес (до 20%), поступающих на восстановление, имеет износ обода венца менее 8 мм. Эти колеса восстанавливают приваркой элементов толщиной 10 мм, соответственно уменьшив величину срезаемого венца.

Ведущее колесо после обрезки собирают вместе с элементами в кондукторе-манипуляторе. Собранный изделие сваривают проволокой марки Св-08 (рис. 92) под слоем флюса АН-384А или ОСЦ-45, на флюсовой подушке током обратной полярности.

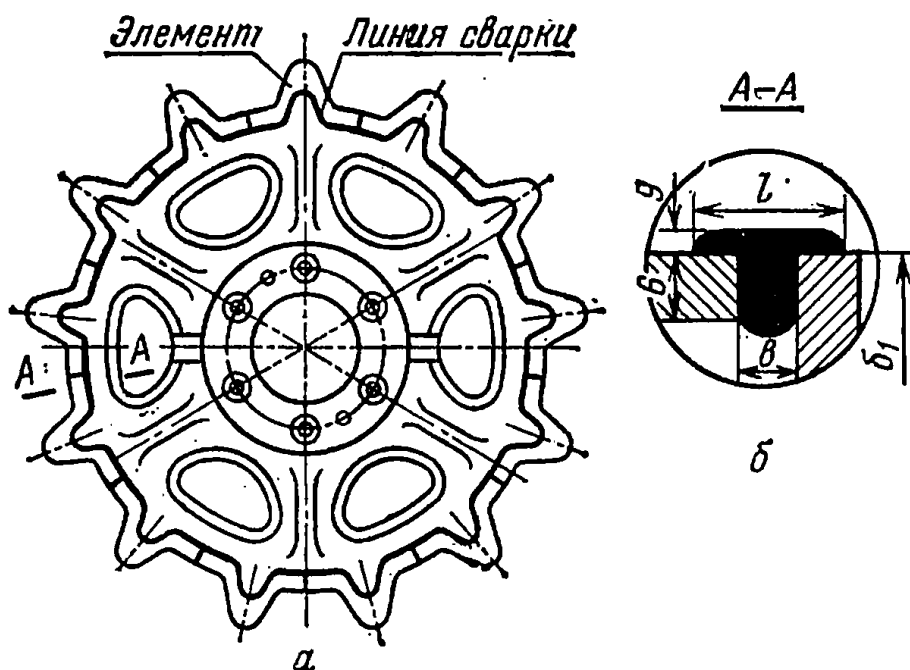


Рис. 92. Схема сварки венца ведущих колес:

*a* — конфигурация сварки; *б* — поперечное сечение сварного шва.

## Режимы автоматической сварки:

скорость сварки, м/ч . . . . .	27
сила сварочного тока, А . . . . .	400... 550
напряжение дуги, В . . . . .	35 . . . 40
диаметр электрода, мм . . . . .	3
число электродов . . . . .	1
скорость подачи электродной проволоки, м/мин . . . . .	5
расход флюса на одно изделие, кг . . . .	2

Отверстия под вал ведущего колеса восстанавливают наплавкой в среде  $\text{CO}_2$  на установке ОКС-11232 ГОСНИТИ.

Венец ведущего колеса закаливают на высокочастотной индукционной установке типа ИЗ-1-100/2.4.

Способ разработан Малоярославецким филиалом ГОСНИТИ и ЦОКТБ.

## Восстановление звеньев гусениц тракторов класса тяги 30 кН способом заливки жидким металлом

Сущность способа заключается в следующем. В стенках проушин звена со стороны наибольшего износа прожигают технологические отверстия диаметром 10...12 мм. Прожиг отверстий рекомендуется проводить воздушно-дуговым способом на постоянном токе прямой полярности величиной 150...200 А (на один электрод), напряжением 30...35 В. В качестве электродов применяют угли кинопроекторные КП 9-90 или КП 10-120 ГОСТ 8538—75. Скорость подачи электрода 0,12...0,24 м/мин, давление воздуха  $(2,9...3,9) \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup>. Расход сжатого воздуха 40 м<sup>3</sup>/ч. Расход углей 0,005 кг на одно звено (8 отверстий).

После прожига в проушины звена вставляют технологические оправки (стержни). Диаметр оправки должен быть на 0,2...0,4 мм больше диаметра отверстия проушины, который необходимо получить после ее восстановления. Торцы проушин уплотняют металлическими шайбами. Зазор между шайбой и проушиной не должен превышать 2 мм. Для заливки звено устанавливают заливаемыми проушинами вертикально вверх.

Порцию жидкого металла получают расплавлением мерной заготовки токами высокой частоты (66 кГц) в многовитковом индукторе (высота индуктора 70...90 мм, шаг навивки 12...13 мм, внутренний диаметр 30...34 мм) в специальных огнеупорных тиглях.

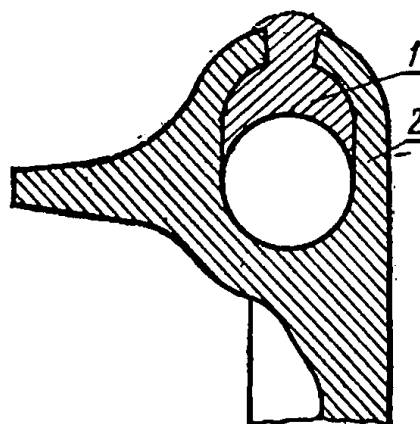


Рис. 93. Схема восстановления проушины:

1 — вкладыш 2 — стенка проушины.

Металл по мере расплавления и нагрева до температуры разлива из сливного отверстия тигля заливают в проушину.

Мерные заготовки изготавливают в виде прутков диаметром 12...14 мм, длиной 60...70 мм из стали марок 45 или 50 ГОСТ 1050—74. Мерные заготовки должны иметь ровные торцы без вмятин и заусенцев.

Допускается заливка металла из индукционных плавильных печей разливочной ложкой. Для заливки применяют сталь марок 45Л, 50Л, 55Л или 70Л ГОСТ 977—65.

Твердость отлитых вкладышей (рис. 93) на поверхности, прилегающей к пальцу, на расстоянии 10 мм от торца проушины должна составлять HRC 28...40. Металл залитых вкладышей должен иметь химический состав в соответствии с ГОСТ 977—65.

Технология разработана Малоярославецким филиалом ГОСНИТИ и ЦОКТБ.

### **Восстановление звеньев гусениц при помощи пластической деформации**

Технологический процесс восстановления включает следующие операции: очистку и дефектацию звеньев, термомеханическую обработку (нагрев—обработку давлением—закалку) и сборку гусениц.

Звенья очищают в галтовочном барабане. При галтовке удаляются с поверхности звеньев грязь и ржавчина и выявляются трещины. Звенья очищают партиями по 60 шт., время обработки 40 мин. Дефектуют звенья при помощи калибров и шаблонов.

Нагревают звенья в соляной электродной печи в два приема: сначала их подогревают до 350...400°С, затем выдерживают 5 мин в расплаве соли (хлористого бария), нагретой до 1000...1050°С.

Нагретое звено подают в секционный штамп с регулируемым рабочим объемом каждой секции. Штамп работает от 12-позиционного гидравлического агрегатного пресса с общим усилием на шпинделе 60 МН. Время горячей деформации звена в штампе 5...6 с.

Закаливают звенья в холодной проточной воде в закалочной ванне. После закалки звенья собирают в гусеницу.

Технология разработана Отраслевой научно-исследовательской лабораторией при Саратовском институте механизации и электрификации сельского хозяйства им. М. И. Калинина.

### **Восстановление изношенных торцовых поверхностей зубьев шестерен**

Для восстановления торцов зубьев, имеющих износ по длине 2,2...8,2 мм, возможна автоматическая наплавка под слоем флюса каждого изношенного по длине зуба в отдельности без нарушения неизношенной его части и получение формы наплавленного слоя, близкой по форме к профилю нового зуба. При этом можно получить наплавленный металл с требуемыми механическими свойствами и исключить повторную термическую обработку шестерни.

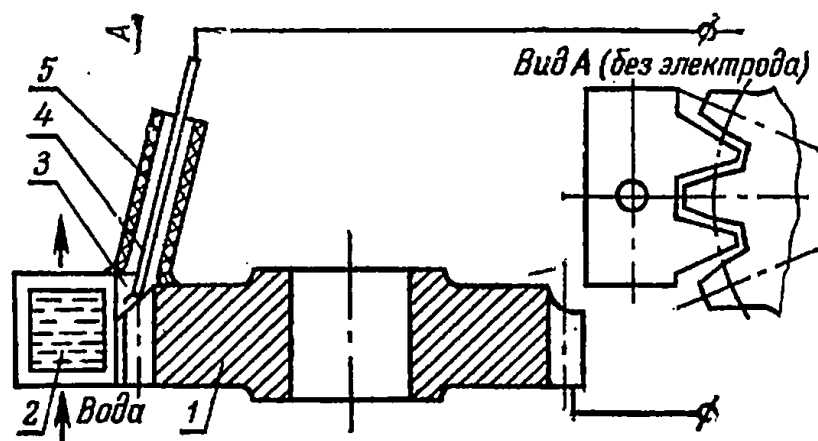


Рис. 94. Схема наплавки изношенных торцевых поверхностей зубьев шестерен:

1 — шестерня; 2 — медная наплавочная форма; 3 — сварочная ванна; 4 — электрод; 5 — трубка для подачи флюса.

С учетом этих условий ЧИМЭСХ создана схема восстановления торцевых поверхностей зубьев шестерен автоматической наплавкой порошковой проволокой под слоем флюса с принудительным формированием наплавленного металла в медной охлаждаемой форме (рис. 94).

Для получения высокой износостойкости торцов зубьев химический состав наплавленного металла должен обеспечивать значительную твердость, высокую ударную вязкость и не иметь склонности к образованию трещин и пор. Этот химический состав должен быть следующим:  $C=0,5\%$ ;  $Cr=4...5\%$ ;  $Mn=1,5...2\%$ ;  $Ni=1...1,5\%$ ;  $Si=1...1,5\%$ . При этом содержание углерода и хрома для повышения ударной вязкости необходимо снижать до таких значений, при которых твердость наплавленного слоя была бы еще достаточно высокой.

В соответствии с принятой схемой наплавки торцов зубьев шестерен создана специальная установка, состоящая из стола с направляющей рамкой, по которой перемещался автомат АДС-1000-2, и устройства для наплавки. Источником питания служит преобразователь марки ПСО-500.

Установка выполняет все подготовительные операции, связанные с поочередной наплавкой зубьев в автоматическом цикле, и обеспечивает возможность регулирования длительности наплавки в зависимости от величины износа их торцов.

Режим наплавки: напряжение холостого хода ПСО-500 —  $U_{xx}=45$  В, напряжении дуги  $U_d=28...30$  В; сила тока  $I_d=120...140$  А.

Торцы зубьев, наплавленные проволокой ПП-6Х5 с шихтой на основе сормайта, имеют большую ударную вязкость, так как структура наплавленного металла состоит из мелкоигольчатого отпущенного мартенсита и троостита. Такая структура обуславливает значительную твердость (45...46 HRC). Износостойкость наплавленных торцов зубьев шестерен по отношению к новым составляет 1,36.

## Восстановление изношенных шестерен при помощи пластической деформации

Шестерни целесообразно восстанавливать промышленными методами, позволяющими использовать высокопроизводительное оборудование. Здесь применим технологический процесс восстановления пластической деформацией. При этом шестерни моют в моющем растворе МЛ-52 и дефектуют. Далее шестерни, подлежащие восстановлению, нагревают в соляной ванне до  $1200^{\circ}\text{C}$  и подают к прессу ДО-476.

Установив шестерню на матрицу специального штампа, опрессовывают ее за один ход пуансона. Температура начала обработки шестерни должна быть  $1150^{\circ}\text{C}$ , а конца обработки —  $850^{\circ}\text{C}$ .

Затем шестерни загружают в шахтную печь Ц105А, где их отжигают с температуры конца деформации до  $650^{\circ}\text{C}$  в течение 120 мин.

Остывшие шестерни моют в моющем растворе МЛ-52, проводят их контроль и направляют на механическую обработку. Растачивают отверстия, подрезают торец, используя резцы с пластинами твердого сплава Т15К6. Далее обрабатываемую шестерню устанавливают на оправку и фрезеруют на зубофрезерном станке 5К324А под шевингование, используя червячную фрезу. Затем на зубозакругляющем станке марки 5Д580 округляют зубья фрезой РЗ-108 ГОСТ 4675—71, а на шевинговальном станке марки 5714 их шевингуют.

Следующей операцией является газовая цементация восстанавливаемых шестерен в шахтной печи марки Ц105А при  $1000^{\circ}\text{C}$  на глубину 0,7...1,1 мм в течение 4 ч. Затем шестерни помещают в соляную ванну, имеющую расплав соли  $\text{BaCl}_2$  при  $210...220^{\circ}\text{C}$  и закаляют в течение 35 ч при  $800...820^{\circ}\text{C}$ . Закаленные шестерни промывают, очищают от остатков селитры и окалины.

Контролируют чистоту обработки, отсутствие заусенцев, биения венца, твердость зуба (HRC 56...62), диаметр посадочного отверстия, толщину зуба.

Технологический процесс восстановления шестерен пластической деформацией разработан Отраслевой научно-исследовательской лабораторией при Саратовском институте механизации и электрификации сельского хозяйства им. М. И. Калинина.

## Восстановление шлицевых валов

Основными дефектами шлицевых валов являются износ опорных шеек, износ и разрушение шлицев, деформация вала, износ разбóвых участков.

Износ шеек под шарикоподшипники не превышает 0,3 мм. Износ шеек, сопрягаемых с сальниками и втулками, может достигать 0,6...0,9 мм. Шлицы изнашиваются преимущественно в верхней части боковой поверхности. Около 90% шлицев автомобилей имеет износ 0,4...0,6 мм, а остальные 10% — не более 1 мм.

Шлицевые валы, центрируемые по наружному диаметру, изнашиваются по этому диаметру и соответственно требуют восстановления данной поверхности. Валы, центрируемые по боковой поверхности шлицев, износа по наружному диаметру обычно не име-

ют, однако в процессе работы деформируются. Короткие валы обычно имеют деформацию в пределах 0,1...0,3 мм, а деформация длинных валов (например, полуосей) достигает 1...1,5 мм.

Шлицы валов изнашиваются по ширине преимущественно до 1...2 мм. Износ по центрирующему диаметру не превышает 0,1...0,2 мм. В отдельных случаях износ шлицевых валов тракторов достигает большей величины (до 3...4 мм). Имеют место случаи смятия шлицев. Износ резьбовых участков валов характеризуется обычно смятием витков резьбы, особенно характерным на концах вала.

При восстановлении шеек и резьбовых участков рекомендуется вибродуговая наплавка, наплавка в среде углекислого газа, наплавка под слоем флюса, контактная приварка металлического слоя, газотермическое напыление, электроферромагнитное наращивание порошками.

Электродуговая наплавка рекомендуется при восстановлении изношенных боковых участков шлицев. Для валов с мелкими шлицами впадины между последними полностью заправляют. Для того чтобы уменьшить деформацию вала, наплавляют поочередно шлицы на диаметрально противоположных его сторонах. Наплавку ведут электродами ОЗН-300, ОЗН-350, ОЗН-400 диаметром 4...5 мм, на обратной полярности, при силе тока 200...250 А.

Кольцевую наплавку по спирали можно применять и для валов с крупными высокими шлицами, однако в этом случае их предварительно обрабатывают (обтачивают или обдирают крупнозернистым кругом), уменьшая высоту шлицев до 6...8 мм.

Общим недостатком всех способов наплавки шлицев по спирали с заправлением впадин является то, что при этом в 2...3 раза увеличивается расход электродного материала и электроэнергии, соответственно повышается трудоемкость наплавочных работ и последующей механической обработки. Существенно возрастают также деформации деталей и, кроме того, вследствие большого нагрева нарушается термическая обработка практически всех участков детали.

Значительно более экономична продольная наплавка боковых поверхностей шлицев, поэтому следует стремиться к более широкому применению этого технологического варианта.

Наплавку ведут с таким расчетом, чтобы слой выступал над поверхностью шлица на 1,2...2 мм. Это позволяет в дальнейшем обеспечить нормальный размер вала по центрирующему диаметру. Наплавленный вал отжигают на высокочастотной установке, что облегчает механическую обработку. Обтачивают вал резцом с твердосплавной пластиной Т15К16 при частоте вращения 400 об/мин.

Для валов с крупными шлицами применим способ восстановления шлицев контактной сваркой и давлением. (Способ разработан Малоярославецким филиалом ГОСНИТИ и ЦОКТБ). При этом способе к вершинам шлицев контактной сваркой приваривают присадочный материал (полосу или проволоку) с одновременной осадкой и раздачей шлицев по ширине. Присадочный материал может подаваться из кассеты, находящейся на сварочной машине, или подготавливаться в виде отрезков необходимой длины с предварительной прихваткой их к шлицам в одной или нескольких точках (в зависимости от длины шлицев). Осадка и раздача шлицев при сварке компенсируют износ и обеспечивают припуск на последующую обработку.

Шлицевой вал с присадочным материалом закрепляют в установочном приспособлении и пневмоцилиндром прижимают к сварочным роликам. После включения сварочного тока одному из роликов сообщают колебательное движение посредством профильного кулачка. При сближении роликов происходит осадка нагретых до температуры сварки участков шлицев, контактирующих с роликами, а при разведении роликов на некоторую величину — перемещение вала на 10...15 мм и нагрев следующих участков. Таким образом, происходят наплавка и осадка одновременно двух противоположных шлицев по всей их длине. Скорость наплавки двух шлицев на оптимальных режимах составляет в среднем 30...50 м/ч (в зависимости от типоразмеров). После наплавки одной пары шлицев ролики разводятся и вал поворачивается на соответствующий угол для наплавки следующей пары.

При небольшом износе шлицев восстановить их можно методом пластического деформирования роликовыми раскатными головками. (Способ разработан Отраслевой научно-исследовательской лабораторией при МИИСП.) Способ основан на раздаче шлица по ширине, преимущественно в верхней его части, вдавливанием ролика. При этом удается компенсировать износ шлицев на величину до 2 мм (в зависимости от ширины шлица).

Шлицеремонтную головку монтируют на прессе. Шлицевой участок следует нагревать (700...800°С) с помощью индукционной высокочастотной установки. Необходимое усилие для раскатки около 25 тс. Припуск на последующую обработку необходимо давать 0,2...0,25 мм, что позволяет применить тонкое шлицефрезерование, получить высокую точность обработки и шероховатость поверхности в пределах 6...7.

Восстановление резьбовых участков валов ведется вибродуговой наплавкой или контактной приваркой проволоки. Вибродуговую наплавку следует проводить без подачи охлаждающей жидкости на наплавляемый резьбовой участок детали. Это позволяет в дальнейшем проводить нарезку новой резьбы.

Жидкостью надо смазывать шейки и шлицы валов во избежание их перегрева и нарушения их термической обработки.

## **Восстановление корпуса насоса**

Корпуса насосов изготовлены из алюминиевых сплавов АЛ-5 или АЛ-9 (ГОСТ 2685—75).

Восстановление корпусов насосов обжатием проводят на специальном приспособлении, состоящем из корпуса пресс-формы, блока матриц, пуансона и других деталей. Внутреннее отверстие корпуса имеет конусность 1,5...2°. Нагретый корпус гидронасоса вместе с матрицей помещают внутрь корпуса приспособления. Обжатие проводят на прессе П-474А. Величина деформации корпуса гидронасоса ограничивается специальным пуансоном, устанавливаемым в корпусе. Корпус насоса перед обжатием нагревают до 480...500°С и выдерживают 30...60 мин. Температура корпуса в процессе обжатия не должна быть ниже 440°С, иначе резко снижается пластичность сплава. После обжатия корпуса вновь нагревают до 525...535°С, выдерживают 15...30 мин и закаливают в воде при 50...75°С.



Для упрочнения восстановленного корпуса его подвергают искусственному старению в течение 4 ч при 100...120° С.

При восстановлении корпусов насосов постановкой гильз используют гильзы из алюминиевых сплавов АЛ-5, АЛ-9 и др. Гильзы отливают в металлической форме-кокиле, подогретой до 250...300° С. Отлитые гильзы вставляют в заранее расточенный корпус насоса, смазанный эпоксидным клеем, и сушат в термошкафу. Расточку корпусов насосов под гильзы, гильз после запрессовки, обработку уступов под манжету проводят на токарном или вертикально-фрезерном станке.

## Глава 12

### СПОСОБЫ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

Для увеличения долговечности восстанавливаемых деталей можно применить следующие основные способы поверхностного упрочнения: ультразвуковой, электромеханический, механический, термомеханический, термический и химико-термический (рис. 95).

Сущность механического способа чистовой обработки восстановленных деталей холодным пластическим деформированием заключается в том, что под влиянием деформирующего элемента (шара, ролика, дорна) при взаимном относительном перемещении инструмента и детали неровности обрабатываемой поверхности пластически деформируются, в результате чего шероховатость уменьшается до 9...12-го класса, одновременно упрочняется поверхностный слой.

Этими методами можно обрабатывать все металлы, способные деформироваться в холодном состоянии: незакаленные и закаленные стали, цветные металлы и чугуны. Пластическое деформирование можно использовать для обработки деталей, восстановленных некоторыми металлопокрытиями (наплавкой, железнением), которые обладают достаточно высокой сцепляемостью с основным металлом.

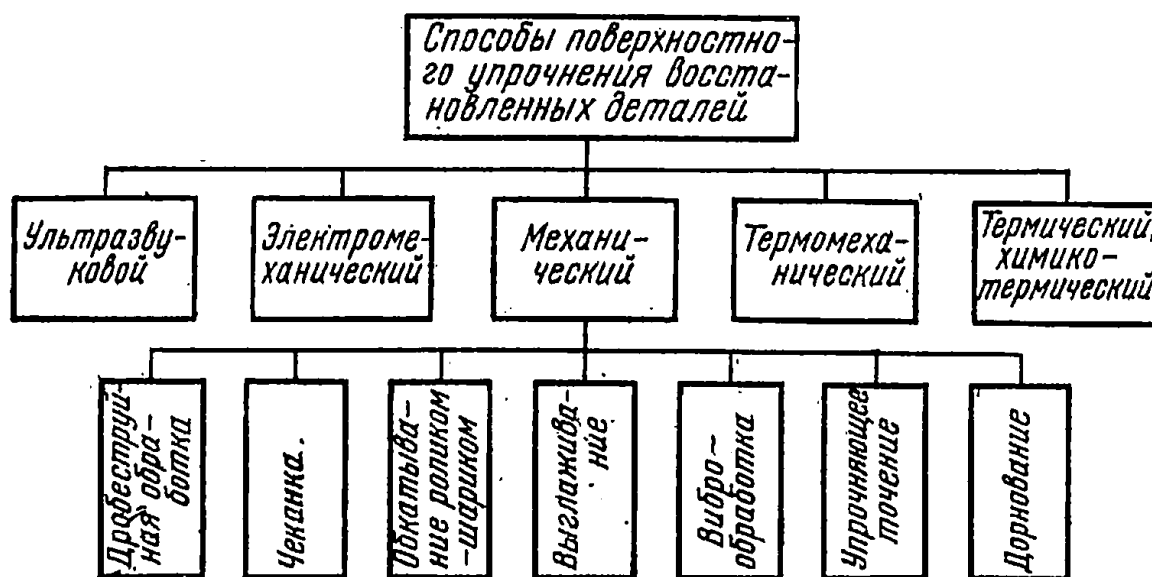


Рис. 95. Классификация способов поверхностного упрочнения восстановленных деталей.

**Т а б л и ц а 106. Эффективность упрочнения наплавленного металла ППД**

Вид наплавки	Марка электродной проволоки	Твердость, НV	
		после нап- лавки	после нап- лавки и ППД
Под флюсом АН-348А	Нп-30ХГСА	286	321
То же	Св-08Г2С	232	298
»	Св-08А	188	232
»	Нп-70 (У7А)	265	291
Под флюсом АН-60	Нп-30ХГСА	302	343
То же	Нп-70 (У7А)	284	330
»	Св-08А	204	252
»	Св-08Г2С	244	290
»	Сталь 50	230	280
Под флюсом АН-28	2Х13	440	479
То же	50ХФА	284	321
Под флюсом АНК-18	Св-08А	423	518
То же	Св-18ХГСА	455	577
»	Св-08Г2С	453	484
Под флюсом ЖСН-1	Св-08А	548	588
В углекислом газе CO <sub>2</sub>	Нп-30ХГСА	244	286
То же	Св-08Г2С	187	275
В аргоне (Ar)	Нп-30ХГСА	310	347
В смеси Ar+CO <sub>2</sub>	Нп-30ХГСА	280	326
В водяном паре	Нп-30ХГСА	233	298
То же	Нп-70 (У7А)	205	271
В потоке воздуха	Нп-30ХГСА	300	332
То же	Нп-70 (У7А)	231	310
Вибрирующим электродом в жидкости	Нп-30ХГСА	436	478
То же	Нп-70 (У7А)	422	460
Порошковыми проволоками (с внутренней защитой)	ГП-ТН-250-0	268	332
То же	ГП-Г13Н4-0	238	414
»	ГП-У25Х17Т-0	417	570
»	ГП-3Х13Т-0	545	658
»	ГП-1Х14Т-0	511	579
»	ГП-25Х5ФМС-0	580	629
»	ГП-3Х5Г2М-0	496	599

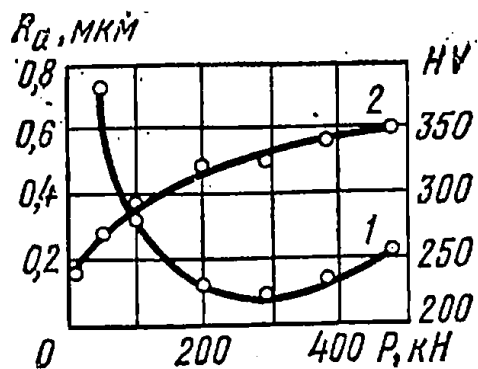


Рис. 96. Зависимость шероховатости (1) и твердости (2) поверхности детали от усилия  $P$  на шарик:

наплавка в  $\text{CO}_2$  проволокой  $\text{Hn} = 30\text{XГСА}$   $d = 20$  мм;  $S = 0,2$  мм/об. Исходная шероховатость поверхности  $\nabla 6$ .

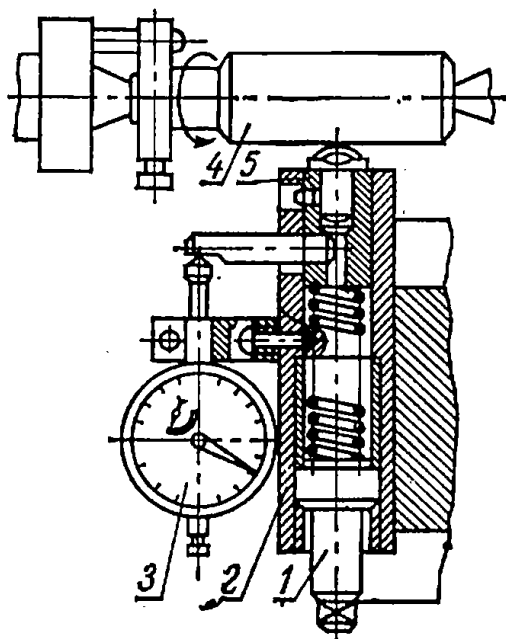


Рис. 98. Схема алмазного выглаживания пружинной державкой:

1 — регулировочный винт; 2 — тарированная пружина; 3 — индикатор; 4 — обрабатываемая деталь; 5 — алмазный наконечник.

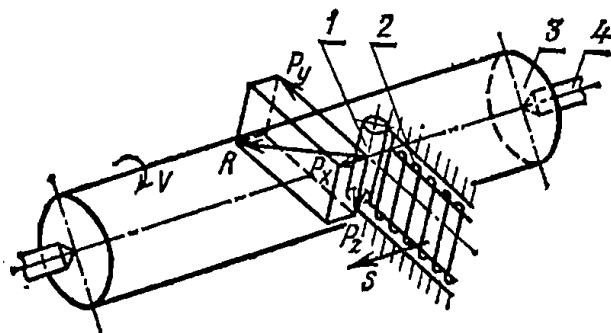


Рис. 100. Схема процесса выглаживания.

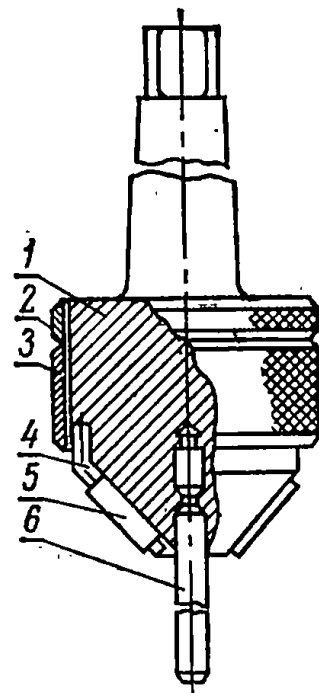


Рис. 97. Конический раскатчик для обработки фасок клапанных гнезд:

1 — корпус с хвостовиком; 2 — контргайка; 3 — гайка; 4 — сепаратор; 5 — ролик; 6 — направляющий стержень.

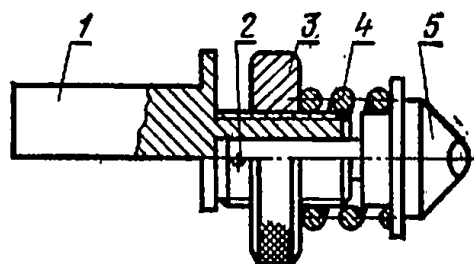


Рис. 99. Малогабаритная державка для алмазного выглаживания:

1 — державка; 2 — штифт; 3 — регулировочная гайка; 4 — тарированная пружина; 5 — алмазный наконечник.

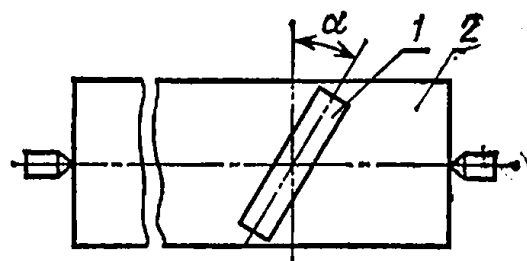


Рис. 101. Схема установки гладилки относительно детали.

**Таблица 107. Режимы ППД для металла, наплавленного  
различными видами электродуговой наплавки**

Виды наплавов		Оптимальные режимы ППД по изменению твердости и шероховатости поверхности				
марка электродной проволоки	защитная среда	обкатка шариками				
		нормальное усилие давления $P$ , кН	продольная подача суппорта станка, мм/об	диаметр шарика, мм	скорость обкатки, мм/мин	число проходов
Нп-30ХГСА	АН-348А	2 . . . 2,5	0,1 . . . 0,3	15 . . . 20	До 60	1 . . . 3
Нп-30ХГСА	АНК-18	3,5 . . . 3,8	0,1 . . . 0,3	15	То же	1 . . . 2
Св-08А	АН-348А	2,2 . . . 2,7	0,1 . . . 0,2	10 . . . 15	»	1 . . . 3
Св-08А	АНК-18	2,8 . . . 3	0,1 . . . 0,2	10 . . . 15	»	1 . . . 2
Св-08А	ЖСН-1	2,5 . . . 3	0,1 . . . 0,23	10 . . . 15	»	1
Нп-70	Воздух	2 . . . 2,5	0,1 . . . 0,2	10 . . . 15	»	1 . . . 3
Нп-70	Водяной пар	2,8 . . . 3,3	0,1 . . . 0,2	10 . . . 15	»	1 . . . 3
Св-08Г2С	СО <sub>2</sub>	2 . . . 2,5	0,2	15 . . . 20	»	1 . . . 3
2Х13	АН-28	2 . . . 2,5	0,1 . . . 0,3	15	»	1 . . . 2
Св-18ХГСА	АНК-18	3 . . . 3,5	0,1 . . . 0,3	15	»	1 . . . 2

*Продолжение*

Виды наплавов		Оптимальные режимы ППД по изменению твердости и шероховатости поверхности				
марка электродной проволоки	защитная среда	обкатка роликами				
		нормальное давление $P$ , кН	продольная подача суппорта станка, мм/об	профильный радиус ролика, мм	скорость обкатки, м/мин	число проходов
Нп-30ХГСА	АН-348А	2,5	0,1 . . . 0,28	10 . . . 15	До 50	1 . . . 3
Нп-30ХГСА	АНК-18	4	0,1 . . . 0,2	10	То же	1 . . . 2
Св-08А	АН-348А	2,7 . . . 3	0,1 . . . 0,2	10	»	1 . . . 2
Св-08А	АНК-18	3 . . . 3,3	0,1 . . . 0,2	10	»	1 . . . 3
Св-08А	ЖСН-1	—	—	—	—	—
Нп-70	Воздух	2,2 . . . 2,7	0,1 . . . 0,2	10	До 50	1 . . . 3
Нп-70	Водяной пар	3,1 . . . 3,4	0,1 . . . 0,3	10 . . . 15	То же	1 . . . 2
Св-08Г2С	СО <sub>2</sub>	2,5 . . . 3	0,1 . . . 0,3	10	»	1 . . . 3
2Х13	АН-28	—	—	—	—	—
Св-18ХГСА	АНК-18	—	—	—	—	—

Глубина и интенсивность упрочнения металла зависят от параметров режима обкатки, свойств самого упрочняемого металла, определяемого использованными наплавочными материалами и видом наплавки.

Данные Ленинградского сельскохозяйственного института об эффективности упрочнения наплавленного металла с помощью ППД для различных наплавов приведены в таблице 106.

В таблице 107 приведены оптимальные режимы упрочнения наплавленного металла ППД, установленные ЛСХИ по изменению твердости и шероховатости для различных видов наплавов.

Изменение шероховатости и твердости поверхности наплавленного металла после ППД в зависимости от давления  $P$  показано на рисунке 96.

В зависимости от исходной твердости наплавленных деталей типа валов с цилиндрической поверхностью  $\varnothing 40 \dots 70$  мм рекомендуется применять следующие режимы ППД: а) для деталей с наплавленным слоем твердостью HV 200  $\dots$  300 — нормальное давление инструмента  $P=2 \dots 2,5$  кН/м<sup>2</sup>, продольная подача  $S=0,1 \dots 0,25$  об/мин, диаметр шарика  $d_{ш}=15 \dots 20$  мм или ролика с профильным радиусом 10  $\dots$  15 мм и диаметром  $D=30$  мм, скорость обкатки  $v_{об}=15 \dots 125$  м/мин; исходная шероховатость 4  $\dots$  5-го класса, число проходов  $p=1 \dots 2$ ; б) для деталей с наплавленным слоем твердостью HV 300 и выше нормальное давление должно быть увеличено до  $P=3 \dots 4$  кН; значения остальных параметров сохраняются.

Конструкции роликовых раскатников для обработки цилиндрических и конических поверхностей приведены на рисунке 97.

К числу технологических процессов обработки деталей холодным пластическим деформированием относится выглаживание алмазным и твердосплавным инструментом.

Сущность процесса алмазного выглаживания заключается в пластическом деформировании поверхностных слоев детали инструментом, рабочей частью которого является кристалл естественного алмаза массой 0,4  $\dots$  0,8 карата, ограниченный поверхностью сферы или цилиндра с радиусом 1  $\dots$  3 мм и шероховатостью 13  $\dots$  14-го класса.

Наружные цилиндрические поверхности выглаживают алмазным наконечником, установленным в пружинной оправке, которая крепится в резцедержателе суппорта токарного станка (рис. 98). Режимы выглаживания изменяются в сравнительно небольших пределах: подача 0,02  $\dots$  0,06 мм/об, скорость выглаживания 40  $\dots$  100 м/мин, усилие прижима алмазного наконечника 120  $\dots$  300 Н, число проходов 1. Для алмазного выглаживания поверхности валов может быть использована малогабаритная пружинная державка (рис. 99). Алмазное выглаживание отверстий большого диаметра осуществляется пружинной державкой.

Отделочная обработка деталей алмазным выглаживанием по сравнению с шлифованием позволяет улучшить шероховатость поверхности на 3  $\dots$  5 классов (для сталей и цветных металлов, не прошедших термическую обработку) и на 2  $\dots$  3 класса (при обработке сталей, закаленных до HRC 50  $\dots$  65), повысить микротвердость на 25  $\dots$  35%, износостойкость на 35  $\dots$  65% и усталостную прочность на 30  $\dots$  60%.

Применение алмазного выглаживания оказывается эффективным и для чистовой обработки деталей, восстановленных различными ме-

таллопокрытиями. Так, при алмазном выравнивании хромового покрытия (вместо полирования) на оптимальном режиме (радиус сферы алмазного наконечника 1,2 мм, усилие прижима алмаза 140 Н, подача 0,03...0,5 мм/об) удается улучшить шероховатость поверхности на два класса, увеличить поверхностную твердость покрытия на 12...15%, снизить его пористость, повысить износостойкость на 35%, а контактную выносливость в 1,5 раза.

При обработке пластическим деформированием наружных цилиндрических поверхностей и отверстий целесообразно пользоваться способом выравнивания при помощи твердосплавных гладилок.

Схема процесса выравнивания показана на рисунке 100. Детали 3, закрепленной в патроне или центрах 4 станка, сообщается вращательное движение со скоростью  $v$ . Гладилка 1, закрепленная в пружинной державке 2, перемещается с продольной подачей  $S$ . Образующая рабочей части гладилки 1 относительно перпендикуляра к оси детали 2 (рис. 101) может быть установлена под углом  $\alpha = 0...60^\circ$ . В зоне контакта инструмент — деталь при выравнивании возникает равнодействующая  $R$  трех сил (рис. 100): радиальной  $P_y$ , которая вызвана силой сжатия пружины, тангенциальной  $P_z$  с осевой  $P_x$ .  $R = \sqrt{P_y^2 + P_z^2 + P_x^2}$ . По записи составляющих трех сил выравнивания на осциллограмме при обработке исследованных металлопокрытий получено

$$\frac{P_z}{P_y} = 0,04 \dots 0,52; \frac{P_x}{P_y} = 0,01 \dots 0,17. \quad (53)$$

Осевая сила  $P_x$  в процессе выравнивания мала из-за того, что размеры детали изменяются незначительно и продольная подача невелика. Учитывая это, можно записать

$$R = \sqrt{P_y^2 + [(0,04 \dots 0,52) P_y]^2 + [(0,01 \dots 0,17) P_y]^2} = (1,004 \dots 1,075) P_y. \quad (54)$$

Таким образом, основным силовым параметром процесса выравнивания является радиальная сила  $P_y$ , отличающаяся от равнодействующей  $R$  лишь на 0,4...7,5%. Равнодействующая скорость выравнивания

$$P_g = \sqrt{v^2 + S^2}, \quad (55)$$

где  $v$  — скорость детали, м/с;

$S$  — продольная подача инструмента, мм/с.

Поскольку скорость детали (для металлопокрытий  $v = 0,66...1,2$  м/с) в десятки и сотни раз превышает продольную подачу инструмента ( $S = 0,05...0,15$  мм/об), то можно принять, что  $R_v = v$ .

При выравнивании металлопокрытий пластическая деформация начинается, если

$$\sigma_t = \sigma_{0,2},$$

где  $\sigma_{0,2}$  — условный предел текучести покрытия.

Глубина распространения пластической деформации в процессе выравнивания

$$\delta = 0,31 \sqrt{\frac{P_y}{2\sigma_{0,2}}}, \quad (56)$$

где 0,31 — постоянный коэффициент, справедливый для условий холодной отделочно-упрочняющей обработки выглаживанием деталей и покрытий.

Формула справедлива для вибродуговой наплавки проволокой Нп-65Г и Св-08, наплавки под слоем керамического флюса АНК-18, осталивания (HV 2,9...3,3 ГПа) и стали 45.

Для наплавки под слоем легирующего флюса АН-348А и осталивания (HV 5,2...5,6 ГПа) в эту формулу следует ввести поправочный коэффициент  $\kappa$ , характеризующий отличие физико-механических свойств покрытия по отношению к стали 45:

$$\delta = 0,31\kappa \sqrt{\frac{P_y}{2\sigma_{0,2}}}, \quad (57)$$

где  $\kappa=0,7...0,8$  — для наплавки под слоем легирующего флюса АН-348А;  $\kappa=0,5...0,6$  — для осталивания (HV 5,2...5,6 ГПа).

Глубина деформированной зоны металлопокрытий при выглаживании для вибродуговой наплавки проволокой Нп-65 Г и СВ-08, наплавки под слоем керамического флюса АНК-18 и осталивания (HV 2,9...3,3 ГПа) составляет 0,1...0,25 мм, для наплавки под слоем легирующего флюса АН-348А и осталивания (HV 5,2...5,6 ГПа) — 0,05...0,1 мм. Режимы выглаживания приведены в таблице 108.

Для деталей, восстановленных наплавкой под слоем легирующего и керамического флюса, вибродуговой наплавкой проволокой Нп-65Г и осталиванием (HV 5,2...5,6 ГПа) изменение подачи от 0,03 до 0,07 мм/об не вызывает заметного увеличения высоты микронеровностей выглаженной поверхности. На практике рекомендуется применять подачи: 0,07 мм/об для «твердых» покрытий и 0,11 мм/об для «мягких» (подачи, при которых след от предшествующего прохода инструмента покрывается и сохраняется большая производительность процесса выглаживания). При больших подачах происходит неполное сглаживание исходных микронеровностей. Применение несколько большей подачи для «мягких» покрытий объясняется их более высокой пластичностью.

При исходной шероховатости покрытий в пределах  $R_a=0,5...1$  мкм достигается стабильное уменьшение шероховатости до  $R_a=0,1...0,25$  мкм. Отличием деталей, восстановленных вибродуговой наплавкой проволокой Св-0,8 и осталиванием (HV 2,9...3,3 ГПа), является меньшая степень влияния начальной шероховатости на шероховатость выглаженной поверхности детали. Если при выглаживании деталей, восстановленных «мягким» осталиванием, при исходной шероховатости  $R_a=1,4$  мкм можно достичь  $R_a=0,1$  мкм (табл. 108), то при исходной шероховатости  $R_a=0,5$  мкм — только  $R_a=0,08$  мкм. Таким образом, с уменьшением исходной шероховатости эффективность выглаживания металлопокрытий уменьшается. Следует отметить, что шероховатость выглаженной поверхности нестабильна на всей поверхности ввиду неравномерной твердости и структуры покрытий, особенно при вибродуговой наплавке.

Для гладилки целесообразно применять инструментальный материал титанокобальтовый марки Т30К4, Т15К6 или вольфрамокобальтовый ВК-2, ВК-3М.

212 Таблица 108. Режимы выглаживания

Способ восстановления	Твердость метал- лопокрытия	Сила выглаживания Р, Н	Радиус выглажива- ния R, мм	Подача S, мм/об	Скорость выглажи- вания v, м/с	Угол поворота гла- дилки α, град	Шероховатость поверхности R <sub>a</sub> , мкм		Микротвердость поверхности H <sub>100</sub> , ГПа		Глубина максималь- ного пропеченного слоя, мм
							до выглажи- вания	после выгла- живания	до выглажи- вания	после выгла- живания	
Вибродуговая на- плавка проволокой: Нп-65Г	HRC 50 . . . 58	480 680	4,9 4,0	0,07	0,91 0,83	39 33	0,9	0,2	5,1	8,9	70
	HRC 34 . . . 38	290 500	4,4 3,7	0,11	1,1 1,05	30 39	1,4	0,2	3,4	5,7	70
Наплавка под слоем флюса: легирующего АН-348А	HRC 52 . . . 57	470 580	4,8 4,0	0,07	0,83 —	34 33	0,9	0,16	5,5	9,5	35
	HRC 40 . . . 44	510 590	4,4 3,8	0,07	0,83	28	1,1	0,4	4,2	7,2	35
керамического АНК-18	HV 5,2 . . . 5,6 ГПа	510 670	4,6 3,7	0,07	0,83 0,73	24 27	0,9	0,2	3,2	7,7	35
	HV 2,9 . . . 3,3 ГПа	305 440	4,6 3,4	0,11	1,05	36	1,4	0,1	3,1	5,1	31,5

Примечание. В числителе указаны параметры обработки для сглаживающих режимов выглаживания, в знаменателе — для упрочняющих.



Таблица 109. Физико-химические показатели композиций СОЖ

Показатели	ВК-1	ВК-2	ВК-3
Вязкость кинематическая, сСт:			
при 50° С	115,0	60,0	140,0
при 100° С	18,0	10,0	19,0
Температура вспышки в открытом тигле, °С	153	155	135
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,9835	0,9714	1,005
Кислотное число, мг КОН на 1 г масла	16,8	14,1	18,9

Большие возможности повышения износостойкости твердосплавного инструмента в процессе выглаживания заключены в использовании высокоэффективных СОЖ.

Физико-химические показатели некоторых композиций СОЖ приведены в таблице 109.

Для приготовления ВК-1, ВК-2, ВК-3 используют моторное масло ДС-11, по вязкости приближающееся к авиационному маслу МС-20, но более очищенное. Из разработанных СОЖ наиболее эффективна ВК-3.

Использование смазочно-охлаждающей жидкости ВК-3 при выглаживании металлопокрытий позволяет уменьшить коэффициент трения до 0,123...0,039, что в 1,3...2,5 раза ниже, чем при использовании минерального масла индустриального И-20А; при этом стойкость инструмента возрастает примерно пропорционально снижению коэффициента трения.

При применении СОЖ требуемая шероховатость поверхности детали сохраняется и рабочий путь гладилки  $L=1500 \dots 2500$  м, а без СОЖ  $L=500 \dots 800$  м. Допустимая величина размера площади износа (большая ось эллипса) гладилки с использованием СОЖ составляет 1...1,2 мм, а при обработке «всухую» 0,5...0,8 мм. Для повышения стойкости твердосплавной гладилки целесообразно выглаживать металлопокрытия со скоростью обработки до 1,2 м/с и силой выглаживания до 500 Н.

Для повышения износостойкости деталей целесообразно применять в процессе их восстановления ультразвуковую упрочняюще-выглаживающую обработку, предложенную ЧИМЭСХ.

Сущность процесса ультразвукового упрочнения в том, что специальный инструмент (гладилка), вибрирующий с частотой ультразвука и определенной амплитудой смещения, создает ударное воздействие на упрочняемую поверхность и подвергает ее пластическому деформированию. Режимы обработки приведены в таблице 110.

Источниками электрической энергии ультразвуковой частоты служат ламповые генераторы 1 (рис. 102) типа УЗМ-1,5, ВЗГ5-1,6 или УЗМ-4. Электрическая энергия ультразвуковой частоты преобразуется в энергию механических колебаний той же частоты акустической головкой, состоящей из трех частей: вибратора 2 типа ПМС-1,5, конического концентратора 3 и пластины 4 из твердого сплава Т15К6. Форма пластины выбрана такой же, как и для электромеханического выглаживания (рис. 103).

Т а б л и ц а 110. Режимы обработки деталей  
при ультразвуковом упрочнении

Параметры	Обозна- чение	Единица измерения	Величина
Статическое. усилие прижима инструмента	$P_{ст}$	Н	400 . . . 500
Резонансная частота колебаний инструмента	$f$	кГц	18 . . . 24
Амплитуда колебаний инстру- мента	$A$	мм	20 . . . 25
Скорость вращения детали	$v_{дет}$	м/с	0,9 . . . 1
Продольная подача инструмен- та	$S_{прод}$	мм/об	0,125
СОЖ	Масло индустриальное		

Специального припуска под данную обработку не требуется, так как изменение размеров детали не превышает 0,02 мм.

Сравнительные испытания на износостойкость показали, что наибольший эффект получен на деталях, наплавленных под легирующим флюсом АН-348А, шлифованных и упрочненных ультразвуковым инструментом. Их износостойкость в 7 раз выше износостойкости образцов, наплавленных и неупрочненных, и в 4,5 раза выше износостойкости новых валов.

Ультразвуковое упрочнение в 1,5 . . . 2 раза повышает микро-твердость и распределяет ее по глубине упрочненного слоя 0,3 . . . 0,4 мм, повышает чистоту поверхности на 2 класса и создает остаточные напряжения сжатия, а также обеспечивает большую по сравнению с полированием площадь контакта поверхностей и более благоприятную форму неровностей.

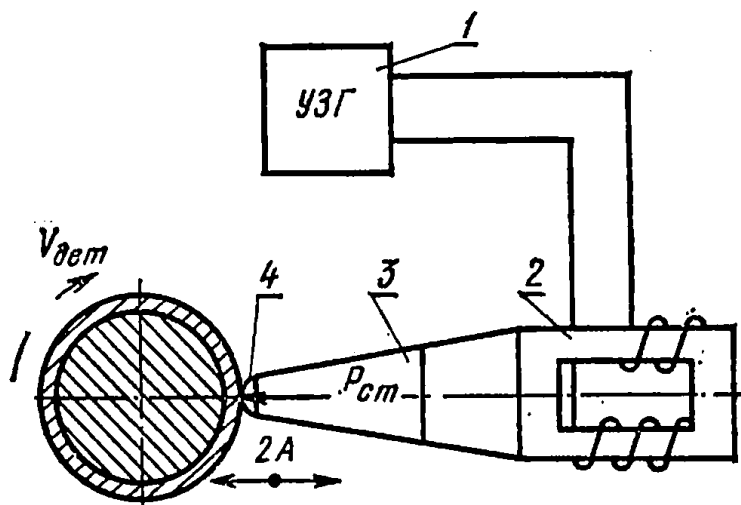


Рис. 102. Принципиальная схема ультразвуковой упрочняюще-выглаживающей обработки.

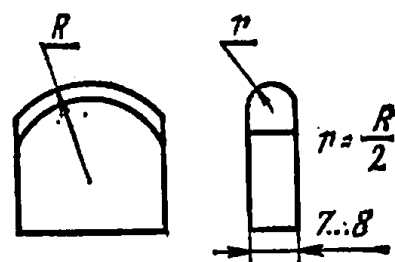


Рис. 103. Выглаживающая пластина.

Т а б л и ц а 111. Геометрические характеристики качества поверхности

Эксплуатационные характеристики	Среднее арифметическое отклонение $R_a$	Средняя высота микронеровностей $R_z$	Максимальная высота микронеровностей $H_{max}$	Шаг между микронеровностями $t$	Площадь опорной поверхности $F_{оп}$	Коэффициент заполнения профиля $k_{зап}$	Угол наклона боковой стороны микронеровностей $\beta$	Радиус скругления вершин микронеровностей $r$	Суммарная площадь реальной поверхности $F_{ист}$	Длина реального профиля $L_{ист}$	Число выступов на единицу поверхности $N$	$\frac{R_{zmax}}{r}$	Угол наклона шероховатостей $\alpha$	Коэффициент неоднородности обработки $R$	Радиус скругления впадин микронеровностей $r'$
Износостойкость	++++	++++	++++	++++	+++	++++	++	++++	++	+	++++	++	++	++	+
Коэффициент трения	++++	++++	++++	++++	+++	++++	++	++++	++		+++	++	++	++	+
Усталостная прочность	++++	++++	++++	++++	+++	++++	++	++++	++		+++	++	++	++	+
Качество посадки	++++	++++	++++	++++	+++	++++	++	++++	++		+++	++	++	++	+
Коррозионная стойкость	++++	++++	++++	++++	+++	++++	++	++++	++		+++	++	++	++	+
Обтекаемость газами	++++	++++	++++	++++	+++	++++	++	++++	++		+++	++	++	++	+
Обтекаемость жидкостями	++++	++++	++++	++++	+++	++++	++	++++	++		+++	++	++	++	+
Пылеудаляемость	++++	++++	++++	++++	+++	++++	++	++++	++		+++	++	++	++	+
Прочность и качество гальванических покрытий	++++	++++	++++	++++	+++	++++	++	++++	++		+++	++	++	++	+
Контактная жесткость	++++	++++	++++	++++	+++	++++	++	++++	++		+++	++	++	++	+
Отражаемость световых и других лучей	++++	++++	++++	++++	+++	++++	++	++++	++		+++	++	++	++	+
Теплоотражение	++++	++++	++++	++++	+++	++++	++	++++	++		+++	++	++	++	+
Свойства тонких пленок	++++	++++	++++	++++	+++	++++	++	++++	++		+++	++	++	++	+
Сопроотивление схватыванию	++++	++++	++++	++++	+++	++++	++	++++	++		+++	++	++	++	+
Гидроплотность	++++	++++	++++	++++	+++	++++	++	++++	++		+++	++	++	++	+

Эффективным средством улучшения эксплуатационных свойств восстановленных деталей является оптимизация микрорельефа виброобкатыванием.

Такие характеристики, как форма микронеровностей, определяемая величиной радиусов скругления выступов  $r$  и впадин  $r'$  и углом наклона их образующих  $\beta$ , величина опорной поверхности  $F_{оп}$ , а также расположение микронеровностей и их однородность по размерам и форме, во многих случаях обуславливают эксплуатационные свойства деталей. Для обеспечения требуемых эксплуатационных свойств необходимо нормировать параметры качества поверхности, приведенные в таблице 111.

При восстановлении деталей имеется необходимость в создании способа чистовой обработки, который давал бы возможность достаточно тонко и в больших пределах изменять и управлять такими элементами микрорельефа, как  $r$ ,  $r'$ ,  $\beta$ ,  $F_{оп}$ , и повысить степень их однородности по форме и высоте. Этим требованиям удовлетворяет способ вибрационного обкатывания, основанный на выдавливании шаром (при обработке металлов с HRC до 40) или сферическим алмазным наконечником непрерывной канавки (при обработке закаленных сталей и твердых наплавов).

В зависимости от режима обработки на поверхности могут быть образованы рельефы четырех видов: с канавками непересекающимися, не полностью пересекающимися, полностью пересекающимися и сливающимися, образующими полностью новый микрорельеф (табл. 112).

Т а б л и ц а 112. Микрорельеф деталей от виброобкатывания

Вид микрорельефа	Схема взаиморасположения канавок	Формулы расчета площади канавок (в % к номинальной)
I. Отсутствие пересечения канавок		$F = \frac{n_{дв.х} S}{\pi d_3 n_3 S} 100\%$
II. Неполное пересечение канавок		$F = \frac{n_{дв.х} (S - \sigma)}{\pi d_3 n_3 S} 100\%$
III. Полное пересечение канавок		$F = \frac{n_{дв.х} S_1}{\pi d_3 n_3 S} 100\%$
IV. Слияние канавок		$F = 100\%$

Оптимальный вид микрорельефа зависит от конструкции, материала и эксплуатационных условий, в которых работают сопрягаемые детали. Например, на рабочих поверхностях гильз автомобильных двигателей для исключения схватывания необходимо изготовлять систему масляных канавок первого вида. На рабочих поверхностях гильз тракторных двигателей для уменьшения износа наносят канавки первого вида, а на восстановленных валах, работающих в паре с резиновой манжетой, — канавки четвертого вида.

Особенностью микрорельефа, образующегося в результате вибрационного обкатывания, является его высокая однородность, которая позволяет проводить аналитический расчет характеристик (величину несущей поверхности, площадь и объем канавок и их соотношение), определяющих непосредственно износостойкость поверхностей.

В таблице 112 приведены формулы для расчета площади  $F_k$ , занимаемой канавками для всех видов образующихся при вибрационном обкатывании поверхностей. В формулах

$$S = \frac{4}{\pi} \sqrt{\pi^2 l^2 \rho^2 + \left( \frac{\pi d_3 n_3}{n_{\text{дв.х}}} \right)^2} E(k)^2; \quad (58)$$

$$k^2 = \frac{1}{1 + \left( \frac{d_3 n_3}{ln_{\text{дв.х}}} \right)^2}; \quad (59)$$

$\rho d_{\text{ш}} h$ ;  $E(k)^2$  — находят по таблицам;

$$S_1 = S - \frac{4\rho^2 n_{\text{дв.х}} \left[ \left( \frac{d_3 n_3}{n_{\text{дв.х}}} \right) + l^2 - S^2 \right]}{d_3 n_3 \sqrt{l^2 - S^2}}. \quad (60)$$

Удельный объем канавок  $V_k$  (для поверхностей с микрорельефом I вида), коэффициент объемного заполнения  $k_v$  и величину угла сетки определяют по формулам

$$V_k = \frac{n i S}{\pi S d_3}; \quad k_v = 1 - \frac{2 i S}{3 \pi S d_3}; \quad (61)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2 l n_{\text{дв.х}}}{n_3 d_3},$$

где  $n_3$  — число оборотов заготовки в минуту;  
 $n_{\text{дв.х}}$  — число двойных ходов шара в минуту;  
 $S$  — подача шара, мм/об;  
 $l$  — амплитуда колебания шара, мм;  
 $d_{\text{ш}}$  — диаметр шара, мм;  
 $h$  — глубина канавки, мм;  
 $E$  — эллиптический интеграл;

$$i = \frac{n_3}{n_{\text{дв.х}}}.$$

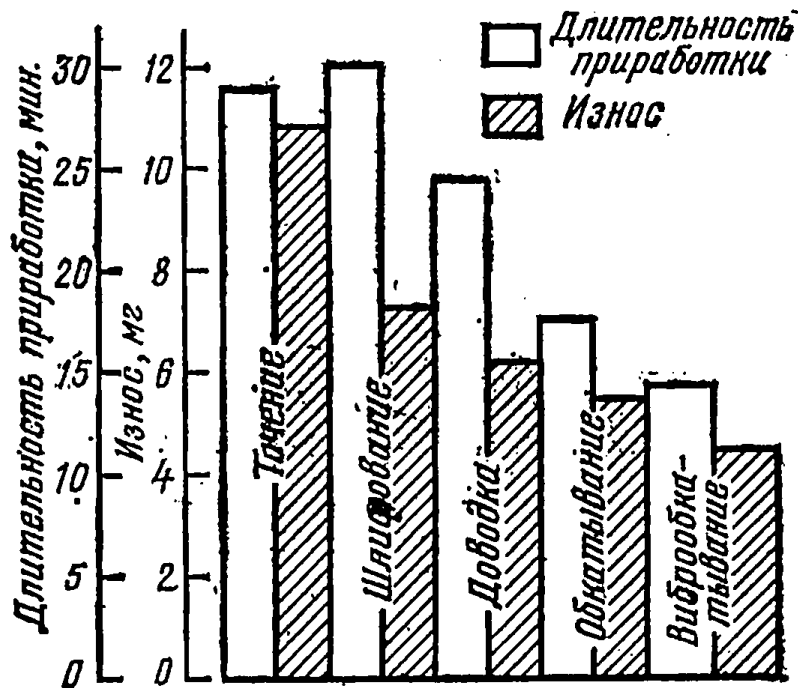


Рис. 104. Диаграмма зависимости длительности приработки и прирабочного износа от вида обработки трущихся поверхностей.

Количество выступов (пятен контакта), приходящихся на квадрат площадью  $25 \times 25$  мм, определяют по формуле

$$N = \frac{625 i}{\pi d_3 S} \quad (62)$$

Основные особенности способа вибрационного обкатывания следующие:

варьирование в больших пределах всех характеристик микрорельефа, определяющих форму и размеры микронеровностей;

высокая степень однородности размеров и формы образующихся микронеровностей;

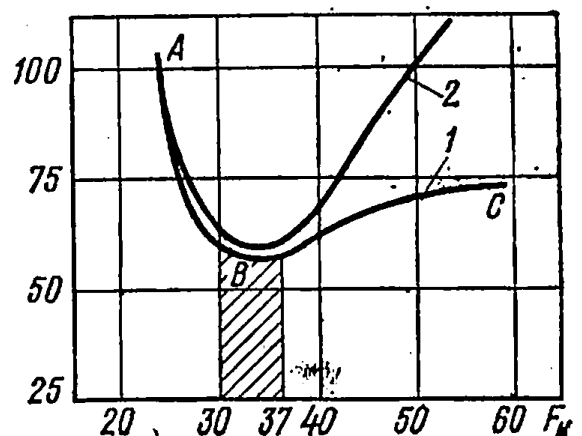
образование микрорельефов с радиусами выступов и впадин в сотни раз большими, чем при точении, шлифовании и доводке;

применение процесса не только для оптимизации микрорельефа, но и для упрочнения.

Эти особенности деформационного способа обработки и образующихся с его помощью микрорельефов восстанавливаемых поверхностей деталей значительно улучшают их эксплуатационные свойства.

Темп приработки трущихся деталей и величина прирабочного

Рис. 105. Зависимость износоустойчивости гильзы (кривая 1) и поршневого кольца (кривая 2) от площади масляных канавок  $F_k$ .



износа являются основными показателями качества подшипниковых и других пар трения. Диаграмма зависимости длительности приработки и приработочного износа от вида обработки трущихся поверхностей показана на рисунке 104.

Длительность приработки и приработочный износ тем меньше, чем больше радиус  $r$  закругления вершин микронеровностей и выше степень их однородности по высоте. Длительность приработки и износ в зависимости от способов обработки уменьшаются в такой последовательности: шлифование, точение, обкатывание, виброобкатывание, а значение радиуса  $r$  возрастает соответственно от 16 мкм при шлифовании до 100 мкм при точении, 800 мкм при обкатывании и 4300 мкм при виброобкатывании. В такой же последовательности располагаются эти поверхности по степени однородности размеров и форме их микронеровностей.

Износостойкость трущихся поверхностей зависит от «рисунка» (расположения выдавливаемых канавок) и от величины занимаемой ими площади, определяющей маслосъемность поверхности.

Для поршневой пары двигателя лучшим является микрорельеф I вида с некасающимися канавками.

Другой важной характеристикой, определяющей износостойкость трущихся деталей, является площадь  $F_k$ , занимаемая канавками. Из рисунка 105 видно, что с увеличением  $F_k$  износ гильз вначале снижается (отрезок  $AB$  кривой 1), а затем возрастает (отрезок  $BC$ ), что объясняется уменьшением опорной поверхности при увеличении площади сверх определенной величины и соответственно возрастанием радиальных давлений поршневого кольца на поверхность гильзы. Оптимальным условием работы гильзы в отношении износостойкости соответствует и минимальный износ поршневых колец (кривая 2). Следовательно, оптимизация микрорельефа в отношении маслосъемности и опорной поверхности при трении является резервом повышения ресурса отремонтированных машин. Например, увеличение маслосъемности рабочей поверхности стальных гильз (глубина канавок 10...15 мкм) и упрочнение поверхностного слоя металла резко улучшают их противозадирные свойства.

## Глава 13

### ТЕРМИЧЕСКАЯ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКИ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

Основные способы термической обработки: отжиг, нормализация, закалка, отпуск.

**Отжиг** — вид термической обработки, при которой деталь нагревают до определенной температуры и затем медленно охлаждают для уничтожения внутренних напряжений, понижения твердости и увеличения вязкости металла. Температура нагрева стали при отжиге зависит от содержания в ней углерода (табл. 113).

Скорость охлаждения при отжиге среднеуглеродистых сталей достигает 200...300°С в час. Специальные стали охлаждаются еще медленнее.

**Нормализация** — вид термической обработки, при которой деталь нагревают до красного каления с последующим охлаждением на воздухе для снятия внутренних напряжений и получения мелкозернистой структуры. Ее широко применяют вместо отжига для

**Т а б л и ц а 113. Температура, °С, заковки, нормализации и отжига сталей**

Марка стали	Нормализация	Заковка	Отжиг
Ст1, Ст2, Ст3, 10	920...950	—	920
15	870...885	—	900
Ст4, 20, 25	830...855	880	880
Ст5, 30, 35	800...820	840...860	840...860
Ст7, 50, 55, 65, У7	770...785	780	780
Ст6, 40, 45	780...800	800...820	800...820
У8, У9	830...855	760	760
У10	900...930	760	760
У12	920...950	760	760

мало- и среднеуглеродистых сталей. При нормализации сталь нагревают на 25...50° С выше, чем при отжиге.

**З а к а л к а** — вид термической обработки, при которой деталь нагревают до определенной температуры и затем быстро охлаждают в воде, масле или каком-либо другом веществе. Закаливающие способности жидкости (твердость по Бринеллю) следующие (твердость стали до заковки НВ 202): вода кипящая НВ 217; расплавленный свинец при 320° С НВ 241; нефть 248; мыльная вода НВ 600; вода при 20° С, насыщенная солью, НВ 625; вода при 20° С, насыщенная содой, НВ 652.

Лучшие результаты получаются при пламенной поверхностной заковке сталей, содержащих 0,35...0,7% углерода (табл. 114). Пламенная поверхностная заковка чугунов дает эффект, когда в упрочняемом металле содержится не менее 0,5% связанного углерода, а общее количество углерода и кремния не превышает соответственно 3,3 и 2%.

Поверхностная заковка с нагревом токами высокой частоты (т. в. ч.) основана на использовании явлений индукции и поверхностного эффекта (табл. 115).

Зависимость глубины проникновения тока от его частоты и температуры нагрева углеродистой стали ( $h$  — глубина проникновения тока в холодную сталь;  $h_{800}$  — в сталь, нагретую до 800° С, мм):

частота тока, Гц . .	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$	$2 \cdot 10^3$	$0,5 \cdot 10^3$
$h$ . . .	0,002	0,02	0,07	0,2	0,5	2,4
$h_{800}$ . .	0,065	0,65	2,1	6,5	14,5	91,4

Температура нагрева при обычной или поверхностной заковке можно приближенно определить по цветам каления (табл. 116). Более точно температуру определяют пирометром. Чугунные и стальные детали для повышения прочности и износостойкости подвергают заковке с последующим отпуском.

**О т п у с к** — термическая обработка, при которой закаленную деталь нагревают до 100...700° С, а затем охлаждают для снятия внутренних напряжений и уменьшения хрупкости, приобретенных в процессе заковки.



Таблица 114. Режимы пламенной поверхностной закалки сталей

Марка стали	Температура закалки, °C	Охлаждающая среда	Твердость после закалки HRC	Глубина закалки, мм
35	880...900	Вода	55	4
40	870...890	»	58	4
45	860...880	»	60	4
50	850...870	»	61	4
55	840...860	»	62	4
60	820...840	»	63	4
70	800...820	»	64	4
40Г	820...840	»	58	5
45Г	820...840	»	60	5
35Г2	820...840	Вода+воздух	55	6
40Г2	820...840	То же	58	6
35Х	860...880	Вода	55	4
40Х	840...860	»	58	4
40ХГ	830...870	Вода+воздух	58	5
35ХМ	830...850	» »	55	10
ШХ9	750...780	» »	62	5
ШХ15	750...780	» »	62	5

Таблица 115. Стали, применяемые для деталей с поверхностной закалкой индукционным способом

Марка стали	Химический состав, %			
	С	Мп	Si	другие элементы
35	0,32...0,40	0,5...0,8	0,17...0,37	—
45	0,37...0,45	0,5...0,8	0,17...0,37	—
50	0,47...0,55	0,5...0,8	0,17...0,37	—
45 Г2	0,35...0,45	1,4...1,8	0,17...0,37	—
40Х	0,36...0,45	0,5...0,8	0,17...0,37	0,8...1,1 Cr
40ХФ	0,37...0,44	0,5...0,8	0,17...0,37	0,8...1,1 Cr 0,1...0,2
40ХС	0,37...0,45	0,2...0,6	1,2...1,60	1,3...1,6 С
45ХН	0,41...0,49	0,5...0,8	0,17...0,37	0,45...0,75 Cr 1,0...1,4 Ni
У12	1,15...1,24	0,15...0,3	0,15...0,30	—
ШХ15	0,95...1,10	0,2...0,4	0,15...0,30	1,3...1,65 Cr
55ПП	0,55...0,63	Не более 0,2	0,10...0,30	0,28 Ni 0,15 Cr 0,2 Cu (суммарный процент не более 0,5)
СЧ 21-40	2,80...3,00	0,3...0,5	2,5...3,20	

Марка стали	Глубина закаленного слоя* максимальная, мм	Твердость закаленного слоя после низкого отпуска, HRC	Температура нагрева (°C) при продолжительности пребывания выше A <sub>C1</sub> (с)		
			2 . . . 4	1 . . . 1,5	0,5 . . . 0,8
35	3	50...56	880...920	910...950	970...1050
45	4	55...62	850...890	880...920	930...1000
50	4	57...63	850...890	880...920	930...1000
45 Г2	5	55...61	830...870	860...900	920...980
40X	6	54...56	860...900	880...920	940...1000
40XФ	5	55...60	860...900	880...920	950...1010
40XC	6	54...59	860...900	880...920	950...1010
45XH	8	56...61	840...880	860...900	920...980
У12	2	60...64	800...840	820...880	840...920
ШХ15	8	62...64	900...940	—	—
55ГП	2	59...61	900...1000	—	—
СЧ 21-40	5	45...53	880...900	900...920	

\* До полумартенситной зоны.

Т а б л и ц а 116. Цвет калиения

Цвет калиения	Температура детали, °C	Цвет калиения	Температура детали, °C
Светло-желтый	220	Темно-бурый	600
Соломенно-желтый	230	Темно-вишнево-красный	700
Золотисто-желтый	245	Светло-вишнево-красный	800
Красноватый	250	Красный	850
Фиолетовый	265	Светло-красный	900
Коричневый	280	Оранжевый	950
Светло-синий	295	Желтый	1000
Темно-синий	315	Желто-белый	1100
Серый	420		
Очень слабое свечение в темноте	500...520		

Химико-термическая обработка восстанавливаемых деталей заключается в изменении химического состава в поверхностных слоях ее под воздействием внешних сред и температуры. Основные виды обработки — цементация, цианирование, азотирование.

**Цементация** — процесс насыщения поверхностного слоя стали углеродом с целью повышения механических свойств и износоустойчивости. Насыщение углеродом достигается путем нагрева стальных деталей до 900...950°С и длительного прогрева их при этой температуре в атмосфере газов, распадающихся с выделением атомарного углерода.

**Таблица 117. Составы и фракции для цементации в твердом карбюризаторе**

Состав карбюризатора, фракции	Карбюризатор древесно- угольный (березовый), ГОСТ 2047— 73, %	Карбюризатор полукоксовый, ГОСТ 5535—76, %
Уголь древесный березовый	Остальное	—
Каменноугольный полукокс	—	Остальное
Углекислый барий	20±2	10...14
Углекислый кальций, не более	2	2,7
Сера, не более	0,04(0,06)	0,3
Двуокись кремния, не более	0,2(0,3)	Не нормируется
Летучие вещества, не более	8(9)	То же
Воды, не более	4	6
Фракции (по величине зерен):		
не менее 3,5 мм	Не более 2	4
от 3,5 до 10 мм	92	84
от 10 до 14 мм	6	12

**Примечание.** Древесноугольный карбюризатор применяют 1-го и 2-го сортов, цифры в скобках соответствуют 2-му сорту.

Цементация в твердом карбюризаторе (табл. 117) осуществляется прогревом деталей, упакованных чаще всего в смеси активированного древесного (дубовый, березовый) угля в зернах диаметром 3,5...10 мм. Для ускорения цементации в смесь добавляют 10...40% углекислого бария и углекислого натрия. Температура цементации 900...950°С. Глубина науглероженного слоя зависит от продолжительности процесса. При цементации твердым карбюризатором в течение 4...24 ч может быть достигнута глубина науглероженного слоя 0,4...2,5 мм.

Жидкая цементация осуществляется в ваннах из расплавленных солей углекислого натрия (75...85%), поваренной соли (10...15%) и карбида кремния (5...10%). Температура ванны поддерживается в пределах 850...860°С. Обрабатываемые детали в стальных корзинах или ковшах погружают в ванну и выдерживают в ней 0,5...3 ч. В зависимости от продолжительности цементации глубина диффузии может быть достигнута 0,2...0,5 мм.

Твердость достигает HRC 56...63. Термическая обработка стали после цементации обычно заключается в двойной закалке и отпуске.

Первая закалка проводится при 900° С, вторая — при 750° С. После закалки проводится отпуск температуры 150...200° С, и на этом термическая обработка заканчивается.

**Цианирование** — насыщение поверхностного слоя стали углеродом и азотом одновременно для повышения механических свойств и износоустойчивости. Цианирование осуществляется путем нагрева стальных деталей до 750...850° С и длительного прогрева их при этой температуре в средах, содержащих активные углерод и азот. При жидкостном цианировании применяют цианистый натрий или цианистый калий, двууглекислую соду и поваренную соль. При газовом цианировании в качестве цианирующей среды используют смесь науглероживающего газа (70...80%) и аммиака (30...20%).

В зависимости от температуры и состава ванн различают низко- (550...600° С), средне- (800...860° С) и высокотемпературное (900...960° С) цианирование. Наибольшую глубину диффузии активных углерода и азота дает высокотемпературное цианирование (0,5...2 мм) при продолжительности процесса 1...10 ч. В зависимости от продолжительности процесса  $\tau$  глубина слоя  $h$ , насыщенного углеродом и азотом, при цианировании может достигать следующих значений:

$\tau$ , ч . .	1...2	1,5...3	2...4	3...5	4...6,5
$h$ , мм . .	0,4...0,7	0,6...0,9	0,8...1,2	1...1,1	1,2...1,6
$\tau$ , ч . .	5...8	6...9	7...10		
$h$ , мм . .	1,4...1,8	1,5...1,9	1,6...2		

В результате цианирования поверхностный слой стальных изделий одновременно содержит и углерод (0,4...0,8%) и азот (0,5...0,8%). Твердость такого слоя после закалки очень высока — HRC 50...62.

**Азотирование** — насыщение поверхностного слоя стали азотом для повышения твердости и износоустойчивости. Азотирование осуществляется путем нагрева стальных деталей до 500...650° С и длительного прогрева их (3...90 ч) при этой температуре в атмосфере аммиака. Насыщенный азотом слой достигает глубины 0,01...0,8 мм.

Азотированию подвергают детали, предварительно термически обработанные, т.е. закаленные и отпущенные, причем температура отпуска должна быть несколько выше температуры азотирования. Азотированные детали приобретают высокую твердость, сохраняющуюся при нагреве до 600...650° С, высокую износоустойчивость, а также сопротивляемость коррозии.

**Алитирование** — процесс насыщения поверхностного слоя стальной детали алюминием для повышения окалиностойкости стали до 800...900° С. Различают твердое алитирование (продолжительность 3...12 ч для получения слоя 0,2...0,5 мм), жидкое (продолжительность 45...90 мин для получения слоя 0,4...0,45 мм) и газовое (продолжительность 2...3 ч для получения слоя 0,4...0,45 мм). Для твердого алитирования используют твердые порошки ферроалюминия. Иногда в смесь добавляют 40...60% глинозема, шамота, кварцевого песка и т.д. Для жидкого алитирования применяют расплавленный алюминий, содержащий 6...8% железа. Газовое алитирование осуществляют в парах  $AlCl_3$  в смеси с другими газами. Процесс алитирования происходит при 950...1000° С (жидкое алитирование при 750...800° С).

**Хромирование** — процесс поверхностного насыщения стальных деталей хромом для повышения коррозионной стойкости, ока-

линоустойчивости, а в случае хромирования высокоуглеродистых сталей — твердости и износостойкости.

Для твердого хромирования применяют порошки, содержащие 40...60% феррохрома, к которому добавляют магнезит, шамот или каолин, для газового хромирования — пары  $\text{CrCl}_2$  и  $\text{CrCl}_3$ , для жидкого хромирования —  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$  или  $\text{MgCl}_2$ , к которым добавляют 15...30%  $\text{CrCl}_2$  или феррохром. Для получения слоя 0,05...0,15 мм хромирование ведут в твердых порошках ( $1100^\circ\text{C}$ ) в течение 6...12 ч. Газовое хромирование продолжается 3...6 ч для получения слоя 0,05...0,1 мм. Жидкое хромирование происходит в течение 10...15 мин для получения слоя 0,01...0,03 мм. Процесс хромирования протекает при  $950...1150^\circ\text{C}$ .

**С и л и ц и р о в а н и е** — поверхностное насыщение стали кремнием для повышения антикоррозионных свойств, окислительной устойчивости и износостойкости. Для силицирования в твердых порошках применяют ферросилиций, карбид кремния или их смеси с добавкой 2...5%  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Для газового силицирования используют тот же состав, но через смесь пропускают хлор для образования  $\text{SiCl}_4$ . Силицирование в твердых порошках длится 2...24 ч для получения слоя 0,02...0,8 мм ( $1150^\circ\text{C}$ ). Газовое силицирование длится 2...5 ч для получения слоя 0,3...0,9 мм ( $980^\circ\text{C}$ ).

**Б о р и р о в а н и е** — поверхностное насыщение бором для повышения твердости, износостойкости и коррозионной устойчивости. Различают два вида борирования. Борирование при электролизе расплавленной буры (деталь служит катодом; плотность тока 0,1...0,2 А/см<sup>2</sup>) и жидкое борирование: а) 78%  $\text{BaCl}_2$  + 22%  $\text{NaCl}$ , к которым добавляют 10% (по массе) карбида бора или 20% ферробора; б) 60% буры + 40% карбида бора. Борирование при электролизе 1...6 ч. Жидкое борирование продолжается 1...3 ч для получения слоя 0,15...0,25 мм. Процесс борирования протекает при  $900...1100^\circ\text{C}$ .

**С е р о н а с ы щ е н и е** (с у л ь ф и д и р о в а н и е) — насыщение поверхности стальных и чугунных деталей серой и азотом для снижения сил трения при работе без смазки, предотвращение надиров и заедания, а также для повышения устойчивости на истирание. Процесс протекает в расплавленных слоях: а) состав нейтральной части ванны: 45%  $\text{KCl}$  + 55%  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; состав активной части ванны: 2%  $\text{NaCNS}$  + 6%  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ; б) 80%  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$  + 20%  $\text{NaOH}$  + 10%  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . Длительность серонасыщения при  $560...580^\circ\text{C}$  0,5...3 ч для получения слоя 0,05...0,3 мм.

## **Упрочнение наплавленных деталей поверхностной закалкой**

Поверхностную закалку наплавленного слоя металла осуществляют, исходя из его химического состава и механических свойств материала новой детали. Исследованиями, проведенными в отраслевой лаборатории ЛСХИ, установлено, что повышение твердости металла, наплавленного при различных видах и условиях, обеспечивается в пределах, указанных в таблице 118.

Оптимальные температуры закалки металла, наплавленного в различных защитных средах разными электродными проволоками, представлены в таблице 119.

Для всех видов наплавки оптимальная температура закалки повышается на 50...70% по сравнению с температурой закалки стали

**Т а б л и ц а 118. Твердость металла однослойной наплавки до и после закалки с нагрева токами высокой частоты**

Защитная среда	Основной материал и марка электродной проволоки	Твердость наплавленного металла, HV		Процент повышения твердости
		после наплавки	после закалки	
—	Сталь 45, нормализованная	206*	—	—
Флюс АН-348А	Сталь 45, закаленная	—	766*	—
	Сталь 45, наплавленная электродной проволокой Нп-30ХГСА	265...285	550...570	106
Углекислый газ	То же, Нп-70 (У7А)	235...250	640...650	163
	Сталь 45, наплавленная электродной проволокой Св-08Г2С	185...195	395...410	108
Водяной пар	То же, Св-18ХГСА	245...260	550...560	118
	То же, Нп-30ХГСА	255...265	560...570	118
	Сталь 45, наплавленная электродной проволокой Нп-30ХГСА	205...215	543...555	162
Поток воздуха	То же, Нп-70 (У7А)	187...197	600...608	215
	Сталь 45, наплавленная электродной проволокой Нп-30ХГСА	289...300	552...575	92
	То же, Нп-70 (УГА)	245...255	740...750	198

\* Твердость стали 45.

**Т а б л и ц а 119. Оптимальные температуры нагрева наплавленного металла под закалку**

Вид и условие наплавки	Оптимальная температура закалки наплавленного металла, °С
Нп-30ХГСА, флюс АН-348А	900+30
Нп-70 (У7А), флюс АН-348А	870+30
Св-08Г2С, углекислый газ	900+30
Св-18ХГСА, углекислый газ	880+30
Нп-30ХГСА, углекислый газ	870+30
Нп-30ХГСА, водяной пар	910+30
Нп-70 (У7А), водяной пар	880+30
Нп-30ХГСА, поток воздуха	900+30
Нп-70 (У7А), поток воздуха	780+30

45 и составляет 900...920°. Глубину закалки выбирают соответственно новым деталям с учетом величины износа.

Твердость поверхности деталей, восстановленных различными видами электродуговой наплавки, после закалки с нагрева т. в. ч. приведена в таблице 120.

Эффективность применения закалки с нагрева т. в. ч. для повышения усталостной прочности деталей, изготовленных из стали 45 и наплавленных в углекислом газе, аргоне и комбинированных газовых средах на основе аргона, электродной проволокой Нп-30ХГСА, характеризуется данными, приведенными в таблице 121.

**Т а б л и ц а 120. Твердость наплавленной поверхности деталей из стали 45 после закалки с нагрева токами высокой частоты**

Марка электродной проволоки	Защитная среда	Твердость наплавленного металла после закалки, HRC
Нп-70 (У7А)	Флюс АН-60	51...54
Нп-50	Флюс АН-348А	43...45
Нп-30ХГСА	Флюс АН-348А	44...46
Нп-30ХГСА	Водяной пар	43...45
Нп-30ХГСА	Углекислый газ	51...53
Нп-50	Флюс АН-348А	45...47
Нп-50ХФА	Флюс АН-348А	44...48
Нп-30ХГСА	Водяной пар	44...46
Нп-30ХГСА	Углекислый газ	50...53

**Т а б л и ц а 121. Влияние поверхностной закалки с нагрева токами высокой частоты на усталостную прочность деталей из стали 45, восстановленных наплавкой в газах**

Защитная среда	Предел усталостной прочности $\sigma_{-1}$ , кг/мм <sup>2</sup>	
	после наплавки	после наплавки и закалки
Углекислый газ (CO <sub>2</sub> )	17	40
Аргон (Ar)	24	49
Раздельные струи Ar+CO <sub>2</sub>	25	48
Смесь Ar+12% CO <sub>2</sub>	22	46
Смесь Ar+3% O <sub>2</sub>	21	49

Предел усталостной прочности  $\sigma_{-1}$  для эталонных образцов, изготовленных из стали 45, составляет в нормализованном состоянии 26,5...26,6 кг/мм<sup>2</sup> и в закаленном с нагревом т. в. ч. состоянии — 51...52 кг/мм<sup>2</sup>. Закалка с нагревом т. в. ч. аналогичных образцов, наплавленных вибрирующим электродом в среде охлаждающей жид-

кости, повышает их усталостную прочность с 8,28 кг/мм<sup>2</sup> до 47,3 кг/мм<sup>2</sup> и создает в поверхностном слое напряжения сжатия. Однако предел выносливости наплавленных и закаленных указанным способом образцов ниже, чем у эталонных образцов (также закаленных с нагрева т. в. ч.), что связано, как и при наплавке в углекислом газе, с наличием в наплавленном металле концентраторов напряжений в виде различных сварочных пороков (пор, трещин и др.).

### Упрочнение восстанавливаемых деталей нитроцементацией

Суть способа заключается в следующем (рис. 106). Газовую смесь (8...10% пропана, 85...88% воздуха, 3...5% аммиака) подают в рабочую реторту печи, заполненную мелкодисперсными частицами катализатора (порошка активной окиси алюминия диаметром 0,2...0,8 мм, пропитанного азотнокислым никелем) со скоростью 0,2...0,5 м/с, что обеспечивает псевдооживление частиц катализатора. Температуру в печи поддерживают 870...888° С. Содержащийся в смеси аммиак обеспечивает отсутствие сажевыделения в рабочем пространстве и приводит к насыщению диффузионного слоя азотом до концентрации 0,05...0,1%. Концентрация углерода на поверхности диффузионного слоя регулируется в пределах 0,9...1% за счет изменения содержания пропана в подаваемой смеси. В пространстве над кипящим слоем к псевдооживленному газу добавляют контролируемую порцию свежего аммиака. Восстанавливаемые детали опускают в кипящий слой и после определенного промежутка времени вынимают и выдерживают над слоем. Затем детали закаливают, при необходимости предварительно остудив их.

Нитроцементация позволяет получить глубокие диффузионные слои с оптимальным поверхностным содержанием в них углерода и азота при кратковременной выдержке деталей в печи (табл. 122).

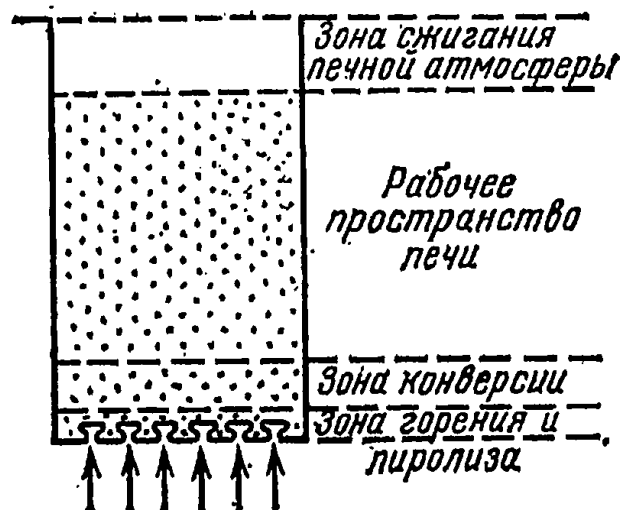
Таблица 122. Влияние режима нитроцементации на характер распределения С и N в диффузионном слое

Марка стали	Температура нитроцементации, °С	Время выдержки над кипящим слоем, ч	Время выдержки в кипящем слое, ч	Содержание азота на поверхности, %	Содержание углерода на поверхности, %	Глубина слоя, мм	Добавка аммиака, %
20Х	870	1,5	1,5	0,25	0,82	0,75...0,82	7
25ХІМ	870	1,5	1,5	0,2	0,75	0,81...0,87	6
25ХГТ	870	1,5	2,0	0,3	0,8	0,85...0,88	6

На рисунках 107 и 108 приведены номограммы для расчета времени выдержки деталей в печи при оптимальных условиях проведения нитроцементации по одноступенчатому и двухступенчатому режимам ( $t_n = 870^\circ \text{С}$ ,  $\alpha = 0,31$ ,  $\alpha_{\text{кат}} = 0,2...0,3$  мм,  $v_{\text{ге}} = 0,3$  м/с,



Рис. 106. Структурная схема печи для нитроцементации.



$V_N = 6\%$  — при одноступенчатом режиме,  $V_N = 60...50$  — при двухступенчатом).

На рисунке 109 даны кривые выносливости деталей, восстановленных наплавкой или остаиваем с последующей нитроцементацией в кипящем слое катализатора.

Результаты испытаний образцов на износостойкость приведены на рисунке 110.

Технологический процесс разработан во Всесоюзном научно-исследовательском и технологическом институте монтажа, эксплуатации и ремонта машин и оборудования животноводческих и птицеводческих ферм (ВНИИТИМЖ).

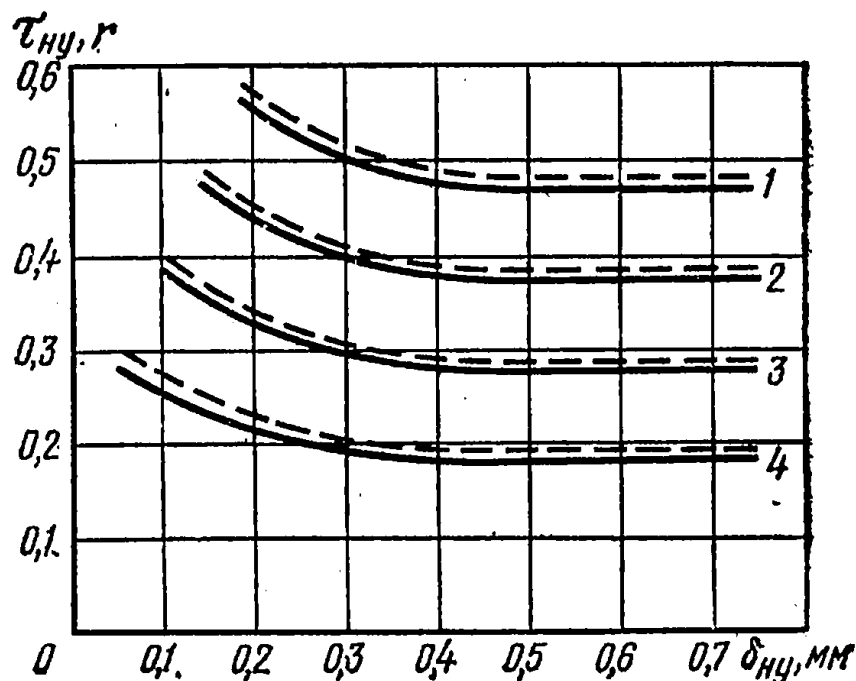


Рис. 107. Зависимость продолжительности процесса насыщения восстанавливаемых деталей от глубины гальванопокрытия и толщины нитроцементированного слоя для режима:

1 — одноступенчатого; 2 — двухступенчатого; 1 —  $\delta_{II} = 0,2$  мм; 2 —  $\delta_{II} = 0,15$  мм; 3 —  $\delta_{II} = 0,1$  мм; 4 —  $\delta_{II} = 0,05$  мм.

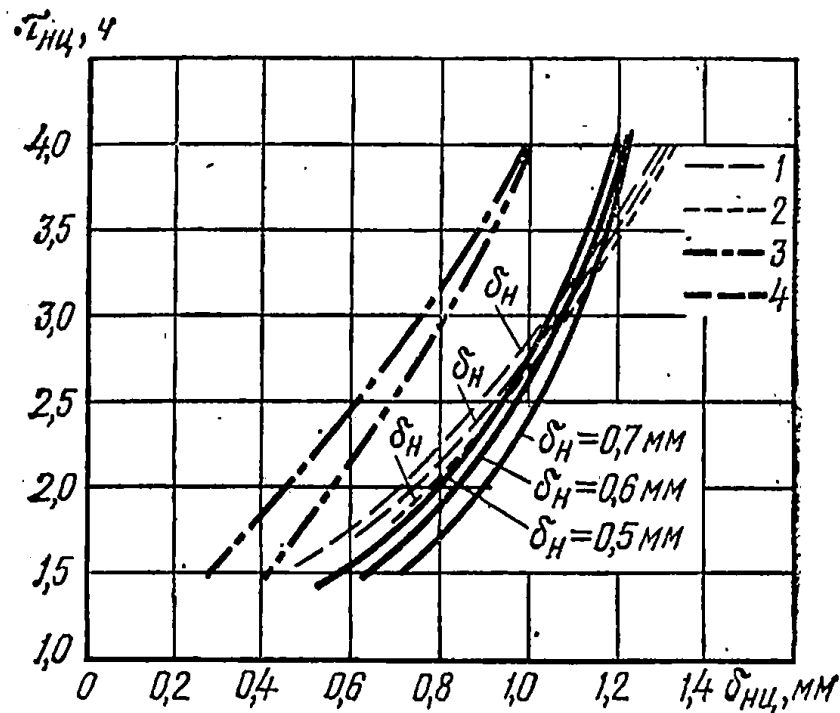


Рис. 108. Зависимость продолжительности процесса насыщения новых (3 и 4) и восстановленных (1 и 2) деталей от глубины нитроцементированного слоя  $\delta_{нц}$  и толщины наплавленного металлопокрытия  $\delta_{н}$  для режима:  
1 и 3 — одноступенчатого; 2 и 4 — двухступенчатого.

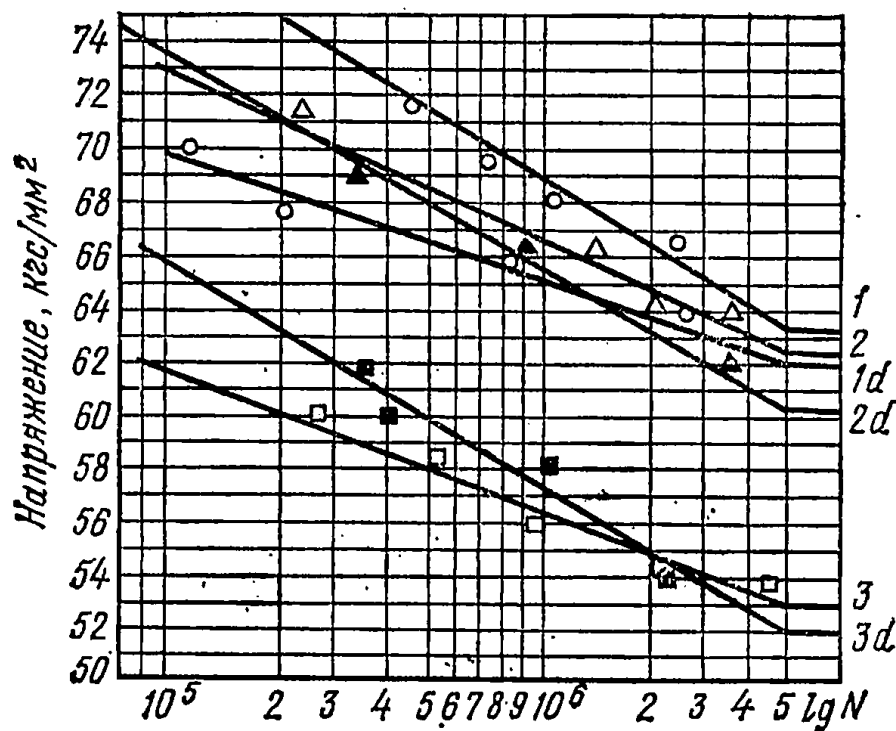
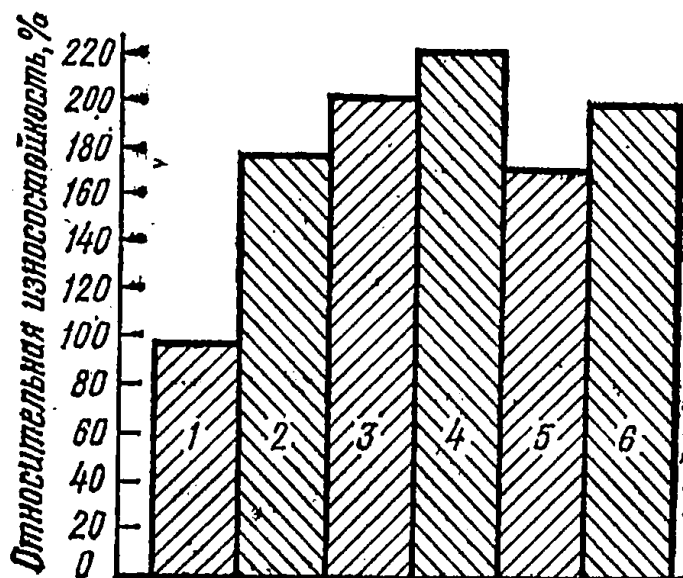


Рис. 109. Кривые выносливости:

1 — наплавка проволокой Св-18ХГСА, нитроцементация по двухступенчатому режиму, закалка, отпуск; 1d — наплавка проволокой Св-18ХГСА, нитроцементация по одноступенчатому режиму, закалка, отпуск; 2 — наплавка проволокой Св-0812С, нитроцементация по двухступенчатому режиму, закалка, отпуск; 2d — наплавка проволокой Св-08Г2С, нитроцементация по одноступенчатому режиму, закалка, отпуск; 3 — осталивание, нитроцементация по двухступенчатому режиму, закалка, отпуск; 3d — осталивание, нитроцементация по одноступенчатому режиму, закалка, отпуск.

Рис. 110. Относительная износостойкость металлопокрытий

1 — сталь 45, закалка т. в. р. (эталон); 2 — наплавка Св-08Г2С, цементация, закалка, отпуск; 3 — наплавка Св-08Г2С, нитроцементация, закалка, отпуск; 4 — наплавка Св-18ХГСА, нитроцементация, закалка, отпуск; 5 — оставление, цементация, закалка, отпуск; 6 — оставление, нитроцементация по двухступенчатому режиму, закалка, отпуск.



### Упрочнение восстанавливаемых деталей лазером

Закалка ряда деталей токами высокой частоты приводит к их деформациям, что требует введения дополнительных механических операций. Возможны деформации, превышающие допустимые, при азотировании и низкотемпературной газовой нитроцементации, несмотря на предварительный высокий отпуск деталей.

В ряде случаев возможно применение метода упрочнения с локальным термическим воздействием поверхностей. Наиболее перспективным в этом плане является метод лазерной обработки. Целесообразно использовать лазеры для упрочнения отверстия направляющей втулки клапана, седла клапана, кулачков распределительного вала, канавок поршневых колец и т. д., корпуса картера рулевого управления. Например, для лазерного упрочнения коробок дифференциала заднего моста автомобилей используют газовый лазер на  $\text{CO}_2$  непрерывного действия мощностью до 1 кВт. Длина волны генерируемого света 10,6 мкм (невидимый инфракрасный).

Деталь (рис. 111) закрепляют в приспособлении, и она вращается с регулируемой скоростью. На упрочняемую поверхность при лазерном воздействии наносят дорожки упрочнения шириной 1,6 мм на расстоянии 2...3 мм друг от друга (рис. 112). Для уменьшения коэффициента отражения детали из чугуна предварительно подвергают фосфатированию в препарате «Мажеф» или КПФ-1.

Микроструктура чугуна КЧ35-10 до обработки — феррит с хлопьевидным графитом, микротвердость феррита —  $H_{20} \leq 150$  кг/мм<sup>2</sup>.

В зоне воздействия лазерного излучения микроструктура чугуна представляет собой измельченный деформированный феррит, твердость которого изменяется по глубине обработанной зоны и может достигать  $H_{20} = 240$  кг/мм<sup>2</sup> в плоскости воздействия луча. Кроме измельченного феррита при охлаждении расплава, образовавшегося в местах контакта феррит—графит, появляются участки аустенитно-ферритной смеси с твердостью  $H_{20} = 670$  кг/мм<sup>2</sup>.

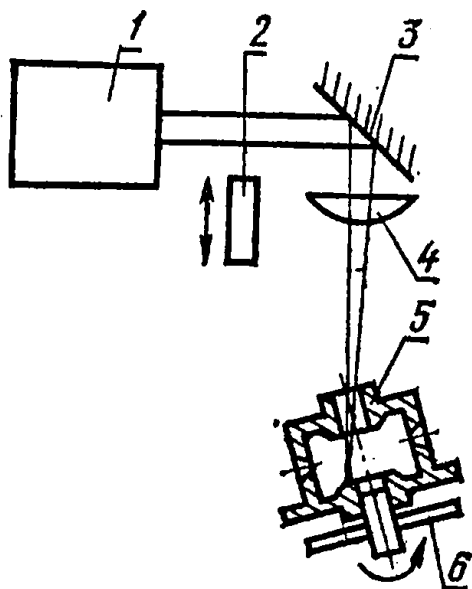


Рис. 111. Схема обработки детали газовым лазером на  $\text{CO}_2$ :

1 — лазер; 2 — измеритель мощности; 3 — зеркало; 4 — фокусирующая линза; 5 — деталь; 6 — приспособление.

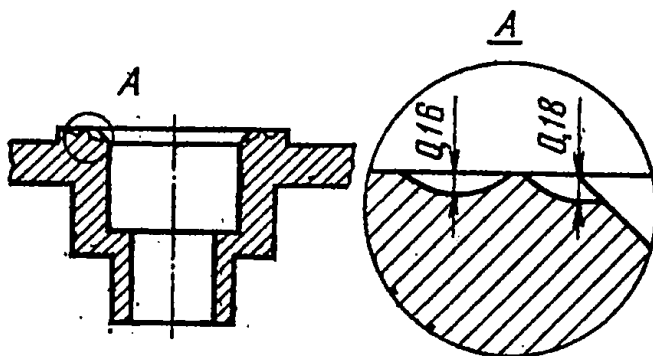


Рис. 112. Поперечное сечение обработанной опорной поверхности.

Оптимальный режим обработки достигается при плотности мощности лазерного излучения  $(7...8,5) \cdot 10^3$  Вт/см<sup>2</sup>; максимальная твердость фер-

рита и достаточная глубина упроченной зоны 80...90 мкм.

Лазерное упрочнение применимо при централизованном восстановлении деталей сложной формы.

Лазерное упрочнение — эффективный и экономически выгодный метод повышения износостойкости деталей из ферритного ковкого чугуна, износостойкость увеличивается не менее чем в 5 раз. Нет необходимости упрочнять всю поверхность — достаточно иметь отдельные упрочненные участки, чтобы в несколько раз повысить износостойкость трущейся пары в целом.

Лазерное упрочнение имеет ряд преимуществ перед другими методами термической и химико-термической обработки: локальность обработки, отсутствие поволоки и деформации (исключена последующая механическая обработка), возможность обработки труднодоступных мест.

Лазерное упрочнение может найти широкое применение в ремонтном производстве, как наиболее эффективный метод повышения ресурса работоспособности узлов и агрегатов автомобилей и тракторов.

## Электромеханическое упрочнение восстанавливаемых деталей

Основой электромеханического упрочнения является сочетание термического и силового воздействия на поверхностный слой восстанавливаемой детали. Сущность ЭМУ заключается в том, что в процессе обработки через место контакта инструмента и детали проходит ток большой силы и низкого напряжения, вследствие чего гребешки микронеровностей сильно нагреваются и под давлением инструмента

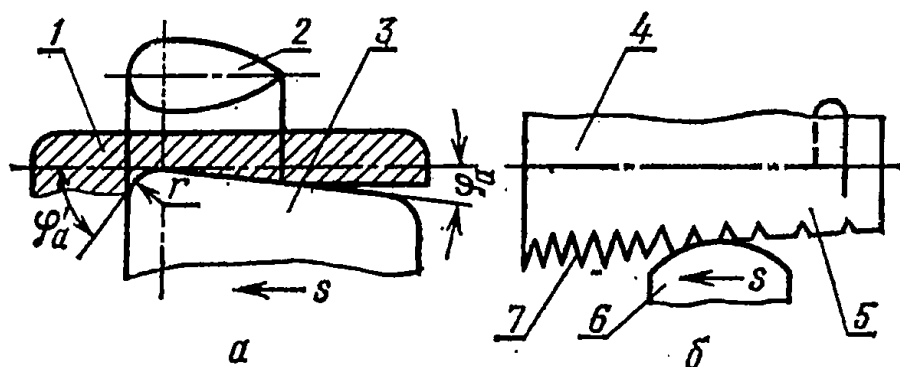


Рис. 113. Образование каплевидного отпечатка (а) и схема сглаживания исходных микронеровностей (б).

деформируются и сглаживаются, при этом поверхностный слой упрочняется. Режимы электромеханической обработки являются:  $I$  — сила тока, проходящего через контакт инструмента и детали;  $Q$  — сила прижима обрабатывающего инструмента к детали;  $v$ ,  $S$  — скорость и подача ЭМУ;  $i$  — число рабочих ходов инструмента.

Инструментом для ЭМУ может служить неподвижно закрепленная пластина, имеющая торoidalную рабочую поверхность, или же вращающийся ролик 1, ось вращения которого лежит в одной плоскости с осью вращения обрабатываемой заготовки 3. Для избежания волнистости обрабатываемой поверхности следует применять деформирующий ролик, дающий каплевидный отпечаток 2. При этом важными факторами обработки становятся его заборный радиус  $r$  и задний угол вдавливания  $\varphi_a$  (рис. 113, а). Схема сглаживания показана на рисунке 113, б. Деталь 4 вращается, инструмент 6 осуществляет движение подачи; при этом после рабочего хода сглажи-

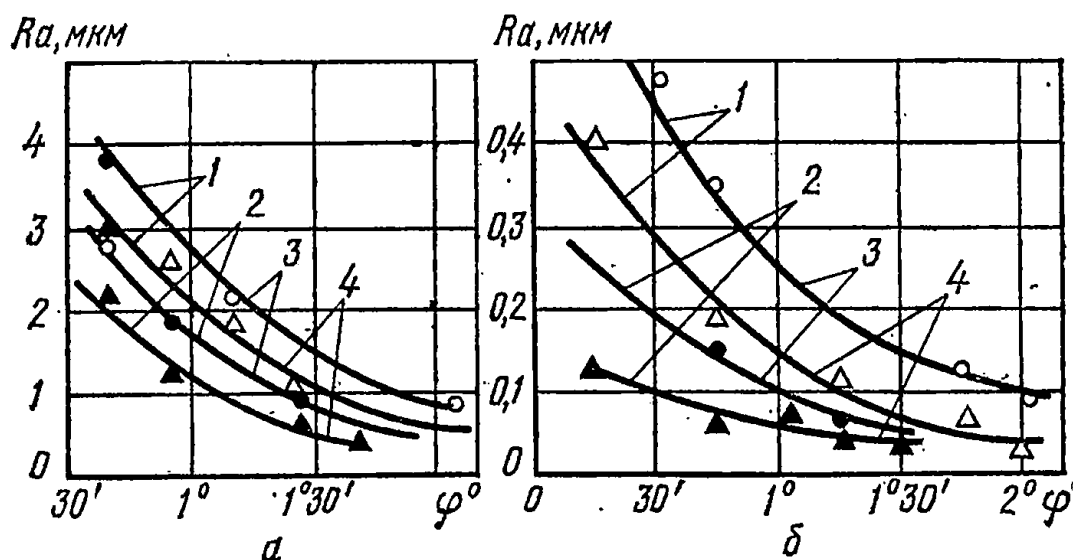


Рис. 114. Влияние геометрии деформирующего ролика на шероховатость поверхности при электромеханической обработке; предварительная обработка — точение:

а —  $Ra_{\text{пр}} = 8 \text{ мкм}$ ; б —  $Ra_{\text{пр}} = 1,8 \text{ мкм}$ ; 1 —  $r = 1,5 \text{ мм}$ ; 2 —  $r = 1 \text{ мм}$ ; 3 —  $l = 0$ ; 4 —  $l = -500 \text{ А}$ .

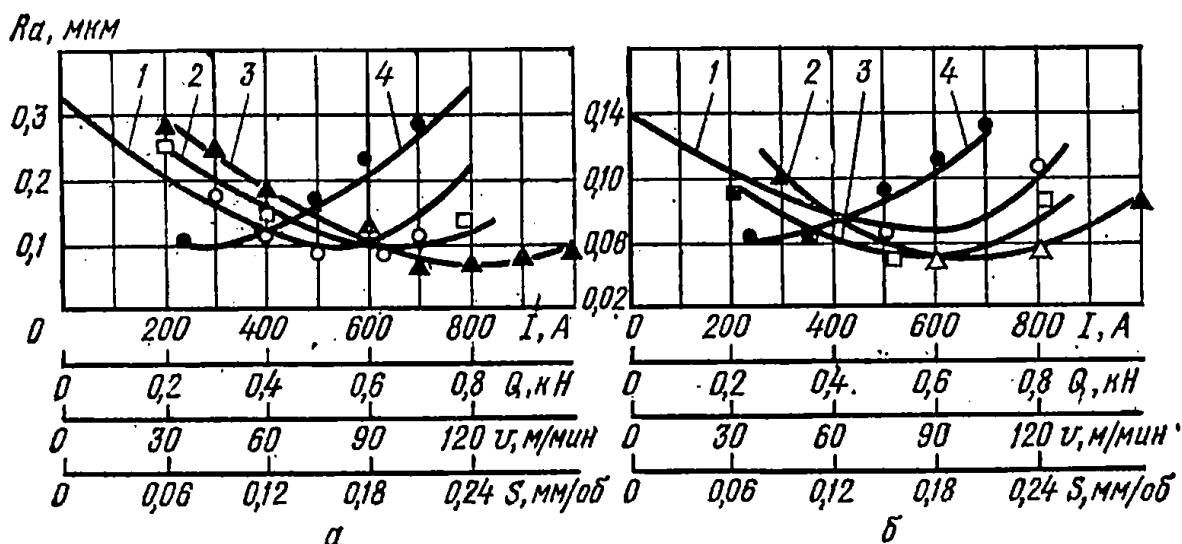


Рис. 115. Влияние режимов электромеханической обработки на шероховатость поверхности; предварительная обработка — точение:

а —  $Ra_{пр} = 8$  мкм; б —  $Ra_{пр} = 1,3$  мкм; 1 —  $f(I)$ ; 2 —  $f(Q)$ ; 3 —  $f(v)$ ; 4 —  $f(S)$ .

вающего инструмента исходная шероховатость 7 получает профиль 5.

В качестве предварительной обработки возможны два метода: точение и круглое шлифование. Если требования к точности обрабатываемой поверхности невелики, то предпочтительнее с точки зрения снижения себестоимости детали применять точение. Круглое шлифование дает значительно меньшую погрешность формы, чем точение.

Рабочую поверхность деформирующего ролика, изготовленного из стали Р18 (HRC 62...64), доводят алмазной пастой на деревянном

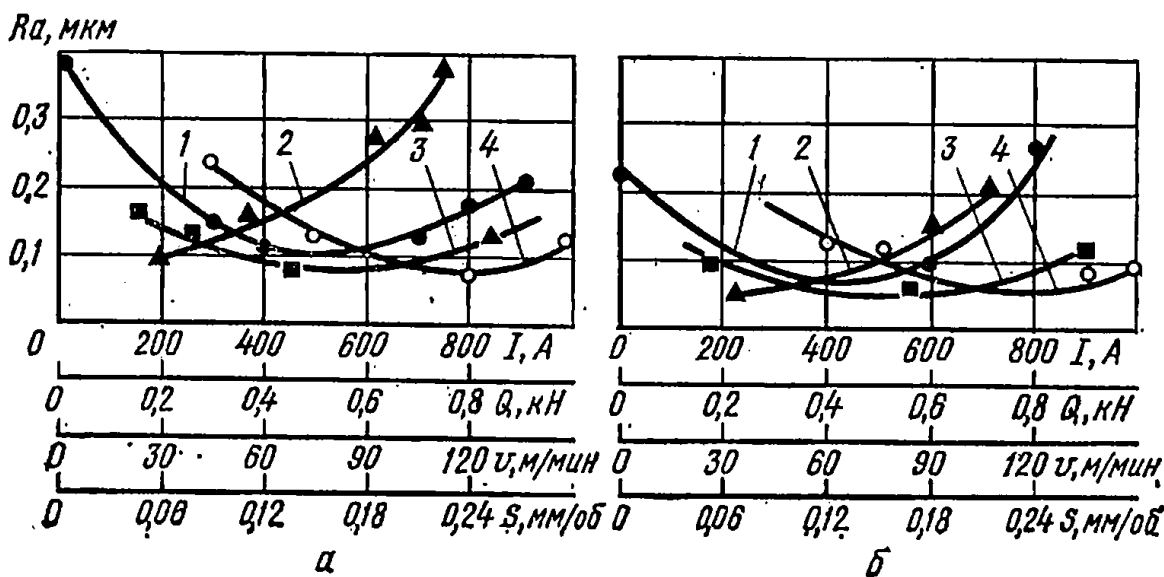


Рис. 116. Влияние режимов электромеханической обработки на шероховатость поверхности; предварительная обработка — круглое шлифование периферией абразивного круга:

а —  $Ra_{пр} = 2,2$  мкм; б —  $Ra_{пр} = 0,9$  мкм; 1 —  $f(I)$ ; 2 —  $f(v)$ ; 3 —  $f(Q)$ ; 4 —  $f(S)$ .

притире до  $R_a = 0,1 \dots 0,04$  мкм. Величину профильного радиуса ролика  $r_p$  контролируют шаблоном.

На рисунке 114 показано влияние заднего угла вдавливания ролика и его заборного радиуса  $r$  на шероховатость обработанной поверхности, которая оценивалась по параметру  $R_{a_{пр}}$ . Из графиков видно, что с увеличением угла вдавливания шероховатость поверхности уменьшается. Эта закономерность сохраняется как для накатывания ( $I=0$ ), так и для электромеханической обработки ( $I=500$  А). Уменьшение заборного радиуса ролика  $r$  ведет к снижению шероховатости после накатывания.

Зависимости шероховатости поверхности от режимов обработки показаны на рисунках 115 и 116. При возрастании силы тока от 400 до 500 А шероховатость обработанной поверхности уменьшается. Увеличение силы тока более 500 А ведет к повышению шероховатости обрабатываемой поверхности. Следует выбирать величину тока при финишной ЭМУ в пределах до 500 А, тогда можно достичь  $R_a = 0,05 \dots 0,16$  мкм при достаточной стойкости упрочняющего инструмента. Следует иметь в виду, что такие рекомендации пригодны для получения поверхностей с минимальной шероховатостью. Для получения максимального упрочнения и увеличения наклепа нужно увеличить силу тока. При ЭМУ с большой силой тока (500...1500 А) для получения максимального упрочнения обрабатываемой поверхности следует проводить дополнительно финишную операцию, чтобы обеспечить достаточно низкую шероховатость. К этому вопросу следует подходить с точки зрения технических требований, предъявляемых к обрабатываемой поверхности восстанавливаемой детали.

В описанных зависимостях (рис. 114...116) обработку проводили при следующих условиях: профильный радиус ролика  $r = 1,2$  мм; задний угол вдавливания  $\varphi_a = 1^\circ 30'$ ; сила тока  $I = 500$  А; сила обкатывания  $Q = 0,8$  кН; скорость обработки  $v = 80$  м/мин; подача  $S = 0,07$  мм/об; число проходов  $i = 1$ . В каждой серии экспериментов изменяли лишь тот режим, влияние которого исследовали.

Уменьшение скорости обработки приводит к сильному разогреву микрообъемов поверхностного слоя детали и в конечном итоге увеличивает шероховатость.

Увеличение числа рабочих ходов инструмента повышает кратность приложения сил (рис. 117). При грубой исходной обработке и при низком давлении инструмента существенное влияние на шероховатость поверхности оказывает второй рабочий ход. Влияние последующего третьего рабочего хода незначительно.

Области рациональных режимов давления инструмента  $Q$ , силы тока  $I$  и окружной скорости  $v$ , при которых можно получить поверхностный слой наплавленного металла высокого качества, показаны на рисунках 117 и 118.

Влияние давления  $Q$  и окружной скорости  $v$  на качество поверхности (рис. 118) и выражается в том, что весь диапазон режимов разделяется на три области: обгорания поверхности ( $I$ ), упрочнения поверхности ( $II$ ) и разрушения поверхностного слоя ( $III$ ).

Область  $I$  характерна для низких давлений и малых окружных скоростей. В месте контакта возникает высокое контактное сопротивление  $R_k$ , выделяется большое количество тепла и металл как бы обгорает, в результате чего ухудшается чистота и поверхность приобретает черный цвет.

Область упрочнения  $II$  соответствует средним давлениям и почти всему диапазону рабочих скоростей с удовлетворительным по

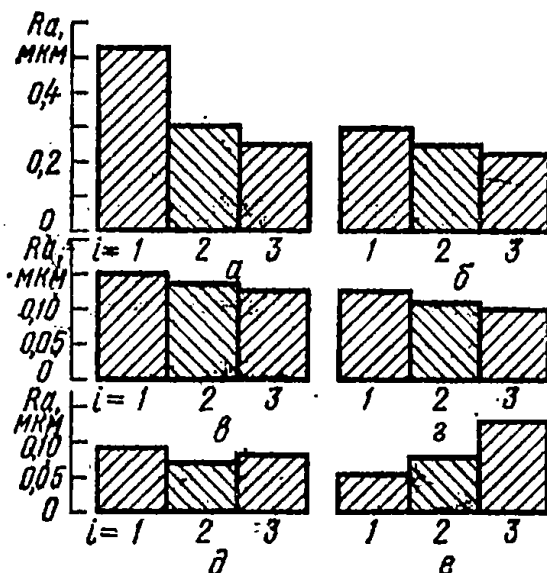


Рис. 117. Зависимость шероховатости поверхности от числа рабочих ходов инструмента при электромеханической обработке ( $I=500$  А;  $v=40$  м/мин;  $S=0,07$  мм/об;  $r=1,2$  мм;  $\varphi_a=1030$ ):

а —  $Ra_{пр}=8$  мкм;  $Q=0,3$  кН; б —  $Ra_{пр}=1,8$  мкм;  $Q=0,3$  кН; в —  $Ra_{пр}=8$  мкм;  $Q=0,8$  кН; г —  $Ra_{пр}=1,8$  мкм;  $Q=0,8$  кН; д, е — предварительная обработка кругов-шлифование;  $Ra_{пр}=0,7$  мкм соответственно  $Q=0,3$  кН и  $Q=0,8$  кН.

всем показателям качеством поверхности. В нижней левой части заштрихованной области достигается самая высокая твердость (HV 550...600) и чистота поверхности  $\nabla 7...8$ . Правая часть этой области характеризуется чистотой поверхности  $\nabla 9...10$ , средней твердости (HV 350...400) и малой глубиной упрочнения (0,04...0,06 мм). Левая верхняя часть области II характеризуется сравнительно большой глубиной (0,2...0,3 мм) и значительной интенсивностью упрочнения (150...60%).

В области III из-за больших удельных давлений инструмента и высоких скоростей поверхностный слой разрушается.

Влияние силы тока  $I_{св}$  и окружной скорости  $v$  на качество поверхности (рис. 119) выражается в том, что весь диапазон режимов также разделен на три области. Области I соответствуют режимы больших токов и низких скоростей. При этом качество поверхности

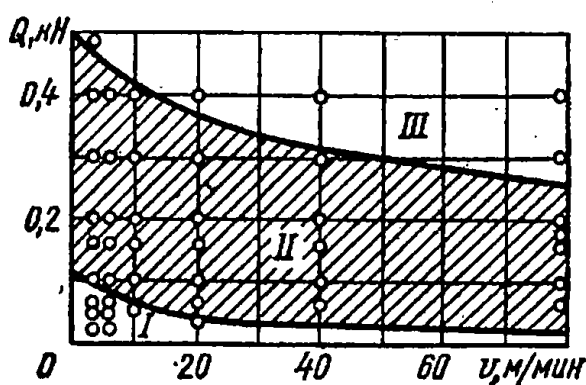


Рис. 118. Влияние давления  $Q$  и окружной скорости  $v$  на качество поверхности. Наплавка проволокой Нп-30ХГСА в  $CO_2$ ; режим ЭМУ:

$I=300$  А,  $R=10$  мкм;  $r=5$  мм;  $S=0,2$  мм/об,  $n=1$ .

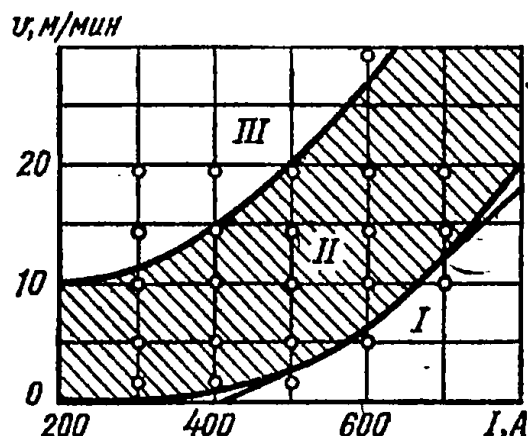


Рис. 119. Влияние силы тока  $I$  и окружной скорости  $v$  на качество поверхности. Наплавка проволокой Нп-30ХГСА в  $CO_2$ ; режим  $Q=50$  кН;  $R=10$  мм;  $r=5$  мм;  $S=0,2$  мм/об;  $n=1$ .



неудовлетворительное, а износ инструмента значительный. Область II охватывает рациональные режимы упрочнения. С увеличением силы тока, чтобы избежать перегрева упрочняемой поверхности, необходимо увеличивать и окружную скорость обработки. В области III при малых токах и больших скоростях обработки получают высокую чистоту поверхности и вместе с тем незначительная интенсивность и малая глубина упрочнения.

Для повышения стойкости инструмента с увеличением силы тока необходимо (табл. 123) увеличить и давление инструмента  $Q$ .

Т а б л и ц а 123. Зависимость давления инструмента от силы тока

Сила тока $I_{св}$ , А	300...400	400...500	500...600	600...700
Давление инструмента $Q$ , кН	0,50...1	1...2	1...3	3

В свою очередь, силу тока  $I$  следует выбирать в зависимости от массы обрабатываемой детали (табл. 124), так как при этом изменяется общая теплоемкость детали.

Т а б л и ц а 124. Зависимость силы тока от массы деталей

Масса детали, кг	0,5...2	2...4	4...6	6
Сила тока, А	300...400	400...500	500...600	600...700

Повышение качества металлопокрытий, образованных металлизацией. Принцип использования электромеханического метода деформирования поверхностного слоя металла для подготовки под металлизацию состоит из высадки с последующим сглаживанием. Шаг высадки должен находиться в пределах  $S = 1...1,5$  мм; его величина зависит от диаметра восстанавливаемой детали и качества (дисперсности) напыляемого металла. Для диаметров выше 60 мм с более крупной структурой напыляемого металла следует брать большее значение шага  $S$  (с технологической точки зрения, в особенности для закаленных деталей, меньшее значение  $S$  предпочтительнее).

Высадку следует осуществлять на величину  $\Delta D = 0,5 S$ . Сглаживающая пластина должна иметь радиус в плане  $r = 10...12$  мм. Приближенное значение превышения диаметра детали после сглаживания может быть принято равным

$$\Delta D_1 = \Delta D - 0,22S.$$

Эта зависимость действительна при указанном выше значении и принятой геометрии высаживающей пластины  $\alpha = 60^\circ$ . По существу вычитаемое  $0,22 S$  в формуле есть та величина, на которую не-

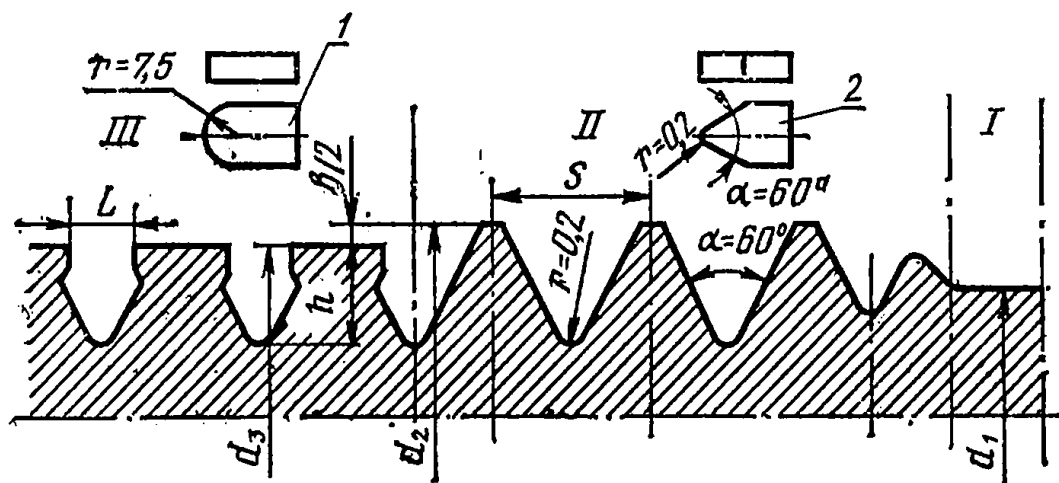


Рис. 120. Схема образования профиля поверхности:

I — исходная поверхность; II — профиль поверхности после высадки; III — профиль поверхности после сглаживания; сглаживающая (1) и высаживающая (2) пластины.

обходимо уменьшить диаметр детали после сглаживания, чтобы получить оптимальную форму замка и максимальную прочность сцепления напыленного слоя. При сглаживании ввиду ограниченной осадки неровностей следует применять пониженное усилие — около 0,2...0,3 кН.

Электрохимическая высадка включает образование полного профиля метрической резьбы (рис. 120) за счет деформации металла с одновременным нагревом током большой силы ( $I=400...700$  А), который проходит через место контакта инструмента и детали. Последующим сглаживанием твердосплавной пластиной I образуется грибовидный профиль на вершинах резьбы, на который механически прикрепляется металлизационный слой. Наибольшая прочность сцепления должна соответствовать оптимальному соотношению  $L/S$ . С ростом  $L$  уменьшается заклинивающее действие «замка», но увеличивается активное сечение металлизационного слоя. Поэтому прочность сцепления вначале возрастает с уменьшением  $L/S$  за счет повышения заклинивающего действия «замка» до некоторого предела, после которого дальнейшее уменьшение  $L/S$  вызывает резкое падение прочности сцепления в связи с уменьшением активного сечения покрытия.

Активное сечение покрытия определяется шириной «замка». Следовательно, в одном случае прочность сцепления лимитируется заклинивающим действием замка, а в другом — прочностью самого покрытия, определяемого его активным сечением.

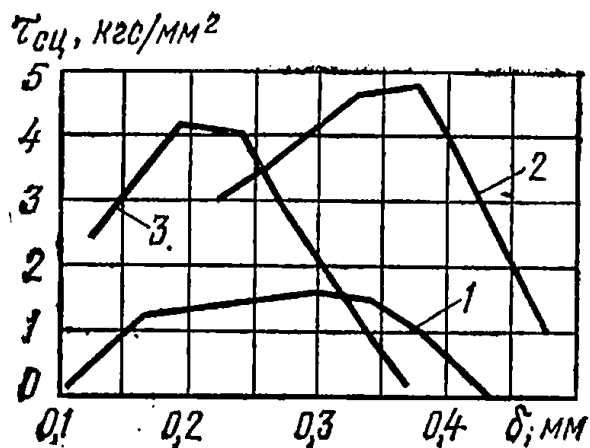
Практически замер ширины замка затруднен, поэтому на основании зависимости  $L/S=f(\delta)$ , т. е., взаимосвязи параметров в замка и величины прикатки вершин резьбы  $\delta/2$ , можно построить зависимость прочности сцеплений  $\tau_{сц}$  от  $\delta$  (рис. 121), т. е.  $\tau_{сц}=f(\delta)$ , где  $\delta=d_2-d_3$  ( $d_2$  — наружный диаметр высаженной резьбы;  $d_3$  — наружный диаметр сглаженной резьбы).

Электрохимическая подготовка под металлизацию повышает прочность сцепления напыленного слоя в 2,5 раза по сравнению с пескоструйной подготовкой.

Повышение качества поверхностного слоя, образованного наплавками. Наплавка средне- и высокоуглеродистыми электродами

Рис. 121. Зависимость прочности сцепления  $\tau_{сц}$  металлизационного покрытия от величины сглаживания  $\delta$  по диаметру. Металлизация:

1 — сталью Св-08; 2 — сталью 65Г; 3 — сталью 45.



при быстром охлаждении зачастую вызывает пористость и трещины в наплавленном металле. Значительные внутренние напряжения и низкая усталостная прочность ограничивают применение этого способа для деталей, работающих в условиях знакопеременных нагрузок.

Для улучшения качества поверхностного слоя и повышения износостойчивости применим процесс ЭМУ. Задача заключается в том, чтобы поверхностный слой сделать однородным по структуре

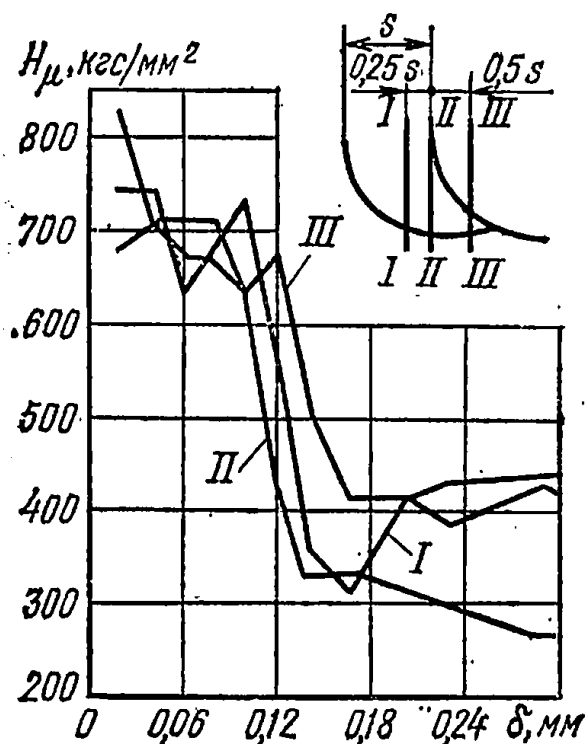


Рис. 122. График изменения твердости в зависимости от ЭМУ по глубине наплавленного слоя (режим обработки:

$I=600$  А;  $v=15$  м/мин;  $S=0,2$  мм/об).

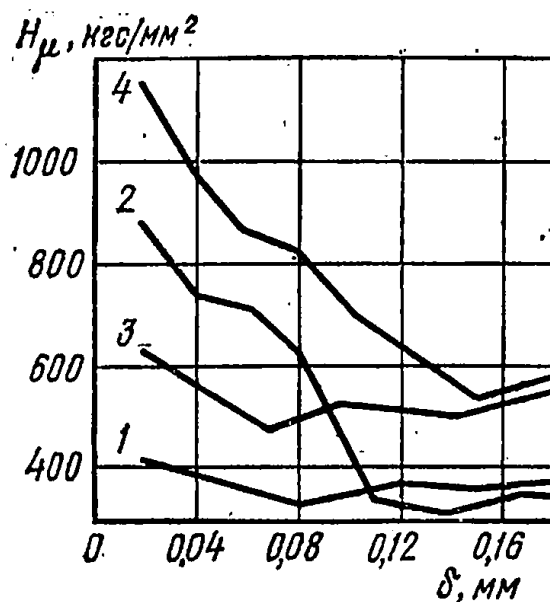


Рис. 123. График изменения твердости по глубине слоя металла, наплавленного под слоем флюса:

1 — наплавленный; 2 — наплавленный и упрочненный; 3 — наплавленный с присадками феррохрома и графита; 4 — наплавленный с присадками феррохрома и графита и упрочненного ЭМУ.

и равномерным по твердости, а также по возможности ликвидировать микротрещины.

Влияние ЭМУ на распределение микротвердости по глубине в сечениях наплавленных валов из стали 45 пружинной проволокой марки 65Г диаметром 1,8 мм приведено на рисунке 122, где I, II, III — характерные сечения на шлифе детали для измерения микротвердости по глубине наплавленного слоя. Анализируя кривые, следует отметить следующее:

1) ЭМУ обеспечивает получение более равномерного по структуре и твердости поверхностного слоя со средней микротвердостью  $H_{\mu} = 730$ ;

2) твердость упрочненного слоя ЭМУ на глубине 0,12 мм ( $H_{\mu} = 730$ ) выше по сравнению с наибольшей твердостью, полученной без ЭМУ ( $H_{\mu} = 560$ ).

В ремонтном производстве широко применяется наплавка деталей под слоем флюса.

Результаты исследования [3] упрочняемости ЭМУ поверхностного слоя, образованного наплавкой под слоем флюса валов из стали 45 диаметром 46 мм, электродной проволокой марки ОВС диаметром 1,6 мм (ГОСТ 9389—75) приведены на рисунке 123. Одну группу валов наплавливали под слоем флюса АН-348А, другую — под этим же флюсом, но с добавкой 0,4 кг феррохрома и 0,5 кг графита на 20 кг флюса. Наплавку проводили в режиме, установленном для наплавки коленчатых валов двигателей ГАЗ-51:  $I = 180 \dots 190$  А;  $U = 25$  В;  $S = 4$  мм/об при 3,5 оборота детали в минуту; подача проволоки 1,8 м/мин при вылете электрода 17 мм. Часть указанных выше образцов была подвергнута ЭМУ при режиме  $I = 400$  А;  $v = 6,5$  мм/мин;  $S = 0,195$  мм/об. После упрочнения образовался светлый поверхностный слой глубиной 0,09...0,1 мм.

Из сопоставления кривых можно видеть, что микротвердость упрочненных образцов резко повышается, а на глубине 0,03 мм она увеличивается в 2 раза. Твердость упрочнения слоя, образованного нелегированным флюсом, примерно на 200 единиц выше твердости слоя, образованного легированным флюсом без упрочнения. Здесь необходимо также учесть равномерную твердость поверхностного слоя, получаемого ЭМУ по образующей образца на всей его длине.

В таблице 125 показано влияние способа упрочнения различных наплавов на твердость поверхностного слоя. Из таблицы видно, что твердость поверхностного слоя после ЭМУ повышается в 1,5...2,5 раза. При этом большая упрочняемость относится к наплавкам, которые имеют пониженную твердость, что подтверждает общую закономерность упрочняемости сталей, имеющих различную исходную структуру.

Твердость наплавленного различными способами металла после холодной пластической деформации роликовым инструментом увеличивается на 10...37%.

В таблице 126 показано влияние способов упрочнения на повышение выносливости деталей. Наплавка осуществлялась на образцах из нормализованной стали 45 проволокой марки Нп-30ХГСА в среде углекислого газа.

Для электромеханического упрочнения характерно, что чем меньше твердость наплавленного металла, тем выше интенсивность его упрочнения.

Повышение качества поверхностного слоя, образованного оставлением. При упрочнении остальной поверхности, так же как и

**Т а б л и ц а 125. Твердость рабочих поверхностей деталей, восстановленных наплавкой до и после электромеханического упрочнения**

Способ упрочнения	Марка электродной проволоки	Твердость поверхности после обработки			Интенсивность упрочнения, %	
		шлифование	ППД	ЭМУ	ППД	ЭМУ
В углекислом газе	Нп-30ХГСА	244	286	511	17,2	110
Под слоем флюса АН-60		102	343	544	13,6	83,5
В среде водяного пара		233	298	493	2,8	112
В потоке воздуха		300	332	541	10,7	80
В среде жидкости вибрирующим электродом		436	478	566	9,6	30
В среде жидкости вибрирующим электродом	Нп-70	422	466	526	10,4	21,6
Под слоем флюса АН-60		284	330	539	16,2	90
В среде водяного пара		205	281	513	37,2	150
В потоке воздуха		231	310	545	34,2	136
Под слоем флюса АНК-18	Св-08А	423	518	604	22,4	73

**Т а б л и ц а 126. Влияние способа упрочнения на повышение выносливости деталей**

Способ упрочнения	Предел выносливости	
	МПа	%
Неупрочненные (шлифовальные)	160	100
Упрочнение ППД (ротационная обработка шариком)	250	156
Электромеханическое упрочнение роликом	260	163
Электромеханическое упрочнение роликом + ППД роликом	270	169
Электромеханическое упрочнение пластиной	280	175

при упрочнении чугуна, преимущество остается за вращающимся роликовым инструментом из сплава Т15К6, диаметром 40 мм и радиусом профиля 7 мм. Режимы электромеханического упрочнения деталей, восстановленных осталиванием, должны находиться в следующих пределах:  $I=650...850$  А;  $v=12...20$  м/мин;  $Q=600...700$  Н;  $S=0,195...0,39$  мм/об;  $N=1...2$  прохода. С целью получения большего эффекта глубина упрочнения должна превышать толщину покрытия.

В таблице 127 приведены сравнительные результаты образцов из стали 45 на усталостную прочность в зависимости от режимов осталивания и упрочнения.

**Таблица 127. Результаты испытания образцов на усталостную прочность в зависимости от вида упрочнения и режима**

Вид упрочнения	Номер режима осталивания	Толщина покрытия, мм	Микротвердость, кгс/мм <sup>2</sup>	Глубина упрочнения, мм	Предел усталостной прочности	
					МН/м <sup>2</sup>	%
Нормализация	—	—	225	—	25,4	100
Осталивание	1	0,2	280	—	13,0	51
»	2	0,2	410	—	15,0	59
»	3	0,2	480	—	18,5	70
Осталивание, ЭМУ роликом	1	0,2	370	0,35	29,0	114
То же	2	0,2	490	0,35	29,0	114
»	3	0,2	570	0,35	30,0	118

Как видно из таблицы, осталивание снижает усталостную прочность до 50%, а в результате ЭМУ усталостная прочность повышается до 63%, что на 14% превышает ее исходное значение для стали 45.

По всей видимости, глубокое термомеханическое воздействие существенно влияет на зону соединения покрытия с основным металлом, вследствие чего зарождение усталостных трещин перемещается в более глубокие слои.

Повышению выносливости также способствует наведение благоприятных сжимающих остаточных напряжений в результате ЭМУ.

Износостойкость упрочненных образцов, работавших со смазкой, повышается в 1,4...1,6 раза по сравнению с осталенными образцами, обработанными шлифованием, а при трении без смазки износостойкость повышается в 1,5...1,8 раза.

Наступление заедания трущейся пары после упрочнения происходит при удельной нагрузке 128 МН/м<sup>2</sup>, а неупрочненной — при нагрузке 57 МН/м<sup>2</sup>. Это имеет особое значение для подшипниковых узлов, работающих при высоких скоростях и давлениях, где увеличивается вероятность схватывания трущихся поверхностей. Прочность сцепления покрытия с основным металлом в результате ЭМУ повышается на 15...40%. Большой процент увеличения прочности относится к более глубокому упрочнению, когда глубина упрочнения превышает толщину покрытия.

Электрохимическое упрочнение применимо для упрочнения отверстий: цилиндрических, конических, плоских, торцовых, винтовых поверхностей, шлицев, зубьев шестерен и других конструктивных элементов восстанавливаемых деталей.

В ремонтном производстве ЭМУ находит широкое применение, являясь эффективным средством повышения ресурса машин,

**Глава 14**

**СОВМЕЩЕННЫЕ МЕТОДЫ УПРОЧНЕНИЯ И  
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ  
ДЕТАЛЕЙ**

**Восстановление деталей наплавкой,  
совмещенной с механической обработкой  
и пластическим деформированием**

Сущность способа заключается в электродуговой наплавке деталей под флюсом, легированным графитом и феррохромом с одновременным фрезерованием и поверхностным пластическим деформированием накатным роликом горячего металла в процессе его наплавки. Установка, позволяющая совмещать эти процессы, показана на рисунке 124. Для обеспечения высокой твердости наплавленного

**Т а б л и ц а 128. Режимы наплавки, фрезерования и накатки роликом цилиндрических деталей**

Параметры	Диаметр восстанавливаемой детали, мм		
	60	120	240
Частота вращения детали, об/мин	3	2	0,75
Диаметр электродной проволоки, мм	1,6...1,8	1,8...2	2
Шаг наплавки, мм/об	4...4,05	4...4,5	4...4,5
Сила тока, А	190...200	240...250	270...300
Напряжение, В	25...26	26...28	27...30
Скорость подачи электродной проволоки, м/мин	1,35...1,56	2,3	3,25
Вылет электродной проволоки, мм	20	20...25	25
Температура наплавленного металла в зоне фрезерования, °С	450...920	400...800	400...700
Скорость фрезерования, м/мин	220...250	220...250	220...250
Продольная подача фрезы, мм/об	4...4,5	4...4,5	4...4,5
Подача на зуб фрезы, мм	0,1...0,15	0,1...0,15	0,1...0,15
Диаметр накатного ролика, мм	100...120	100...120	120...150
Ширина цилиндрического пояса ролика, мм	15	16	18
Температура металла в зоне пластической деформации, °С	300...70	300...60	300...500
Усилие накатки, кН	8...10	8...10	8...10

металла (HRC — 52...62) рекомендуется легированный флюс следующего состава (по массе в %):

стандартный флюс АН-348А ГОСТ 9087—69 . . .	95,5
графит порошковый ГОСТ 5279—74 . . . . .	2,5
феррохром № 6 порошковый ГОСТ 4757—79 . . .	2

Для обработки наплавленного металла используют торцовую фрезу с механическим креплением пятигранных пластин из твердого сплава марки Т15К6 (ГОСТ 3882—74). Режущая часть фрезы имеет следующие геометрические параметры: главный угол в плане  $72^\circ$ , длина вспомогательной режущей кромки в 1,5...2 раза больше

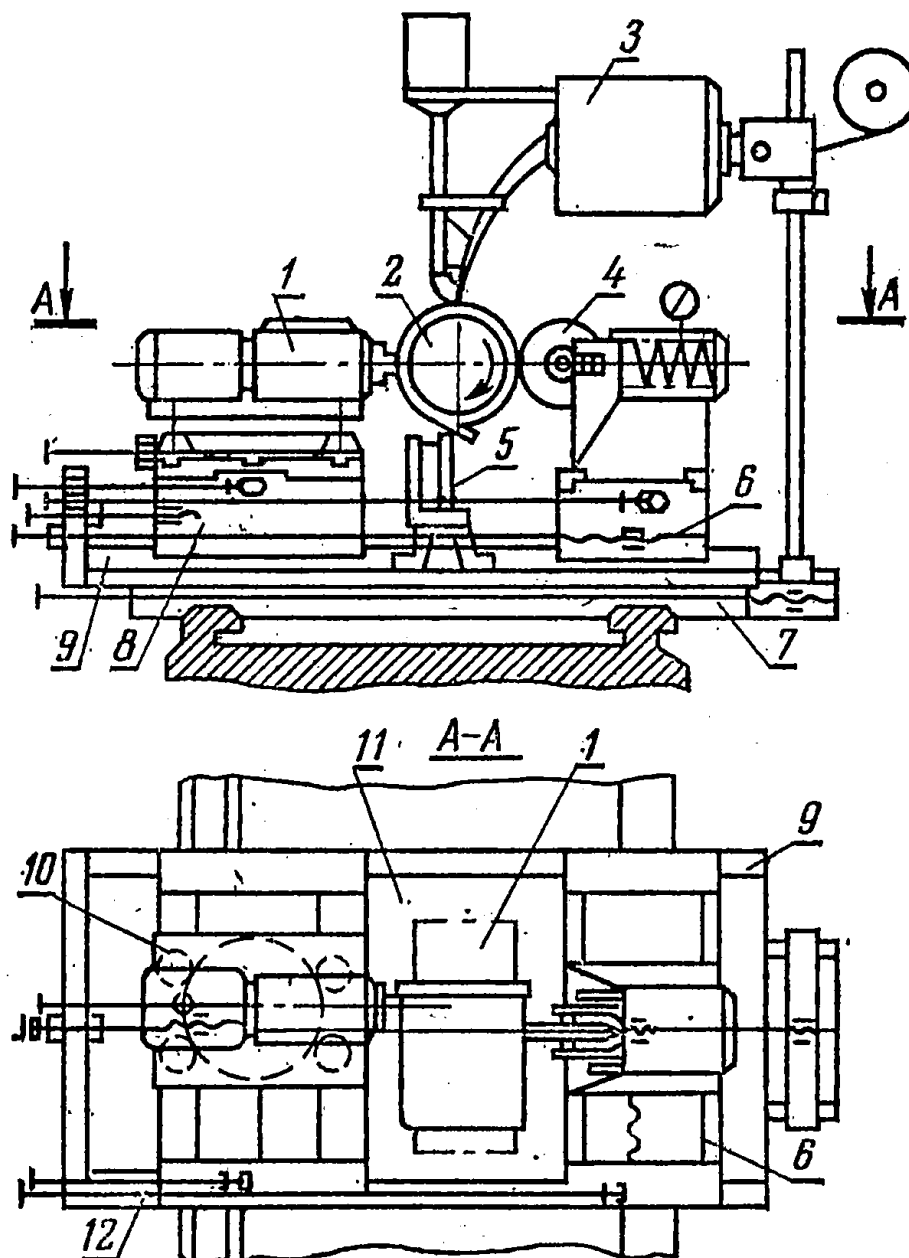


Рис. 124. Схема установки для наплавки цилиндрических деталей под флюсом с одновременным фрезерованием и накаткой роликом:

1 — фрезерная головка; 2 — обрабатываемая деталь; 3 — наплавочная головка; 4 — накатной ролик; 5 — шлакоудаляющее устройство; 6 — суппорт накатной головки; 7 — карета токарного станка; 8 — суппорт фрезерной головки; 9 — поперечные направляющие; 10 — каретка с подъемными винтами; 11 — несущая плита; 12 — продольные направляющие.



величины шага наплавки, передний угол равен минус  $7^\circ$ , задний угол  $7^\circ$ , задний угол на вспомогательной режущей кромке  $11^\circ$ , угол наклона режущей кромки  $11^\circ$ , диаметр торцевой фрезы 63 или 100 мм, число зубьев 6 или 8.

Накатный ролик диаметром 100...150 мм изготовлен из стали ШХ-15. Рабочая поверхность его обработана до 10-го класса шероховатости и закалена до твердости HRC 65. Ролик имеет цилиндрический поясok шириной 6...10 мм. Фреза, накатный ролик и шлакоудаляющий резец перемещаются с одинаковой скоростью вдоль детали одновременно с наплавочным автоматом. Наплавленный металл при вращении детали одновременно обрабатывается резцом шлакоудаляющего устройства, фрезеруется торцевой фрезой и обжимается накатным роликом. Теплота, получаемая от сварочной дуги, используется одновременно для обработки фрезой труднообрабатываемого металла и для пластического формообразования и термической обработки наплавленного металла.

Режимы наплавки восстанавливаемых цилиндрических деталей пружинной проволокой II класса (ГОСТ 9389—75) приведены в таблице 128.

У деталей, наплавленных под легирующим флюсом с одновременным фрезерованием и накаткой роликом, структура металла по длине детали однородна и представляет собой мелкоигльчатый мартенсит с небольшим количеством остаточного аустенита.

Накатка металла роликом также способствует увеличению твердости. При фрезеровании со скоростью 220...250 м/мин металла в процессе его наплавки и накате его роликом усилием 8...10 кН поверхностная твердость детали находится в пределах HRC 52...56. При этом достигается наилучший (7-й) класс шероховатости.

### **Упрочнение восстанавливаемых деталей электроферромагнитным борированием**

Сущность способа электроферромагнитного упрочнения заключается в подаче из бункера 2 в зазор между вращающейся восстанавливаемой деталью 5 (рис. 125) и электромагнитами 1 и 3 ферромагнитного порошка, содержащего бор. Зерна порошка 4 ориентируются в магнитном поле вдоль магнитных силовых линий и создают точечные короткие замыкания электрической цепи, образуемой деталью (анодом) и сердечником электромагнита (катодом). В момент замыкания электроцепи происходит подача импульсов электрического тока, что и приводит к быстрому нарастанию как величины технологического тока (что сопровождается выделением значительного количества тепла в точках контакта зерен порошка с поверхностью восстанавливаемой детали), так и его кругового магнитного поля, которое при взаимодействии с основным магнитным полем распределяет расплав по поверхности детали.

Таким образом, под действием дополнительной тепловой энергии электрических разрядов внешнего источника тока и микротоков, возникающих в зернах ферромагнитного порошка, происходит его полное плавление.

Одновременно с этим под воздействием электрических и магнитных полей (кругового поля электрического тока и внешнего поля электромагнита) происходит растекание образовавшихся микрокапель расплава ферромагнитного порошка БФ-1 по изношенной

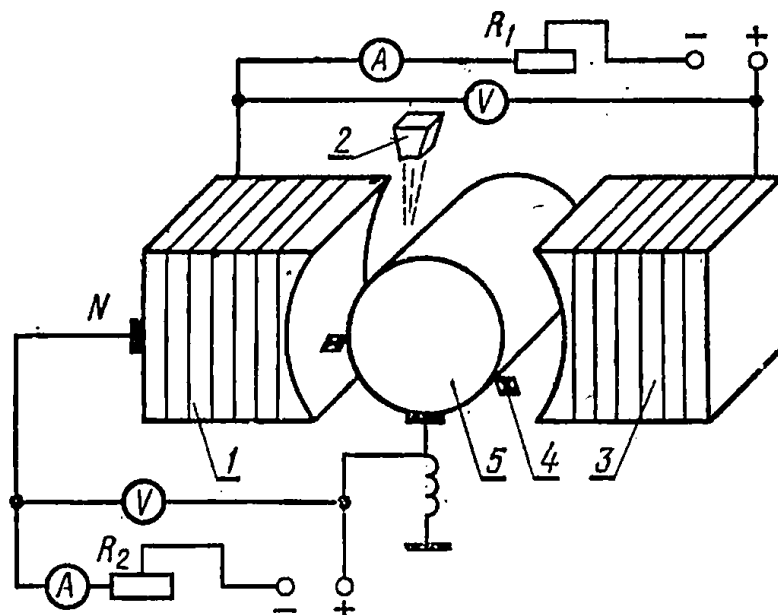


Рис. 125. Принципиальная схема восстановления и упрочнения тел вращения электроферромагнитным способом.

поверхности восстанавливаемой детали. Следовательно, упрочнение и восстановление деталей проходят за счет нанесения слоя микрокапель расплава, легированного бором, и сопутствующих этому процессу физико-химических преобразований в поверхностных слоях детали.

Шероховатость поверхности в результате обработки характеризуется 3...5-м классом по ГОСТ 2309—73.

Толщина порошкового слоя в зависимости от режимов обработки достигает 0,3...0,4 мм. Источником энергии для процесса восстановления и упрочнения является машинный генератор импульсов МГИ-2МС.

Режим электроферромагнитного борирования:

сила тока, А . . . . .	100...150
напряжение, В . . . . .	15...25
расход ферромагнитного порошка БФ-1, г/мин . . . . .	8,
грануляция ферромагнитного порошка, мм . . . . .	0,25...0,3
рабочий зазор, мм . . . . .	0,9...1,2
частота вращения детали, об/мин . . . . .	30...35
напряженность поля, Г . . . . .	500...1200
удельная длительность упрочнения, см <sup>2</sup> /мин . . . . .	2

### Упрочнение восстанавливаемых деталей проковкой после наплавки

На механические свойства и эксплуатационные характеристики восстановленной детали влияют: температура проковки, энергия удара, частота проковки и глубина прокованного слоя.

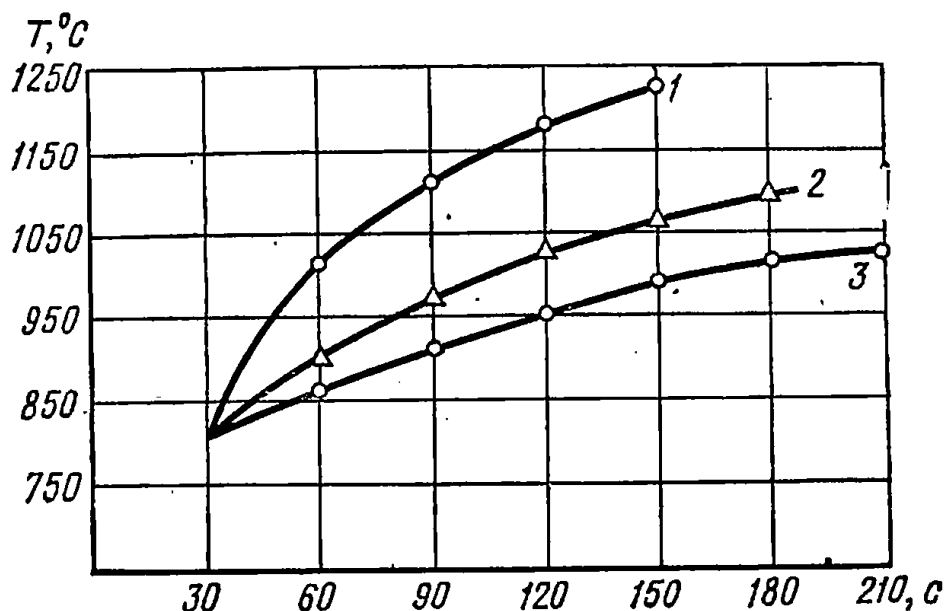


Рис. 126. Динамика изменения ковочных температур на линии установки ударника; диаметр детали: 1 — 50 мм; 2 — 70 мм; 3 — 78 мм.

Динамика изменения области ковочных температур на линии установки бойка проковочного приспособления по времени иллюстрируется кривыми на рисунке 126.

Температурный интервалковки для углеродистой и низколегированной стали расположен в пределах 800...1200°С. Для получения желаемых свойств деформированного наплавленного металла температура проковки не должна выходить из указанных пределов.

Энергию единичного удара исходя из заданной глубины упрочнения можно определить по формуле

$$\mathfrak{A}_y = \frac{a^4 \text{HB}}{30D\rho}, \quad (63)$$

где  $a$  — глубина упрочнения, мм;

HB — твердость слоя, кг/мм<sup>2</sup>;

$D$  — диаметр сферы бойка выбирают в зависимости от шага наплавки, мм;

$\rho$  — коэффициент, учитывающий неравномерность нагрева по глубине слоя, и наличие шлаковой корки.

Частоту проковки выбирают равной 600...650 ударов в минуту, что соответствует скорости перемещения бойка в 0,3 м/с и трем повторным ударам. В этом случае глубина деформированной зоны восстанавливаемой детали будет равна

$$a_3 = a_1 \left( 1,54 - \frac{\text{HB}}{1000} \right), \quad (64)$$

где  $a_1$  — глубина деформированной зоны при единичном ударе;

$a_3$  — глубина наклепанной зоны при многократном воздействии,  
 $a_3 = 1,48 a_1$ .

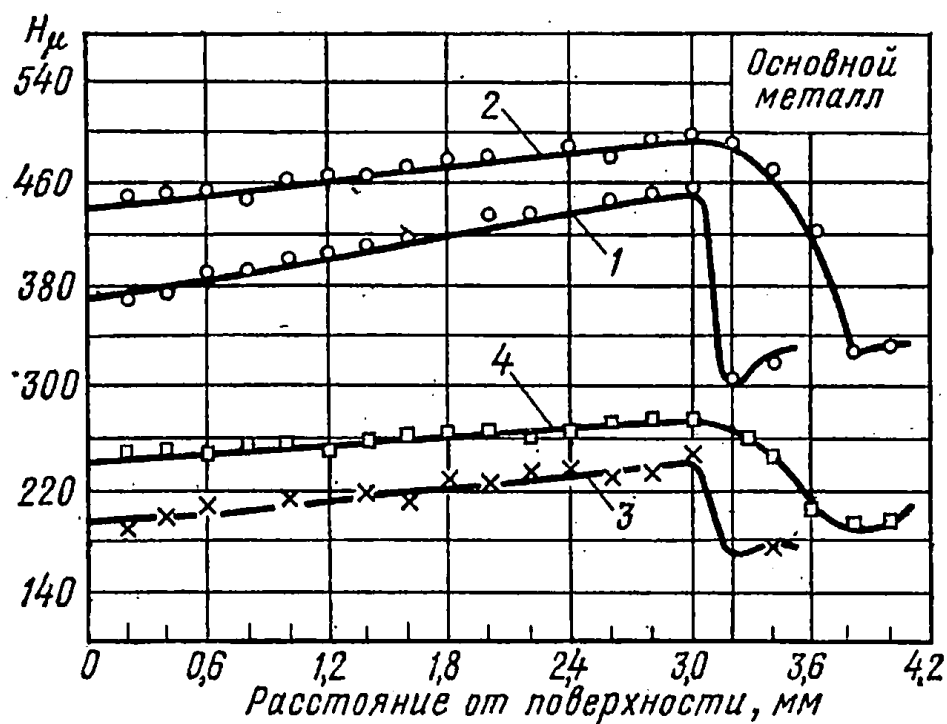


Рис. 127. Микротвердость по глубине наплавленного слоя.

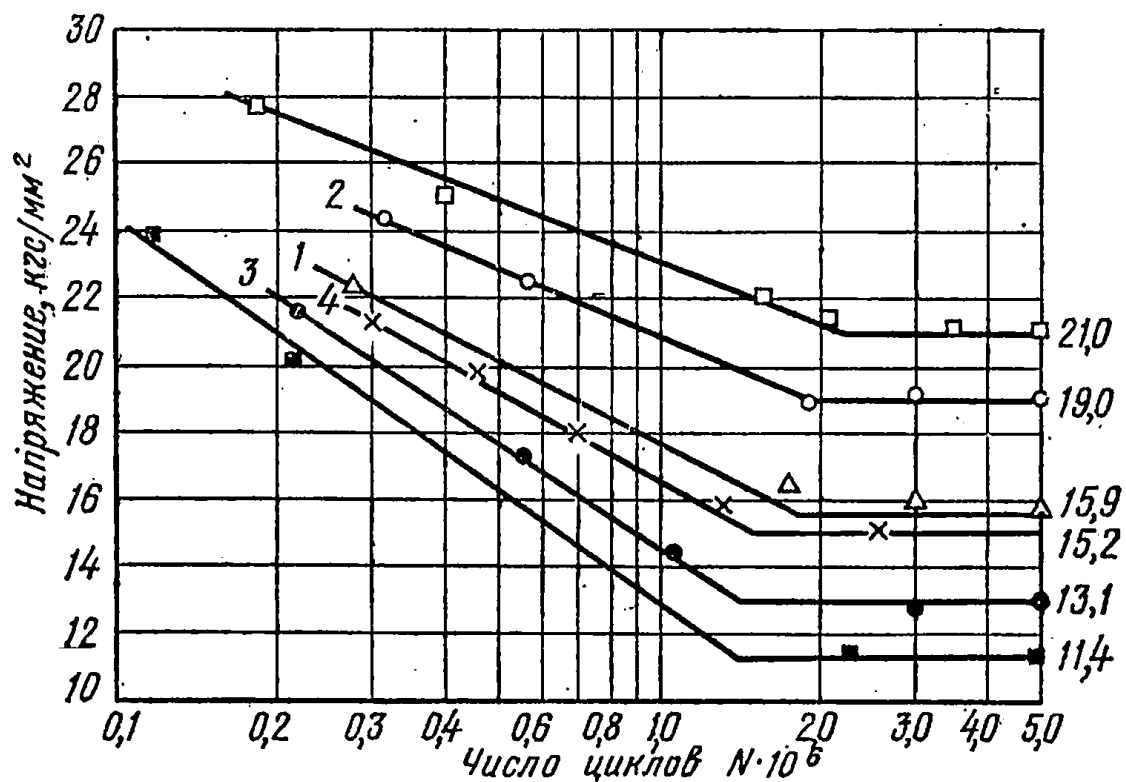


Рис. 128. Усталостная прочность наплавленных образцов.

□ — сталь 45, закаленная ТВЧ; ■ — сталь 45 нормализованная.

Учитывая изменение глубины деформации при многократном воздействии бойка, значение энергии удара, подсчитанное по выражению (63), будет находиться в пределах 0,7...1 Дж.

Таким образом, режим проковки будет следующий:

температура проковки 800...1200° С;

энергия удара 0,7...1 Дж;

частота проковки 600...650 ударов в минуту.

Прокровка при частоте ударов свыше 700 (720, 850) в минуту (многократное деформирование одних и тех же объемов металла) приводит к образованию облоя и микротрещин. Частота проковки менее 600 ударов в минуту не обеспечивает заданной глубины деформации.

На рисунке 127 представлены кривые изменения микротвердости по глубине наплавленного слоя для различных вариантов (1...4) восстановления (табл. 129).

**Т а б л и ц а 129. Варианты восстановления деталей наплавкой**

Варианты	Основной металл детали сталь марки	Марка флюса	Марка наплавляемой проволоки
Вариант 1	45	АНК-18	Св-08А
Вариант 2 (с проковкой)	45	АНК-18	Св-08А
Вариант 3	45	АН-348А	ПК-2
Вариант 4 (с проковкой)	45	АН-348А	ПК-2

Прокровка повышает микротвердость наплавленного слоя и стабилизирует ее по глубине наплавки. Уменьшение микротвердости у зоны сплавления прокованных образцов значительно отличается от «провала» микротвердости для непрокованных, что свидетельствует об упрочнении основного металла. Средняя твердость прокованного слоя на 2...3 единицы HRC выше по сравнению с непрокованным.

Усталостная прочность образцов, наплавленных по вариантам 1, 2, 3 и 4, показана на рисунке 128. В качестве эталона приняты образцы из нормализованной стали 45 и образцы из стали 45, закаленные т. в. ч.

Наибольший предел выносливости имеют образцы, прокованные в процессе наплавки. Предел выносливости упрочненной легированной наплавки составляет  $\sigma_y = 19$  кг/мм<sup>2</sup>, а для неупрочненной —  $\sigma_n = 15,9$  кг/мм<sup>2</sup>, т. е. на 19% выше.

### **Термомеханическое упрочнение деталей, наплавляемых вибродуговым способом**

Углеродистые стали обладают повышенной чувствительностью к изменениям термического цикла сварки, поэтому вопрос об улучшении структуры и механических свойств металлопокрытия должен решаться во взаимосвязи с выбором рационального режима охлаждения после наплавки. Выбираемый режим охлаждения должен

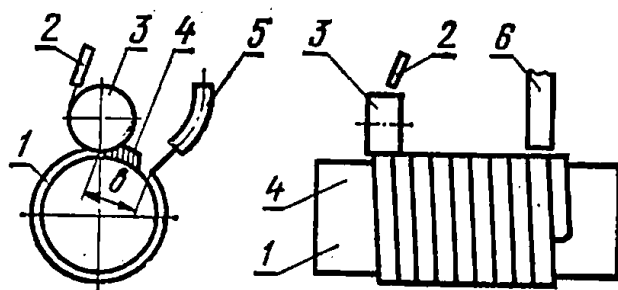


Рис. 129. Схема термомеханического упрочнения «холодным» роликом:

1 — деталь; 2 — охлаждение ролика; 3 — деформирующий ролик; 4 — наплавленный валик; 5 — мундштук; 6 — охлаждение детали.

обеспечить получение требуемой структуры, но не вызывать сильные закалочные напряжения, приводящие к образованию трещин.

Чтобы избежать появления закалочных трещин при термомеханической обработке металлопокрытия на высокую твердость, необходимо создать определенный режим охлаждения. Оставляя замедленной скорость охлаждения в период мартенситных превращений, ее следует увеличить в интервале минимальной устойчивости метастабильного аустенита. Для этой цели целесообразна схема термомеханического упрочнения «холодным» роликом (рис. 129).

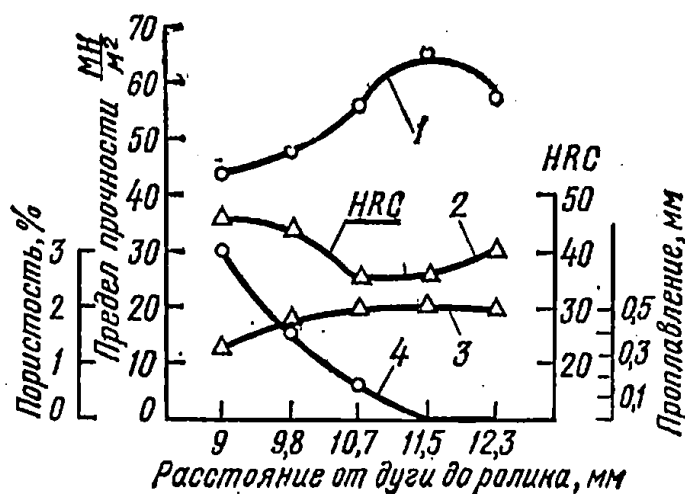
При проведении термомеханического упрочнения в процессе наплавки столбчатые зерна аустенита металлопокрытия деформируются и раздробливаются. Прослойки между зернами частично разрушаются. При последующих полиморфных превращениях из дисперсного аустенита образуются дисперсный сорбит, тростит или мартенсит в зависимости от характера термических циклов.

В результате термомеханического упрочнения прочность металлопокрытия повышается на 20...40% и практически равна прочности основного металла.

Прочность металла, подвергаемого термомеханическому упрочнению, зависит от температуры деформирования. При удалении ролика от места горения дуги температура в зоне деформации снижается, прочность растет и достигает максимума при  $v=11,5$  мм (рис. 130). При малых расстояниях от ролика до ванны присутствие «холодного» ролика уменьшает тепловое воздействие наплавляемого валика на соседний, и поэтому средняя твердость возрастает. Удаление «холодного» ролика от ванны способствует уменьшению пористости и увеличению глубины проплавления.

Рис. 130. Влияние расстояния от дуги до ролика на качество наплавленного металла:

1 — предел прочности; 2 — твердость; 3 — глубина проплавления; 4 — пористость.



## Упрочнение стальных коленчатых валов наплавкой под слоем легирующего флюса с последующим азотированием

При восстановлении коренных и шатунных шеек стальных коленчатых валов методом наплавки под флюсом с последующим азотированием могут быть применены четыре основных метода легирования, а также различные их комбинации:

I — легированная соответствующими элементами электродная проволока или лента, например Св-18ХМА, Св-10ХМТФ, Нп-5ХНМ, Нп-50ХФА и др., флюс АН-348А.

II — порошковая проволока или лента, например ПП-Х12ВФ, ПП-3ХВ8 и др., флюс АН-348А.

III — проволока или лента, например Св-08Г2С, Нп-50, Нп-40 и др., легирующий флюс.

IV — проволока (Св-08Г2С, Нп-50, Нп-40 и др.), флюс АН-348А, дозированная засыпка легирующих материалов.

Легирующий флюс готовят на основе стандартного АН-348А, вводят в него присадки хрома и ванадия. Состав флюса приведен в таблице 130.

Приготавливают флюс следующим образом. Куски ферросплавов (феррохрома ГОСТ 4757—79 и феррованадия ГОСТ 4760—49) дробят на мелкие части (6...5 мм) под молотом или под прессом, а затем доводят в шаровых мельницах до порошкообразного состояния (0,16...0,8 мм).

Половину всей порции плавленого флюса (50% АН-348А ГОСТ 9087—69) с размерами зерен 0,35...1,6 мм рассыпают на противень так, чтобы толщина слоя была 8...10 см. Затем сверху рассыпают порошковый литейный графит УЛТ-2 (ГОСТ 5279—74), просеянный через сито с сеткой 0063, и порошки ферросплавов. Всю массу тщательно перемешивают в течение 8...10 мин. После этого в смесь наливают жидкое стекло ГОСТ 13078—67 и всю массу тщательно перемешивают. Приготовленную массу просушивают и прокаливают в термической печи при 600...650°С в течение 1,5...2 ч. После охлаждения прокаленной массы вместе с печью флюс необходимо раздробить на мелкие части и пропустить через сито с сеткой № 1,6к. К полученной массе добавляют оставшуюся половину плавленого флюса АН-348А, и всю массу перемешивают, после чего флюс готов к употреблению.

Технология наплавки состоит из следующих операций. Промытые валы после продувки сжатым воздухом масляных каналов шлифуют до размера на 1...1,5 мм меньше номинальных их диаметров. Шлифовка проводится с целью получения после наплавки и последующей шлифовки в номинальные размеры наплавленного слоя толщиной 0,5...0,75 мм на сторону, который бы обеспечивал постоянный химический состав под азотирование.

Масляные каналы заделывают пастой, состоящей из 80...90% графита и 10...20% жидкого стекла. Наплавку проводят сварочной проволокой марки Св-08Г2С ГОСТ 2246—70, диаметр проволоки 2 мм. Режимы наплавки: полярность обратная, сила тока 200...220 А, напряжение 25...27 В, частота вращения коленчатого вала 3...3,5 об/мин, шаг 3...4 мм/об. Сначала наплавливают шатунные шейки в такой последовательности: 3, 4, 1, 2.

Т а б л и ц а 130. Химический состав флюса

Наименование материала	На 100 кг флюса, кг	Химический	
		C	Si
Феррохром Фх006 ГОСТ 4757—79	2	6,7...8,0	≤2,0
Феррованадий ВДЗ ГОСТ 4760—49	2	1,0	3,0
Жидкое стекло ГОСТ 13078—67	2Л	—	—
Графит (серебри- стый) ГОСТ 5279— 74	0,5	—	—
Флюс АН-348А ГОСТ 9087—69	93,5	SiO <sub>2</sub> 41...44	MnO 34...58

После механической обработки шатунные и коренные шейки валов имеют размеры на 30...50 мкм больше номинальных. Увеличение размеров предусматривается под чистовую доводку после азотирования. Поскольку при азотировании диаметры коренных и шатунных шеек увеличиваются на 50...70 мкм, суммарный припуск на дошлифовку составит около 10 мкм, что вполне обеспечивает доводку их в номинальные размеры на шлифовальных станках типа ЗА 423 и ХШ2-01.

Азотирование проводят в шахтной печи США—8.12/6—Л1. Твердость наплавленного слоя после азотирования 54...58 HRC.

Технология и режимы азотирования:

1. Загрузить муфель с деталями в печь, разогретую до  $520 \pm 10^\circ \text{C}$ .

2. Вытеснить воздух подачей аммиака в систему и включить вентилятор.

3. Выдержать муфель с деталями в печи в течение 4 ч для выравнивания температуры внутри муфеля, т. е. детали внутри муфеля должны иметь температуру, показываемую термомпарами по зонам печи. Давление аммиака положительное, степень диссоциации не более 20%.

4. Первая ступень азотирования:

температура по зонам печи —  $520 \pm 10^\circ \text{C}$ ;

степень диссоциации —  $20 \pm 10\%$ ;

давление в муфеле —  $500 \pm 10 \text{ Па}$ ;

время выдержки — 8 ч.

5. Вторая ступень азотирования:

температура по зонам печи —  $560 \pm 10^\circ \text{C}$ ;

степень диссоциации —  $40 \pm 10\%$ ;

давление в муфеле —  $400 \pm 10 \text{ Па}$ ;

время выдержки — 8 ч.

6. Охлаждение муфеля:

перенести муфель в охлаждающий колодец;

давление в муфеле положительное;

время выдержки — 8 ч.



состав материала, %				
P	S	Mn	прочие	
$\leq 0,07$	$\leq 0,04$	—	65,0Cr	
0,25	0,16	—	35V	2,0 > Al
—	—	—	—	—
—	—	—	—	—
CaF <sub>2</sub> 4...5,5	MgO 5,5 . . . 7,5	CaO 6,5	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 4,5	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2

Увеличение срока службы азотированных деталей и небольшие производственные затраты делают азотирование экономически выгодным при восстановлении таких деталей автомобилей и тракторов, как коленчатые и распределительные валы, крестовины кардана и рулевого управления, рейка-поршень гидроусилителя, золотники гидродоприводов и др.

Технология разработана Рязанским филиалом ГОСНИТИ.

### Восстановление деталей наплавкой, совмещенной с упрочняюще-размерной обработкой

Схема ротационного упрочняющего резания металлопокрытия совместно с вибродуговой наплавкой, приведена на рисунке 131. Деталь 3 наплавляют проволокой, подводимой мундштуком 1 наплавочной головки. Поверхностный слой наплавленного металла удаляется в виде стружки 5 самовращающимся ротационным резцом 2. Наплавленный металл под действием давления от передней и задней по-

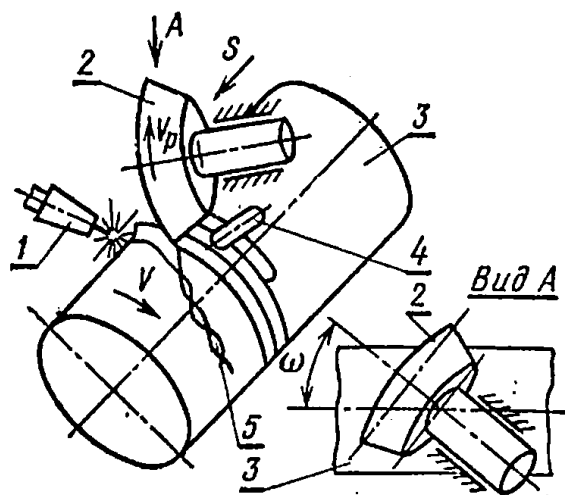


Рис. 131. Схема ротационного упрочняющего резания металлопокрытия в процессе вибродуговой наплавки:

верхностей резца деформируется и упрочняется. Обработанная поверхность охлаждается струей жидкости, подаваемой из трубки 4 за резцом, и закаливается.

При совмещенной упрочняюще-размерной обработке достигается двойной положительный эффект: под действием сил резания металлопокрытие деформируется и упрочняется (статическая прочность повышается на 25...60%), а объем механической обработки значительно уменьшается (припуск уменьшается на 50...60%).

Для обеспечения самовращения ротационного резца его ось должна быть наклонена к оси наплавляемой и обрабатываемой детали под некоторым углом  $\omega$ . Самовращение происходит под действием касательных к режущей кромки резца сил трения, возникающих между его рабочими поверхностями и обрабатываемым наплавным металлом. При этом линейная  $V_p$  (м/мин) и угловая  $\omega_p$  (об/мин) скорости вращения резца равны

$$v_p = \frac{n}{1000} (\pi d \cos \omega - S \sin \omega), \quad (65)$$

$$\omega_p = \frac{n}{\pi d_p} (\pi d \cos \omega - S \sin \omega), \quad (66)$$

где  $n$  — частота вращения детали, об/мин;

$d$  — диаметр детали, мм;

$S$  — продольная подача (шаг наплавки), мм;

$d_p$  — диаметр чашки резца, мм.

Из формул (65) и (66) видно, что с уменьшением угла скорость резца увеличивается. Это сокращает время непрерывного нахождения точки режущего лезвия в наплавленном металле и тем самым повышает стойкость резца. Однако при чрезмерном уменьшении угла  $\omega$  волнистость обрабатываемой поверхности повышается. Оптимальным является угол  $\omega = 40...50^\circ$ .

Упрочнение наплавленного металла зависит от переднего и заднего углов резания. Обработанную без задиров поверхность можно получить и при небольших отрицательных углах резания (до  $-5^\circ$ ). Отрицательные углы резания обеспечивают интенсивное деформирование и упрочнение наплавленного металла. При положительных углах резания эффект упрочнения наплавленного металла меньше. На эффект упрочнения влияет также расстояние от сварочной ванны до резца, оптимальное значение которого равно 10...15 мм.

## Глава 15

### РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ СЛОЯ НАНОСИМОГО МАТЕРИАЛА НА ИЗНОШЕННЫЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ

При восстановлении деталей на их изношенные поверхности нужно нанести определенный слой материала. Толщину наносимого слоя  $A_{сл}$  выбирают с учетом износов деталей и припуска на последующую механическую обработку. Толщину определяют как разность между номинальным размером новой  $P_n$  и изношенной детали  $P_{из}$  с учетом припуска на последующую обработку  $z_{пр}$

$$A_{\text{сл}} = (P_{\text{н}} - P_{\text{н}}) + z_{\text{пр}}. \quad (67)$$

Разность  $P_{\text{н}} - P_{\text{н}} = \Delta u$  есть величина износа детали, тогда

$$A_{\text{сл}} = \Delta u + z_{\text{пр}}. \quad (68)$$

Образованный в процессе восстановления припуск есть слой материала, необходимый для выполнения всей совокупности технологических переходов при восстановлении данного элемента детали. Различают припуски для внешних и внутренних поверхностей восстанавливаемых деталей. В процессе восстановления возможно симметричное и асимметричное образование припуска на обработку.

Погрешности геометрических форм — эллиптичность, гранность, волнистость, выпуклость, вогнутость и т. п. — должны укладываться в поле допуска на размер восстанавливаемого элемента детали, который учитывают при установлении припуска на обработку.

Пространственные отклонения — изогнутость, смещение и увод осей, непараллельность осей, перпендикулярность осей и поверхностей, отклонения от взаимного положения элементов детали — не связаны с допуском на размер, и их следует учитывать при определении припуска отдельно в тех случаях, когда такие погрешности могут иметь место.

Увеличение припуска, компенсирующее все пространственные отклонения, обозначено через  $\Sigma \Delta a$ . Кроме того, необходимо учитывать погрешность установки восстанавливаемой детали при выполняемом переходе  $\varepsilon_{zb}$ .

Одним из основных факторов, влияющих на определение припуска является его дефектный слой  $C_d$  (рис. 132). Он зависит от способов и режимов восстановления деталей (табл. 131).

Расчетная формула для определения промежуточных припусков на механическую обработку в процессе восстановления поверхностей деталей при симметричном припуске, мм, имеет общий вид

$$2Z_{\text{в}} \geq \sigma_a + 2(H_a + C_d) + \Sigma \Delta a + \varepsilon_{zb}, \quad (69)$$

где  $\sigma_a$  — допуск на размер предшествующего перехода, мм;

$H_a$  — наибольшая высота поверхностных микронеровностей, мм;

При асимметричном припуске

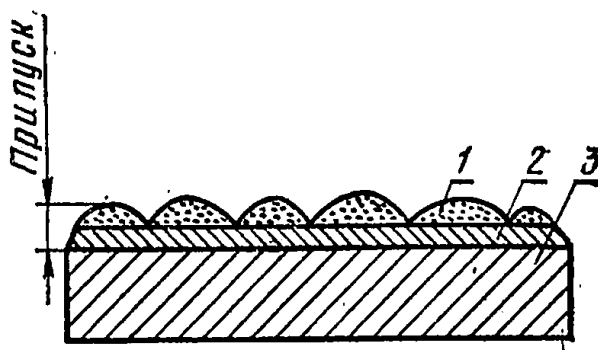
$$Z_{\text{в}} \geq \sigma_a + H_a + C_d + \Sigma \Delta a + \frac{\varepsilon_{zb}}{2}, \text{ мм.} \quad (70)$$

В тех случаях, когда поверхностный наросший слой восстанавливаемой детали не является дефектным при симметричном припуске

$$2Z_{\text{в}} \geq \sigma_a + 2H_a + \Sigma \Delta a + \varepsilon_{zb}, \quad (71)$$

Рис. 132. Схема разреза восстанавливаемой детали с образованным на ней припуском и дефектным слоем:

1 — дефектный слой; 2 — качественный слой; 3 — металл восстанавливаемой детали.



**Таблица 131. Величина дефектного слоя при нанесении металла различными способами в процессе восстановления деталей**

№ п. п.	Метод восстановления	Глубина дефектного слоя, мм
I	Металлизация:	
I <sub>1</sub>	плазменно-дуговая	0,02...0,05
I <sub>2</sub>	электродуговая	0,5...1
I <sub>3</sub>	газовая	0,02...0,05
I <sub>4</sub>	высокочастотная	0,025...0,05
II	Наплавка:	
II <sub>1</sub>	электродуговая	
II <sub>2</sub>	автоматическая под слоем флюса	0,2...0,5
II <sub>3</sub>	порошковыми проволоками	1,2...2,4
II <sub>4</sub>	в среде защитных газов	0,4...0,8
II <sub>5</sub>	» » водяного пара	0,5...1
II <sub>6</sub>	электроимпульсная	0,2...0,4
II <sub>7</sub>	вибродуговая	0,2...0,5
II <sub>8</sub>	ручная (электродами)	0,5...1
II <sub>9</sub>	плазменная	0,05...0,1
II <sub>10</sub>	индукционная	0,15...0,3
II <sub>11</sub>	газовая	0,25...0,5
II <sub>12</sub>	электрошлаковая	1...2
III	Электролитическое осаждение:	
III <sub>1</sub>	хромирование	0,02...0,03
III <sub>2</sub>	железнение (осталивание)	0,03...0,05
III <sub>3</sub>	никелирование	0,02...0,03
IV	Нанесение полимерных материалов:	
IV <sub>1</sub>	напыление	0,35...0,7
IV <sub>1</sub>	газопламенное	0,02...0,05
IV <sub>2</sub>	в электростатическом поле	0,02...0,06
IV <sub>3</sub>	в псевдооживленном слое	0,15...0,21
IV	литье под давлением	1...2,5
V	Заливка жидким металлом	

при асимметричном припуске

$$Z_{\text{в}} \geq \sigma_{\text{а}} + H_{\text{а}} + \Sigma \Delta a + \frac{\varepsilon_{2b}}{2}. \quad (72)$$

Формула толщины материала, наносимого на симметрично изношенные детали, будет

$$A_{\text{сл}} = \Delta u + 2Z_{\text{в}}, \quad (73)$$

а для несимметрично изношенных

$$A_{\text{сл}} = \Delta u + Z_{\text{в}}. \quad (74)$$

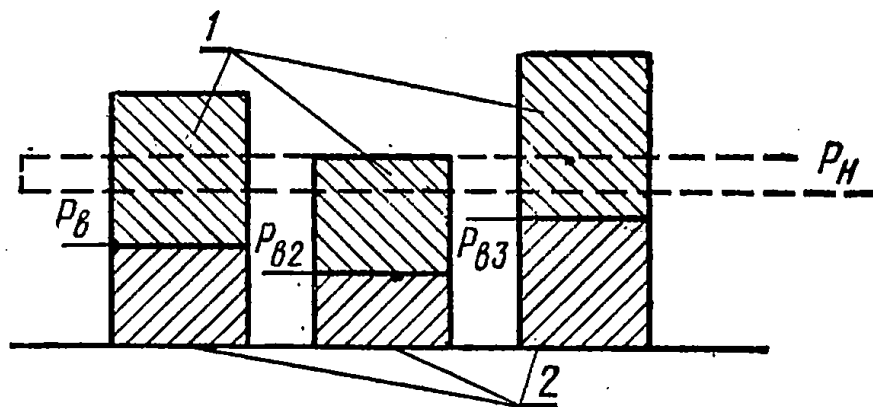


Рис. 133. Схема нанесения одинаковых по толщине покрытий (1) на восстанавливаемую деталь (2) при различной величине ее износа.

Т а б л и ц а 132. Минимальный припуск при наплавке и металлизации восстанавливаемых деталей

Способы устранения дефекта	Минимальный односторонний припуск $Z_{\min}$ , мм
Восстановление деталей сваркой и наплавкой:	
ручная наплавка	2...3
наплавка над слоем флюса	1
электроконтактная наплавка	0,8...1
Металлизация	0,4

Т а б л и ц а 133. Минимальный припуск на механическую обработку, создаваемый при гальваническом способе восстановления деталей

Вид обработки	Припуск на обработку, мм	
	предварительную	окончательную
Бесцентровое шлифование	$2Z=0,05 \pm 0,9 \delta$	$2Z=0,072 \pm 0,9 \delta$
Круглое шлифование в центрах	$2Z=0,07 \pm 0,9 \delta$	$2Z=0,099 \pm 0,9 \delta$
Чистовая расточка или внутреннее шлифование	$2Z=0,07 \pm 0,063 \sqrt[3]{d} + 0,9 \delta$	$2Z=0,099 \pm 0,063 \sqrt[3]{d} + 0,9 \delta$

П р и м е ч а н и е.  $d$  — диаметр ремонтируемой поверхности;  $\delta$  — допуск, мм, на выполнение предшествующей операции; его принимают равным допуску на соответствующий диаметр  $A$ , для отверстия или  $B$ , для вала.

Т а б л и ц а 134. Минимальный односторонний припуск на механическую обработку, создаваемый при восстановлении детали способом давления

Масса ремонтируемой детали, кг		Припуск на сторону при толщине (высоте), длине или ширине детали, мм										
		до 50	50 ... 120	120 ... 180	180 ... 260	260 ... 360	360 ... 500	500 ... 630	630 ... 800	800 ... 1000	1000 ... 1250	1250 ... 1600
Ремонт деталей осаждением, дорнированием, обжатием, вытягиванием												
До	0,25	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,4	1,6	—	—
Свыше	0,25 до 0,63	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	—	—
»	0,63 » 1,60	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	—	—
»	1,60 » 4,00	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	—	—
»	2,50 » 4,00	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	—	—
»	4,00 » 6,30	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	3,1
»	6,30 » 10,00	1,7	1,7	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,6	2,9	3,2
»	10,00 » 16,00	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	3,1	3,4
»	16,00 » 25,00	2,1	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6
»	25,00 » 40,00	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,2	3,5	3,8
»	40,00 » 63,00	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5	3,8	4,1
»	63,00 » 100,00	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	3,7	3,9	4,1	4,5
»	100,00 » 125,00	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,7	3,8	4,0	4,2	4,4	4,8
»	125,00 » 160,00	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,5	4,8	5,1
»	160,00 » 200,00	4,0	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,7	4,9	5,2	5,5
Ремонт деталей вдавливанием												
До	0,25	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	—	—	—	—	—	—
Свыше	0,25 до 0,63	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	—	—
»	0,63 » 1,60	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,7	3,0	—	—
»	1,60 » 4,00	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,2	—	—
»	2,50 » 4,00	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,4	3,6	—	—
»	4,00 » 6,30	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,6	3,8	4,0	4,5
»	6,30 » 10,00	2,3	2,4	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,8	4,0	4,2	4,7
»	10,00 » 16,00	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	4,0	4,2	4,4	4,9
»	16,00 » 25,00	2,7	2,8	2,9	3,1	3,3	3,6	3,8	4,2	4,4	4,6	5,1
»	25,00 » 40,00	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5	3,8	4,0	4,4	4,6	4,8	5,3
»	40,00 » 63,00	3,2	3,3	3,4	3,6	3,8	4,1	4,3	4,7	4,9	5,1	5,6
»	63,00 » 100,00	3,7	3,8	3,9	4,1	4,3	4,6	4,8	5,2	5,4	5,6	6,0
»	100,00 » 125,00	4,0	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,5	5,8	6,1	6,6
»	125,00 » 160,00	4,4	4,5	4,6	4,8	5,0	5,3	5,5	5,9	6,2	6,4	7,1
»	160,00 » 200,00	5,1	5,2	5,3	5,5	5,7	6,0	6,2	6,6	7,0	7,5	8,2

Существующие методы восстановления при постоянных режимах обеспечивают относительно одинаковую толщину покрытия. Так как на восстановление поступают детали с разной степенью износа, то в случае нанесения на изношенные поверхности одинакового слоя материала припуски на их последующую механическую обработку будут различны (рис. 133).

Минимальные припуски при восстановлении деталей наплавкой и металлизацией, гальванопокрытиями и пластической деформацией приведены в таблицах 132, 133 и 134.

С увеличением припуска возрастает трудоемкость обработки детали резанием. Характер влияния глубины резания  $t$  на степень изменения машинного времени обработки  $T_0$  определяется зависимостью  $T_0 = f(t)$ .

При ремонте деталей под ремонтный размер величину минимального припуска можно определить по формуле

$$z_{\min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{P_{i-1}^2 + e_i^2}, \quad (75)$$

где  $Rz_{i-1}$  — глубина задигов или величина шероховатости поверхности, соответствующая классу ее чистоты;

$T_{i-1}$  — глубина поврежденного слоя. Принимается только при наличии цветов побежалости на поверхности детали и может быть принята равной 0,05 мм;

$P_{i-1}$  — пространственные отклонения. Для вала это биение, для втулки — разностенность;

$e_i$  — погрешность установки.

## Глава 16

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

#### Обработка резанием наплавленных поверхностей

Режим резания при механической обработке определяется его элементами: глубиной  $t$ , подачей  $S$  и скоростью резания  $v$ . Изменение глубины резания влечет за собой и изменение подачи.

Скорость резания, м/мин, определяют по формуле

$$v = \frac{\pi d n}{1000}, \quad (76)$$

где  $d$  — диаметр обрабатываемой детали, мм;

$n$  — частота вращения шпинделя станка, об/мин.

Частота вращения шпинделя, об/мин (для токарных, фрезерных, сверлильных и других станков с вращательным движением)

$$n = \frac{v 1000}{\pi d}. \quad (77)$$

Число двойных ходов в минуту (для долбежных, зубодолбежных, зубострогальных и других станков с возвратно-поступательным движением)

$$n = \frac{v \cdot 1000}{2L}, \quad (78)$$

где  $L$  — длина хода детали или инструмента в направлении рабочего движения, мм, состоящая из длины обрабатываемой поверхности и перебегов инструмента в начале и конце хода.

Число двойных ходов в минуту (для шепингов, продольно-строгальных и других станков)

$$n = \frac{v \cdot 1000}{L \left( 1 - \frac{v_p}{v_o} \right)}, \quad (79)$$

где  $v_p$  — скорость рабочего хода, м/мин;  
 $v_o$  — скорость обратного хода, м/мин.  
 Основное технологическое время, мин.

$$T = \frac{L}{s} i, \quad (80)$$

где  $L$  — длина перемещения детали или инструмента в направлении подачи, мм;  $L = l + l_1 + l_2 + l_3$ ,

здесь  $l$  — длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_1$  — величина врезания, мм;

$l_2$  — величина перебега детали или инструмента в направлении подачи, мм;

$l_3$  — величина дополнительной длины для взятия пробных стружек, мм;

$i$  — число проходов;

$s$  — длина пути детали или инструмента в направлении подачи в минуту, мм,

$$s = S_z z n,$$

здесь  $S_z$  — подача, мм, на один зуб инструмента (развертки, фрезы и т. д.);

$Z$  — число зубьев инструмента;

$n$  — число оборотов или число двойных ходов.

Наплавленный металл по своему сечению имеет неоднородные физико-механические свойства, химический состав и микроструктуру.

Механические свойства наплавленного металла значительно превосходят таковые у нормализованной стали, что приводит к иным уровням скоростей резания.

Скорость резания уменьшается с увеличением предела текучести  $\sigma_{0,2}$  (или  $\sigma_s$ ), уменьшением относительного удлинения  $\delta$  и восприимчивости к наклепу.

При соотношении пределов прочности нормализованной стали 45 ( $\sigma_B$ ) и наплавленного, например, проволокой Св-08Г2С под флюсом АНК-18 металла ( $\sigma_B$ ) скорость резания для последнего должна составлять ~65% скорости резания для стали 45:



Повышенная по сравнению со сталью 45 твердость наплавленного металла также приводит к повышенным скоростям резания при точении наплавленного металла по сравнению со скоростью резания для нормализованной стали 45.

На уровень скоростей, сил резания и чистоту обработанной поверхности при обработке по корке влияет ряд дополнительных факторов, значительно искажающих нормальное течение процесса резания. К ним следует отнести макронеровности наплавленной поверхности, достигающие высоты до 1 мм; засоренность поверхностных слоев неметаллическими включениями высокой твердости; повышенную пористость наружного слоя наплавки; наличие макроликвации металла и т. п.

Влияние скорости резания на чистоту обрабатываемой поверхности показано в таблице 135.

**Т а б л и ц а 135. Влияние скорости резания на чистоту обработанной поверхности при точении наплавленного металла и стали 45**

Обрабатываемый материал	Высота неровностей $H_{ск}$ мкм при скорости $v$ , м/мин							
	7,7	9,7	16	20	40	80	100	160
Наплавленный металл	11	15	12	9	6,5	5,2	5,0	5,0
Нормализованная сталь 45	12	16	12,5	10	8,0	5,5	5,0	5,2

Из приведенных данных следует, что при точении наплавленного металла и стали 45 с возрастанием скорости резания высота неровностей сначала увеличивается, достигая максимума, затем непрерывно уменьшается и в зоне скоростей 100 м/мин стабилизируется и становится постоянной, практически одинаковой как для наплавленного металла, так и для стали 45.

При чистовом точении выбирают резцы, оснащенные пластинками твердого сплава следующих марок: ВК-3, ВК-8, Т14К8, Т15К6Т, Т30К4; при черновом: ВК-6, ВК-8, Т5К10, Т14К8, Т15К6Т. Критерием для определения лучшей марки твердого сплава является наименьший угол наклона к оси абсцисс начального участка кривой износа резца, построенной в простых координатах: время работы резца  $\tau$ , мин (абсцисса), и величина износа по задней грани  $h_z$ , мм (ордината).

Лучшие результаты при чистовом точении показывают резцы, имеющие передний угол  $\gamma = -10^\circ$ , задний угол  $\alpha = 12^\circ$ ; при черновом  $\gamma = -15^\circ$ ,  $\alpha = 12^\circ$ .

Общая геометрия режущей части резца показана на рисунке 134.

Режимы резания при точении наплавленного металла приведены в таблице 134.

Целесообразно применять метод обработки резанием нагретых наплавленных поверхностей. При нагреве наплавленных поверхностей прочность и твердость снижаются, пластичность повышается, что благоприятно сказывается на процессе обработки резанием. При нагреве сормаита выше  $500^\circ\text{C}$  он начинает резко снижать твер-

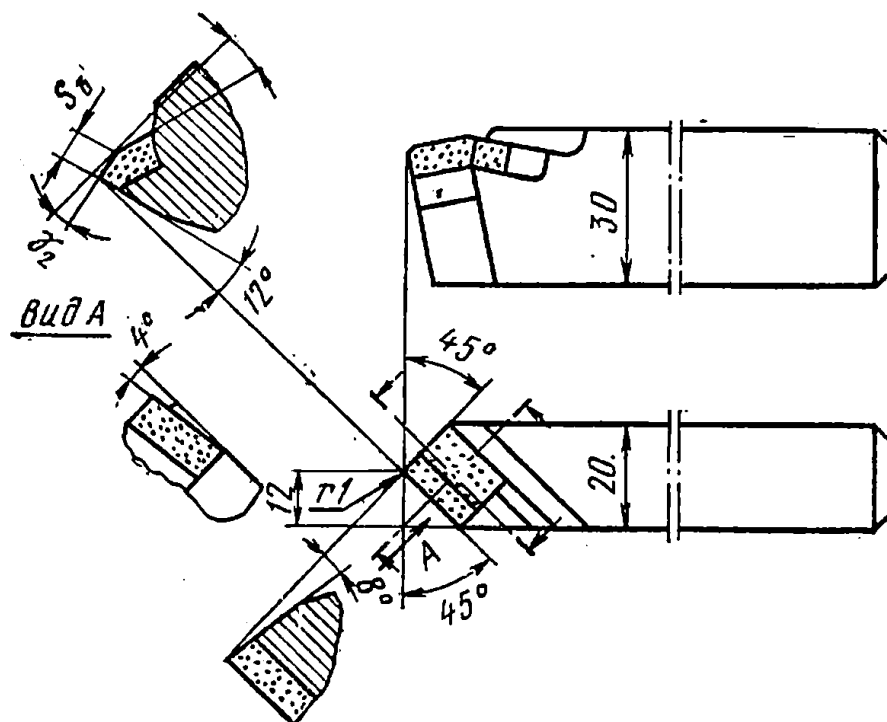


Рис. 134. Геометрия режущей части резца для точения наплавленного металла. Для чернового точения  $\gamma_2 = -15^\circ$ , для чистового  $\gamma_2 = -10^\circ$ .

дость. Например, при  $800^\circ\text{C}$  сормайт имеет твердость HB 170; при  $900^\circ\text{C}$  — HB 120 и при  $1050^\circ\text{C}$  HB 77. При этом сила резания и потребляемая мощность снижаются почти в 1,5...1,8 раза по сравнению с обработкой ненагретых наплавленных поверхностей, а удельный съем металла в единицу времени возрастает.

Кратковременный нагрев не вызывает значительных изменений в материале наплавленного слоя изделия.

При обработке нагретых наплавленных поверхностей применяют сплав Т15К6 или ВК8. Оптимальной является температура нагрева  $450...500^\circ\text{C}$ . Режимы резания:  $v = 15...20$  м/мин;  $t = 1,5...2$  мм;  $S = 0,3...0,5$  мм/об.

Токарный резец при наружном точении имеет следующую гео-

Т а б л и ц а 136. Режимы резания при точении наплавленного металла

Подача, мм/об	Чистовое точение				Черновое точение по «корке» наплавленного металла			
	скорости резания $v$ , м/мин, при глубине резания $t$ , мм				скорости резания $v$ , м/мин, при глубине резания $t$ , мм			
	0,25	0,5	0,75	1	1	2	3	4
0,15	1,38	123	115	110	—	—	—	—
0,2	114	104	98	94	46,0	44	42,5	41,5
0,3	77	71	67	65	28,5	27,5	27	26,5
0,4	60	55	53	51	20	19,5	19	18,5
0,5	50	46	44	42	15	14,7	14,5	14,3

метрию: передний угол  $\gamma=0-(-3^\circ)$ ; задний угол  $\alpha=6^\circ$ ; угол наклона режущей кромки  $\lambda=0-(+4^\circ)$ ; главный угол в плане  $\varphi=45^\circ$ ; вспомогательный угол в плане  $\varphi_1=25^\circ$ ; задний вспомогательный угол  $\alpha_1=9^\circ$ ; радиус при вершине  $r=1,15$  мм.

Высокотемпературный нагрев увеличивает стойкость резцов и позволяет значительно повысить режимы резания.

Применимы следующие методы искусственного подогрева заготовок с наплавленными поверхностями: с нагревом всей обрабатываемой детали или только участка детали вблизи от обрабатываемой поверхности.

Сплошной нагрев осуществляется в печах. При этом способе неудобно крепить нагретые детали на обрабатывающие станки. Поэтому более эффективны локальные методы нагрева. При этом металлорежущие станки должны быть оснащены нагревательными устройствами: электродуговыми головками, газовыми горелками, электроконтактными приспособлениями, индукторами.

### **Механическая обработка материалов, припеченных к изношенным поверхностям восстанавливаемых деталей**

При точении припеченных материалов для получения наименьшей шероховатости поверхности рекомендуется применять скорости резания более 70...80 м/мин. Кроме того, в зависимости от требований, предъявляемых к выполняемой операции, рекомендуются два варианта геометрических параметров, обеспечивающих:

а) наибольшую стойкость инструмента ( $\gamma=10^\circ$ ;  $\alpha=12^\circ$ ;  $\alpha_1=5^\circ$ ;  $\varphi=30^\circ$ ;  $\varphi_1=5^\circ$ ;  $\lambda=0$ ;  $r=1,4$  мм);

б) наименьшую шероховатость обработанной поверхности ( $\gamma=5...10^\circ$ ;  $\alpha=5^\circ$ ;  $\varphi=45^\circ$ ;  $\varphi_1=10^\circ$ ;  $\varphi_0=5^\circ$ ;  $f=0,4...0,5$  мм).

Скорость резания существенно влияет на усадку стружки (рис. 135), при  $v=70...100$  м/мин наблюдается максимальная усадка стружки. Так, при точении резцами из Т30К4 максимальная усадка стружки  $\xi=5,6$ ; алмазными  $\xi=4,8$ ; лейкосапфировыми  $\xi=4,5$ . Причем усадка по ширине соответственно равна 1,7; 1,5; 1,35. Нужно отметить, что на коэффициент усадки стружки по ширине скорость резания влияет меньше, чем на усадку по длине. Для лейкосапфира при точении стали 45 с  $v=100$  м/мин  $\xi=1,35$ ; а с  $v=200$  м/мин  $\xi=1,26$ .

Изменение коэффициента трения  $\mu$  в зависимости от скорости резания носит немонотонный характер (рис. 136). Причем это равно относится как к парам Т30К4 — сталь 45, лейкосапфир — сталь 45, так и к паре лейкосапфир — Д16Т.

При высоких скоростях трения (200...300 м/мин) на кривых наблюдается минимум, причем наибольшее значение ( $\mu=0,35$ ) у пары Т30К4 — сталь 45. Наибольший коэффициент трения наблюдается при точении сплавом Т30К4 спеченных порошковых материалов в сравнении с алмазом, лейкосапфиром и гексанитом-Р.

Стойкость инструмента, качество обработанных поверхностей во многом определяются возникающей в зоне резания температурой и распределением тепла в системе деталь — инструмент — стружка — окружающая среда.

Температура в зоне резания возрастает с увеличением количества перлита и включений цементита в структуре спеченного ма-

264 Таблица 136. Режимы резания и геометрические параметры инструмента при механической обработке пластмасс

Материал	Материал инструмента	Режимы обработки			Углы заточки инструмента, град			Примечание
		глубина резания $t$ , мм	подача $S$ , мм/об (мм/зуб)	скорость резания $v$ , м/мин	главный передний углы (углы при вершине сверла 2φ)	главный угол $\phi$	угол наклона винтовой нарезки сверла (винтового зуба цилиндрической формы) $\phi$	
Капрон	Сталь Р18, Р9 Твердый сплав ВК8	—	0,1...0,2 0,2	100...300 —	10...12 10	8 10...15 16	— — —	Частота обработки поверхности $V7...V8$ Черновая обработка Чистовая обработка
	Твердый сплав ВК3	—	0,07...0,42	314	3			
	Сталь Р18, Р9 Твердый сплав ВК8	—	0,5...1,0 0,1...0,2	700...1000 700...1000	15...20 15...20	8...10 8...10	— —	
Полиэтилен	Сталь Р18 Твердый сплав ВК8	—	0,05...0,2 0,15...0,3	100...200 50...70	16 10	20 10	— —	Частота обработки поверхности $V7...V8$ Черновая обработка Чистовая обработка
	Т15К6	—	0,1	40...85	12	5...8	—	
	Волокнит Состав на основе эпоксидной смолы	—						

Точение проходным резцом

### Фрезерование

Капрон	Цилиндрическая фреза, сталь Р18; Р9	0,5...2,5	0,03	140...150	20	10	20
Полиэтилен	Торцовая фреза, сталь Р18; Р9	—	0,3	1000	25	25...30	—
Волокнит	Торцовая фреза, твердый сплав ВК6	—	0,05...0,4	200...400	10	20	—
Состав на основе эпоксидной смолы	Торцовая фреза, твердый сплав ВК8	—	0,1	До 100	20	20	—

### Сверление цилиндрическим спиральным сверлом

Капрон	Сверло $d=2\ldots 3$ мм, сталь Р18	—	0,1...0,2	40	60	8	2
Полиэтилен	Сверло $d=1\ldots 2$ мм, сталь Р18; Р9	—	0,5	15...30	60...100	—	15
Волокнит	Сверло $d>2$ мм, сталь Р18	—	0,1...0,6	60...75	70	—	15
Состав на основе эпоксидной смолы	Твердый сплав ВК8	—	0,3	40...50	70...90	12...15	12...15

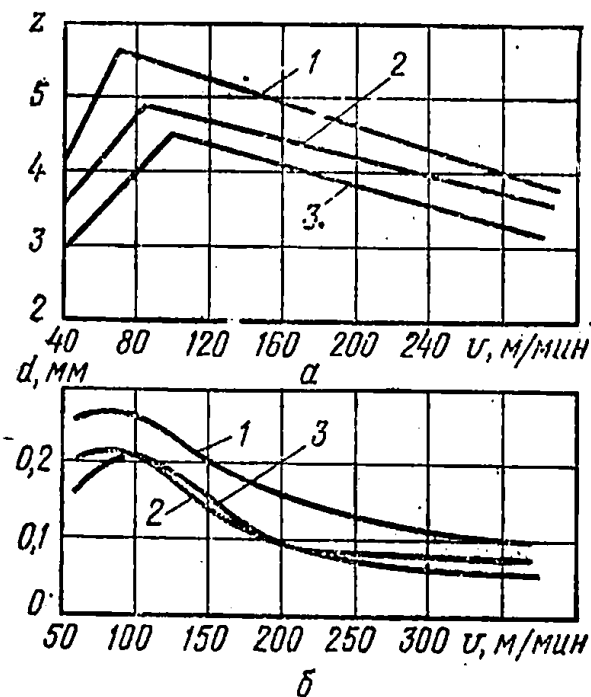


Рис. 135. Влияние скорости резания на усадку (а) и величину контакта стружки с передней поверхностью инструмента (б):  
1 — Т30К4; 2 — алмаз; 3 — лейкосапфир.

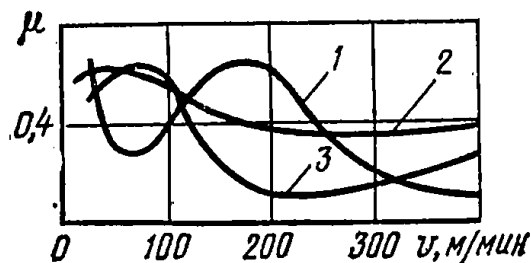


Рис. 136. Влияние скорости резания на коэффициент трения:  
1 — лейкосапфир — алюминиевый сплав Д16Т; 2 — твердый сплав Т30К4 — сталь 45; 3 — лейкосапфир — сталь 45.

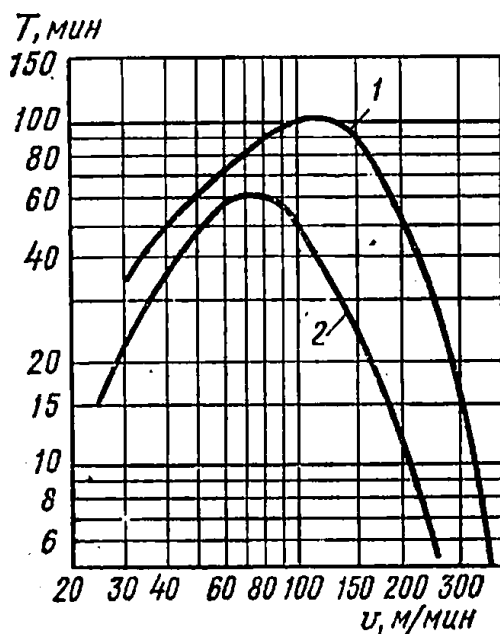


Рис. 137. Зависимость стойкости резцов из лейкосапфира (1) и твердого сплава Т30К4 (2) от скорости резания при точении спеченного порошкового материала со структурой перлита и небольшого количества феррита.

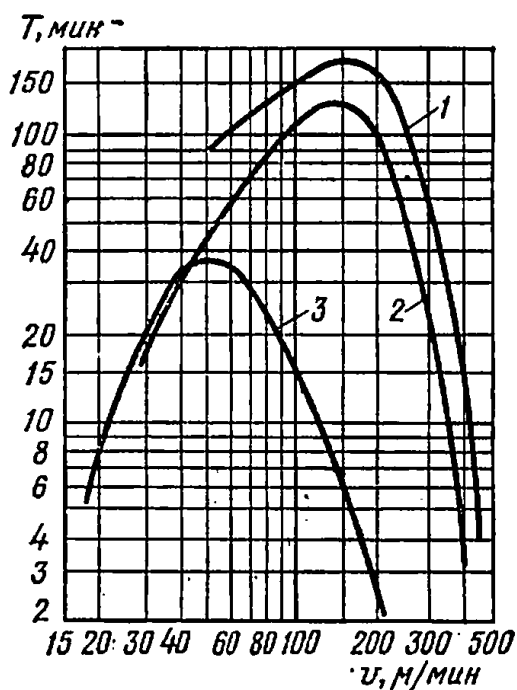
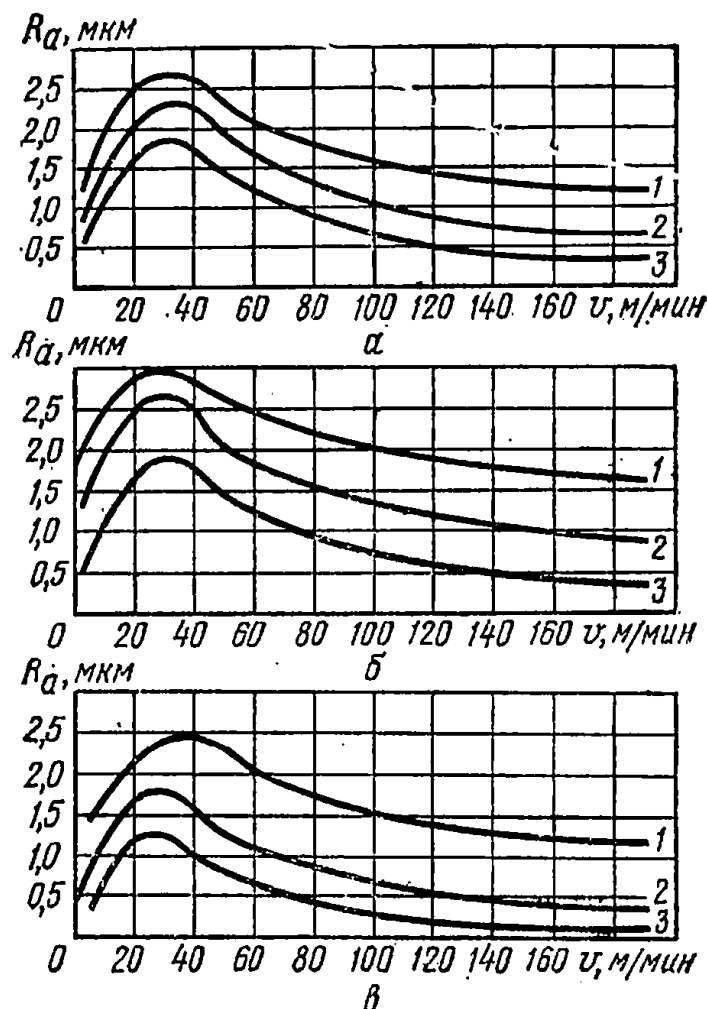


Рис. 138. Влияние скорости резания на стойкость резцов из лейкосапфира при точении:  
1 — спеченный порошковый материал со структурой феррита; 2 — сталь 45; 3 — спеченный материал со структурой тонкопластинчатого и сорбитообразного перлита.

Рис. 139. Влияние скорости резания на шероховатость обработанной поверхности спеченного материала:

$\alpha$  — с различной плотностью: 1 — 85%; 2 — 90%; 3 — 95% (структура перлита); б — с различной структурой: 1 — ферритовая; 2 — феррит + перлит; 3 — перлитная; в — при тонком точении спеченных порошковых материалов (1, 2) и при обработке стали У8 (3).



тернала и, наоборот, понижается с увеличением количества феррита. Так, при обработке материала со структурой перлит температура резания возрастает в 1,1...1,2 раза по сравнению с перлитоферритной структурой, а при обработке материала со структурой перлит + включения цементита — в 1,3...1,4 раза.

На увеличение температуры в рабочей зоне существенно влияют: скорость резания  $v$ , подача  $S$ , глубина резания  $t$  и угол в плане  $\phi$ . Увеличение угла  $\gamma$  в зоне положительных передних углов значительно уменьшает температуру резания, как и увеличение заднего угла  $\alpha$  — в пределах 2...12°. Отрицательные передние углы и углы  $\alpha$  от 14 до 24° способствуют значительному увеличению температуры. Увеличение радиуса закругления при вершине резца улучшает теплоотвод и как следствие значительно уменьшает температуру в зоне резания. Эмпирические формулы для расчета температуры в максимально термонапряженной зоне (в первой канавке износа по вспомогательной задней поверхности) для ряда обрабатываемых материалов

$$\theta = C v^{0,4} S^{0,08} t^{0,06} h_3^{0,1}, \quad (81)$$

где  $C=138$  для припеченного порошкового материала с перлитной структурой.

Тенденция ремонтного производства заключается в том, чтобы получить детали в окончательном виде или с минимальным припус-

ком только для финишной операции (тонкое точение, шлифование, доводка).

Зависимость стойкости резцов от скорости резания показана на рисунке 137. На стойкость резцов существенно влияет величина критерия затупления. В качестве критерия затупления выбрана величина радиального износа  $h_{rg}=0,1$  мм. Это ориентировочно соответствует износу по вспомогательной задней поверхности  $h_{авс}=0,4$  мм. Геометрия резца:  $\alpha=\alpha_1=8^\circ$ ;  $r=0,3$  мм.

Анализ графических зависимостей показывает, что функция  $T=f(v)$  носит немонотонный характер, причем стойкость резцов из лейкосапфира значительно выше, чем резцов из твердого сплава Т30К4.

Влияние скорости резания на стойкость резцов, армированных лейкосапфиром при тонком точении различных материалов, показано на рисунке 138. Геометрические параметры резцов и режимы резания те же.

Влияние скорости резания на шероховатость обработанной поверхности показано на рисунке 139.

Припеченные материалы относят к классу труднообрабатываемых. Рациональные режимы тонкого точения спеченного материала:  $v=50$  м/мин;  $S=0,05$  мм/об;  $t=0,1$  мм (геометрия лейкосапфирового резца:  $\alpha=\alpha_1=8^\circ$ ;  $r=0,3$  мм).

## Механическая обработка пластмасс

Механическую обработку пластмассовых деталей применяют в тех случаях, если нужно изменить размеры деталей после изготовления или нанесения слоя покрытия.

При выборе режимов обработки и геометрических параметров инструмента следует учитывать плохую теплопроводность полимерных материалов, а также относительно низкую температуру их плавления или начала разрушения (деструкции). Поэтому режимы резания выбирают главным образом по требуемой чистоте обрабатываемой поверхности.

Чтобы уменьшить нагревание инструмента и пластмассовой поверхности детали в процессе резания, в режущем инструменте нужно увеличить задний угол. Для охлаждения полимеров при обработке целесообразно применять 5%-ный раствор эмульсола. Некоторые полимеры хорошо обрабатывать абразивами. Предельно допустимая температура в зоне резания для термопластичных пластмасс 60...130°, для термореактивных 160°.

Режимы резания и геометрические параметры режущего инструмента при механической обработке пластмасс приведены в таблице 136.

## Механическая обработка электролитических покрытий

Для шлифования осталенных деталей целесообразно использовать круги из синтетических алмазов. Номенклатура кругов приведена в таблице 137.

В качестве критерия для выбора параметров круга из синтетических алмазов и режимов резания принимают удельный расход алмазов и удельную производительность при шлифовании. Лучшие



Т а б л и ц а 137. Номенклатура кругов

Алмазные круги		
переменная зернистость	переменная концентрация алмазов	переменная связка
АСП6К6-100	АСП25К6-50	АСП25К1-100
АСП12К6-100	АСП25К6-100	АСП25К6-100
АСП25К6-100	АСП25К6-150	АСО25Б3-100
АСП40К6-100		АСО25Б4-100

показатели при шлифовании твердых покрытий имеют круги из синтетических алмазов АСП25К6-50.

Оптимальные режимы шлифования твердых покрытий кругами из синтетических алмазов: скорость круга 30 м/с; скорость изделия 20...25 м/мин; продольная подача 1...1,5 мм/об; глубина шлифования 0,01...0,02 мм/ход.

В случае точения осадков электролитического железа восстанавливаемых деталей в зоне резания образуется высокая температура (1000...1050°С), причем при точении мягких осадков температура в 1,2...1,7 раза выше, чем при точении твердых покрытий. Высокая температура в зоне резания способствует интенсивному износу режущего инструмента.

Несмотря на значительную разницу в твердости ( $H_{50} = 250$  кгс/мм<sup>2</sup> и  $H_{50} = 500$  кгс/мм<sup>2</sup>) при точении мягких покрытий наблюдается больший износ режущего инструмента, чем при точении твердых; изменяется и характер износа.

Мягкие покрытия с включениями гидроокиси подобны абразивному инструменту, имеющему твердые включения в мягкой связке, в сочетании с высокой температурой интенсивно изнашивают режущий инструмент.

Наилучшие результаты по стойкости показывают резцы из твердого сплава Т30К4 и минералокерамический сплав ЦМ332. Сплав ЦМ332 при точении мягких покрытий более стоек, чем твердый сплав Т30К4. Однако при одинаковом износе шероховатость поверхности, обработанной сплавом ЦМ332, значительно выше, чем при точении сплавом Т30К4.

Так как вопросы качества обработанной поверхности имеют большое значение, следует рекомендовать в первую очередь твердый сплав Т30К4. Оптимальные значения скорости резания, подачи и геометрических параметров режущего инструмента:  $v = 50$  м/мин;  $S = 0,12$  мм/об;  $t = 0,2$  мм;  $\alpha = 10^\circ$ ;  $\gamma = 0^\circ$ ;  $\varphi = 60^\circ$ ;  $\varphi_1 = 30^\circ$ ;  $\lambda = \pm 5^\circ$ .

Уравнения стойкости резцов Т30К4 в зависимости от режимов резания и геометрических параметров резца:

для мягких покрытий

$$T = \frac{133,5}{v^{0,86} S^{0,26}}, \quad (82)$$

для твердых покрытий

$$T = \frac{236}{v^{0,82} S^{0,2}}. \quad (83)$$

Плотные мелкодисперсные осадки электролитического железа способствуют получению обработанной поверхности с малой шероховатостью.

Шероховатость обработанных осталенных поверхностей на 1...2 класса меньше, чем при точении среднеуглеродистой стали.

Зависимость шероховатости обработанной поверхности от подачи и радиуса при вершине:

для покрытий с  $H_{50} = 250 \dots 290$  кгс/мм<sup>2</sup>

$$R_z = \frac{644,2 S^{2,58}}{r^{0,35}}, \quad (84)$$

для покрытий с  $H_{50} = 480 \dots 520$  кгс/мм<sup>2</sup>

$$R_z = \frac{32,2 S^{1,27}}{r^{0,466}}. \quad (85)$$

При точении покрытий на оптимальных режимах и оптимальных геометрических параметрах режущего инструмента шероховатость обработанной поверхности находится в пределах 6...8 классов чистоты.

Экономичный технологический процесс окончательной обработки электролитического железа заключается в том, что механическую обработку проводят в такой последовательности: вначале деталь обтачивают по рекомендуемым режимам резания при оптимальной геометрии режущего инструмента, затем шлифуют алмазным инструментом для твердых покрытий с  $H_{50} > 450$  кгс/мм<sup>2</sup> и абразивным — для мягких покрытий с  $H_{50} < 300$  кгс/мм<sup>2</sup>.

## Обработка наплавленных слоев шлифованием

Детали, восстановленные наплавкой твердыми порошковыми материалами на железной основе, например сормайт, УС-25, ФБХ-6-2, целесообразно обрабатывать шлифованием методом врезания. Наиболее высокие показатели процесса обработки наплавки достигаются при сухом шлифовании. Шлифование без охлаждающей жидкости позволяет вести процесс обработки в условиях разупрочнения обрабатываемого материала в месте контакта круга с восстанавливаемой деталью.

Сормайт целесообразно предварительно обрабатывать шлифовальным кругом из электрокорунда хромистого 34А40СМ16К, а УС-25 и ФБХ-6-2 — шлифовальным кругом из карбида кремния 64С25СМ16К.

Основные показатели режима шлифования: окружная скорость круга  $v_k$ , м/с; окружная скорость детали  $v_d$ , м/мин; скорость съема металла  $Q_m$ , мм<sup>3</sup>/мин; минутная поперечная подача круга  $St_m$ , мм/мин.

Оптимальные значения основных показателей режима чернового шлифования: окружная скорость круга, соответствующая наибольшей величине его стойкости,  $v_k = 35$  м/с, окружная скорость детали  $v_d = 11$  м/мин.

Оптимальные значения скоростей съема металла наплавки, соответствующие минимуму удельной себестоимости ( $C^1$ ):

для сормайт  $Q_m = 7 \text{ см}^3/\text{мин}$ ,  $C^1 = 0,196 \text{ коп}/\text{см}^3$ ;  
 для УС-25  $Q_m = 4 \text{ см}^3/\text{мин}$ ,  $C^1 = 0,337 \text{ коп}/\text{см}^3$ ;  
 для ФБХ-6-2  $Q_m = 4,5 \text{ см}^3/\text{мин}$ ,  $C^1 = 0,308 \text{ коп}/\text{см}^3$ ;  
 для ПГ-ХН80СРЗ  $Q_m = 3 \text{ см}^3/\text{мин}$ ,  $C^1 = 0,41 \text{ коп}/\text{см}^3$ .

Минутную поперечную подачу круга  $St_m$ , соответствующую оптимальной скорости съема металла, определяют по формуле

$$St_m = \frac{Q_m}{\pi DL}, \quad (86)$$

где  $Q_m$  — оптимальная скорость съема металла наплавки,  $\text{мм}^3/\text{мин}$ ;  
 $D$  — диаметр обрабатываемой поверхности, мм;  
 $L$  — длина обрабатываемой поверхности, мм.

В таблице 138 представлены некоторые данные минутной поперечной подачи в зависимости от диаметра и ширины шлифования поверхностей, наплавленных различными сплавами. Чистовое шлифование рекомендуется вести при величине минутной поперечной подачи  $St_m$ , не превышающей 0,15 мм/мин.

**Т а б л и ц а 138. Данные минутной поперечной подачи в зависимости от диаметра и ширины шлифования поверхностей, наплавленных различными сплавами\***

Диаметр обрабатываемой поверхности, мм	Частота вращения, об/мин	Обрабатываемый материал	Минутная поперечная подача $St_m$ , мм/мин, при длине шлифования $L_d$ , мм			
			15	25	35	45
40	95	Сормайт	3,9	2,3	1,67	1,3
50	75	»	3,1	1,85	1,3	1,0
60	65	»	2,6	1,55	1,1	0,87
70	55	»	2,2	1,3	0,96	0,74
80	50	»	1,95	1,15	0,83	0,65
40	95	ФБХ-6-2 и. УС-25	2,2	1,3	1,0	0,74
50	75	То же	1,8	1,0	0,78	0,6
60	65	»	1,5	0,9	0,64	0,5
70	55	»	1,25	0,76	0,54	0,4
80	50	»	1,1	0,66	0,47	0,37
40	95	ПГ-ХН90СРЗ	1,6	0,95	0,65	0,55
50	75	То же	1,25	0,75	0,55	0,45
60	65	»	1,05	0,65	0,4	0,35
70	55	»	0,9	0,55	0,4	0,3
80	50	»	0,8	0,45	0,35	0,25

Данные ВСХИЗО.

Шероховатость поверхности можно регулировать путем улучшения качества круга, которое при его правке зависит от скорости подачи алмазно-металлического карандаша. Так, при подаче карандаша со скоростью 0,1 мм/об шероховатость поверхности составляет  $\nabla 7 \dots \nabla 8$ , а при скорости 0,2 мм/об —  $\nabla 6$ .

Припуск на окончательную механическую обработку не должен превышать 0,3 мм на сторону.

## Абразивный лезвийный способ обработки восстанавливаемых деталей

Способ обработки заключается в разупрочнении наплавленно-го металла. Источником нагрева является специальный абразивный круг, работающий в режиме самозатачивания с дополнительным выделением тепла в контактную зону и расположенный таким образом с учетом режима резания лезвия. Это обеспечивает местный прогрев на глубину, не превышающую глубины резания. Оптимальные условия нагрева соответствуют минимальному теплоотводу в обрабатываемую деталь, и, что особенно важно, тепло нагрева не поступает к передней поверхности резца (рис. 140).

В результате смещения круга по его высоте (на  $1/3 \dots 1/2$  по отношению к поверхности резания резца) удаляется корка наплавленного металла, что позволяет вести резание восстанавливаемых деталей твердосплавным инструментом.

Обрабатывают детали кругами горячего прессования ЭФ МИСиС с характеристикой: ПП150×20×32, 38А200ВТБ. Резец, оснащенный напайкой пластиной твердого сплава ВК8, имеет следующие геометрические размеры: главный передний угол  $\gamma=0$ ; главный задний угол  $\alpha=8^\circ$ ; углы в плане  $\phi=\phi_1=45^\circ$ .

Скорость резания при обработке составляет 8 м/мин. Скорость шлифования 47 м/с. Диапазон регулирования усилия прижима круга 10...500 Н.

От абразивного круга требуется высокое тепловыделение в зоне контакта с обрабатываемым материалом, т.е. он должен работать аналогично диску трения. С другой стороны, круг должен обеспечивать интенсивный съем металла на глубину  $\sim 1,5$  мм для удаления корки. Оба эти требования должны выполняться при условии высокой стойкости инструмента.

Производительность при абразивно-лезвийной обработке повышается в результате увеличения скорости резания и подачи, что, в свою очередь, создает ограничения по пластической износостойкости инструмента.

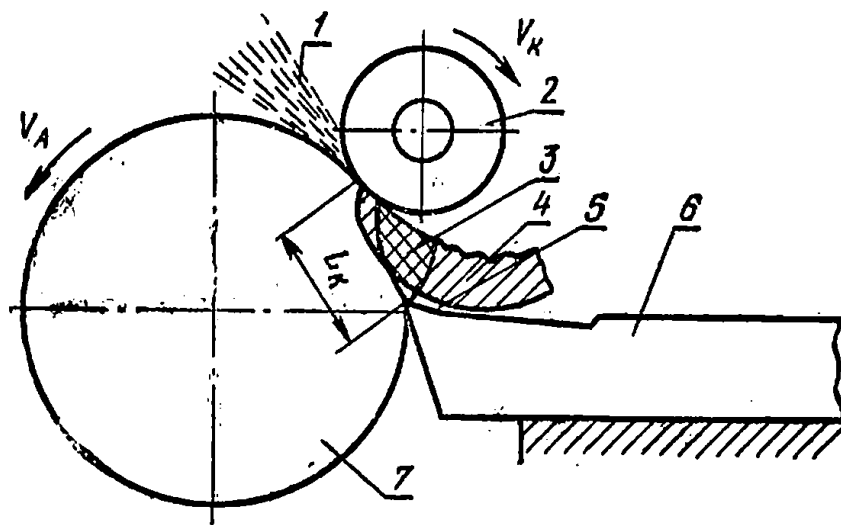


Рис. 140. Схема абразивно-лезвийного способа обработки:

1 — металлоабразивный факел; 2 — абразивный «тепловой» силовой круг; 3 — зона сдвиговых деформаций; 4 — нагретая зона; 5 — холодная зона; 6 — резец; 7 — восстанавливаемая деталь;  $L_K$  — длина дуги контакта.

Производительность при абразивно-лезвийном способе равна

$$Q_{a.l} = Q_l + Q_{ш}, \quad (87)$$

где  $Q_l$  — съем металла в минуту резцом, г/мин;

$$Q_l = \gamma v S t_l, \quad (88)$$

здесь  $\gamma$  — плотность обрабатываемого металла, г/см<sup>3</sup>;

$v$  — скорость резания, м/мин;

$S$  — подача, мм/об;

$t_l$  — глубина резания, мм;

$Q_{ш}$  — съем металла в минуту абразивным кругом, г/мин.

$$Q_{ш} = \gamma v_d S_o t_{ш}, \quad (89)$$

здесь  $v_d = v$  — скорость вращения восстанавливаемой детали, м/мин;

$S_o = S$  — подача, мм/об;

$t_{ш}$  — глубина шлифования, мм.

Способ разработан в Московском институте стали и сплавов.

## Электроалмазное хонингование

Электроалмазное хонингование с подводом тока посредством следящего катода по сравнению с обычным алмазным хонингованием увеличивает производительность металлосъема в 4...5 раз, уменьшает удельный расход алмазов в 2 раза, снижает шероховатость обработанной поверхности на 1...2 класса.

Наилучшие результаты при электроалмазном хонинговании показывают бруски на следующих связках: М1 для серого чугуна СЧ 18-36, HB=170...220; М1/Си и М1 для серого закаленного чугуна СЧ 21-40, HRC=38...45; М1/Си для стали 45, HB=190...200, ОП25 и М1 для стали 45, HRC=51...53 и МС3 для остальной поверхности;  $H_{\mu} = 550...600$ .

Оптимальными режимами являются:

а) давление воздуха в пневмокамере  $2 \cdot 10^5...4 \cdot 10^5$  Па при предварительном хонинговании, что соответствует удельному давлению брусков  $3,78 \cdot 10^5...5,8 \cdot 10^5$  Па и  $2 \cdot 10^5$  или  $3,75 \cdot 10^5$  Па при окончательном хонинговании;

б) окружная скорость  $v = 50$  м/мин, и скорость возвратно-поступательного движения  $v_{в.п} = 11,8$  м/мин при предварительном и окончательном хонинговании.

Оптимальные электрохимические параметры:

электролит Э1 — водный раствор азотнокислого натрия  $\text{NaNO}_3$  200 г/л и олеиновой кислоты  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$  — 30 г/л;

плотность тока  $D_k$  — 20...30 А/см<sup>2</sup>;

зазор между следящим катодом и обрабатываемой поверхностью  $\delta = 0,4...0,8$  мм;

время хонингования должно устанавливаться из условия снятия припуска на обработку.

Износостойкость поверхности после электроалмазного хонингования на 18...22% выше, чем после алмазного хонингования.

Процесс электроалмазного хонингования восстанавливаемых деталей разработан Московским институтом инженеров сельскохозяйственного производства им. В. П. Горячкина.

## Электрохимическое шлифование восстанавливаемых деталей

Электрохимическое шлифование (ЭХШ) твердых поверхностей токопроводящими абразивными и алмазными кругами — один из перспективных способов обработки металлов. На производительность и точность процесса ЭХШ существенно влияют напряжение на электродах, плотность тока, мощность абразивного резания, состав, концентрация и давление электролита, глубина обработки, физико-механические свойства обрабатываемой поверхности (пористость, твердость, химический состав).

Предварительная обработка восстанавливаемых деталей осуществляется абразивными токопроводящими кругами М5-5 и М5-4 на алюминиевой связке с напряжением 20...25 В, доводка — выжигивание с напряжением 5...10 В.

Электролитом служит водный раствор хлористого натрия (ГОСТ 4233—77) и азотнокислого натрия (ГОСТ 828—77). Антикоррозийная добавка — нитрит натрия (ГОСТ 6194—69). Плотность электролита контролируют ареометром (ГОСТ 895—66) с ценой деления 0,01.

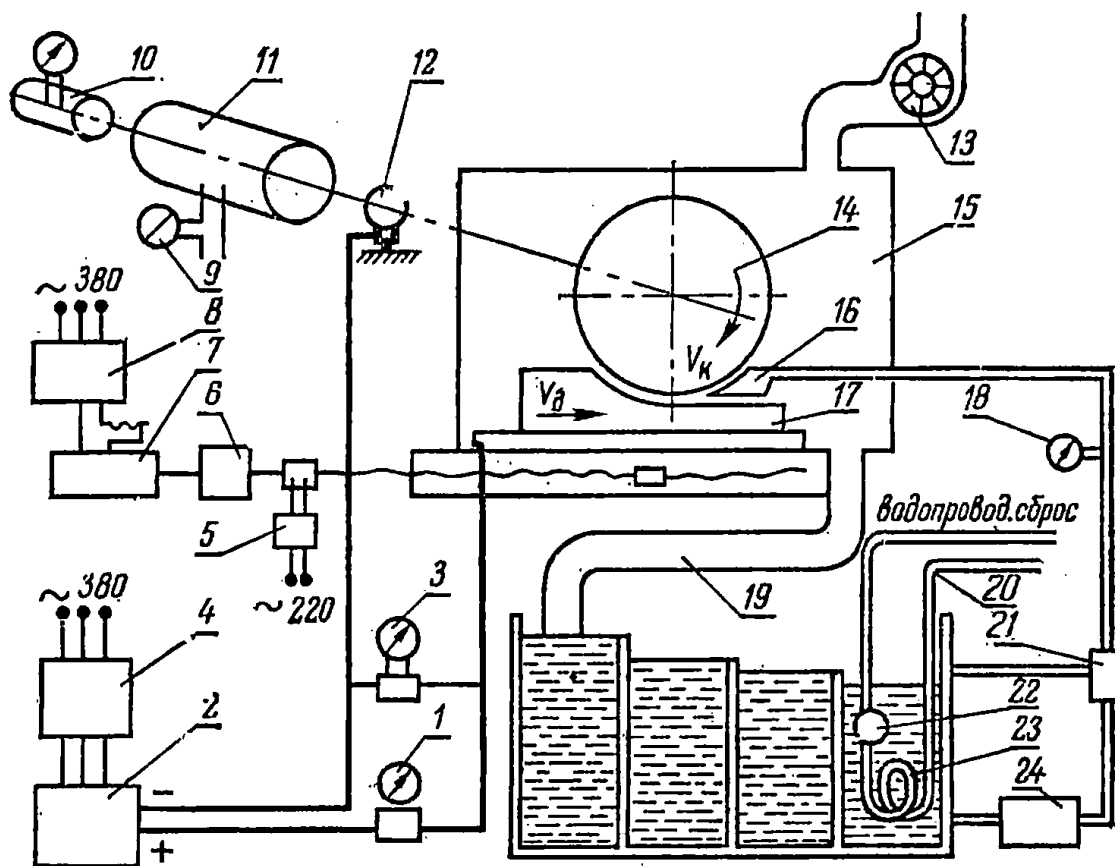


Рис. 141. Схема установки электрохимического шлифования:

1 — амперметр самопишущий; 2 — выпрямитель ВААГ-600/12; 3 — вольтметр самопишущий; 4 — потенциал-регулятор; 5 — счетчик оборотов; 6 — червячный редуктор; 7 — электродвигатель; 8 — выпрямитель тока; 9 — ваттметр самопишущий; 10 — тахогенератор; 11 — электродвигатель привода инструмента; 12 — токопровод; 13 — вентилятор; 14 — катод-инструмент; 15 — защитный кожух; 16 — сопло; 17 — обрабатываемая деталь; 18 — манометр; 19 — сливной шланг; 20 — змеевик-терморегулятор; 21 — вентиль перепускной; 22 — клапан-термостат; 23 — ванна для электролита; 24 — центробежный насос.

Величину водородного показателя рН электролита контролируют рН-метром модели ЛПУ-01 с ценой деления 0,05 с пределом измерения от  $-2$  до  $+14$ .

Линейная скорость подачи детали при плоском шлифовании в пределах 150...200 мм/мин. При обработке круглой детали частота вращения детали 300...500 об/мин.

Схема установки электрохимического шлифования, разработанная ЧИМЭСХ, представлена на рисунке 141.

## Вибрационно-ленточное полирование

Для полирования цилиндрических, эксцентричных и криволинейных поверхностей и поверхностей шеек и галтелей непосредственно на универсальных станках (токарных, шлифовальных и других) применяют вибрационно-ленточно-полировальную головку (ВЛПГ). Восстановленные детали полируются бесконечной лентой длиной 1500...2200 мм и шириной до 60 мм: абразивной типа ЛСВТ зернистостью № 8 — М28 или алмазной типа АЛШБ  $1920 \times 20 \times 1,9$  — АСО — 100% — Р9 зернистостью 80/63—40/28, совершающей поступательное движение по образующей обрабатываемой цилиндрической поверхности детали со скоростью 35 м/с, поперечное колебательное движение с амплитудой 2...6 мм и частотой 300; 600; 900 кол/мин при сохранении вращательного движения детали и движений подачи ленты или детали от металлорежущего станка.

ВЛПГ (рис. 142) состоит из поворотного рычага, несущего ведомый ролик 2 бесконечной ленты 1, шкива 7 привода ленты и дифференциального механического вибратора 8, который позволяет получить от электродвигателя 10 мощностью 1 кВт, смонтированного вместе с головкой на плите 11, поступательное (через клиноременную передачу 9) и колебательное движение ленты, надетой на шкив и ролик.

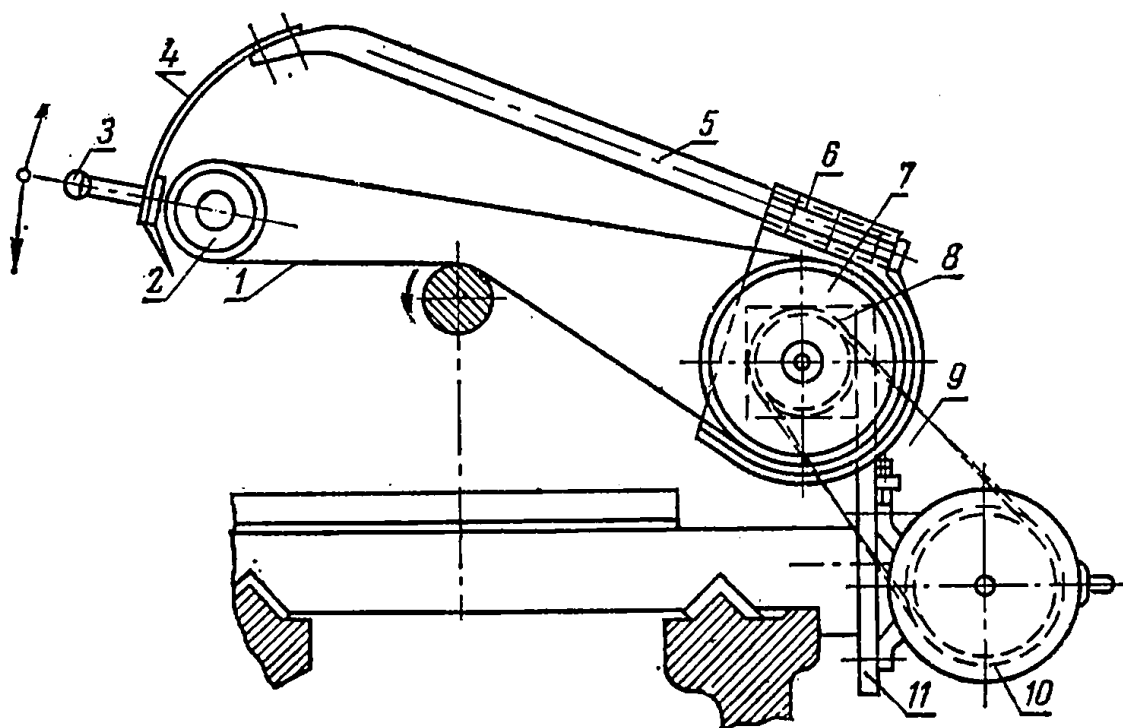


Рис. 142. Полировальная головка.

Поворотный рычаг состоит из кронштейна 6, трубы 5 и упругой пластины 4, выполняющей роль механизма натяжения ленты. Один конец трубы закреплен в охватывающем зажиме кронштейна.

Детали полируют на станках с использованием ВЛПГ непосредственно после их точения или шлифования. Для этого поворотный рычаг поворачивают за рукоятку 3 вокруг шкива привода ленты. Плавно опускают ленту на деталь. Головка стабильно обеспечивает получение 9...11 классов чистоты обработанной поверхности после исходной 7...8 классов.

ВЛПГ разработана Челябинским институтом механизации и электрификации сельского хозяйства.

## **Электроконтактные методы обработки восстанавливаемых деталей**

Электроконтактные методы основаны на разрушении металла вследствие электротермических процессов, сочетающихся с механическим удалением образующихся продуктов.

Соприкосновение под небольшим давлением двух металлических электродов инструмента и изделия приводит к образованию в месте контакта повышенного сопротивления. Проходящий через место контакта электрический ток разогревает, размягчает и даже плавит металл, облегчая его удаление с изделия. Для предотвращения плавления инструмента ему придают большую скорость перемещения либо искусственно охлаждают.

Описанное явление электроконтактного тепловыделения используют как для операций обработки, проходящих с удалением металла (резка, шлифование, заточка, фрезерование, прошивание и т. д.), так и для операций, при которых металл сглаживается либо наносится (виброконтактная наплавка, электроконтактная наварка).

Режим электроконтактной обработки:

напряжение на электродах	2...3 В
сила тока короткого замыкания . . . . .	300...600 А
сила рабочего тока . . . . .	100...200 А
расчетная плотность тока	5...30 А/мм <sup>2</sup>
скорость перемещения электродов . . . . .	0,25...0,8 мм/с
давление . . . . .	60...80 кПа
интенсивность съема металла . . . . .	1000...10 000 мм <sup>3</sup> /мин
среда . . . . .	эмульсия

## **Глава 17**

### **ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ТОЧЕНИИ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Инструментальные материалы подразделяют на естественные и искусственные. Наиболее распространенным представителем естественных материалов является алмаз, а искусственных — синтетические алмазы, эльбор-Р, гексанит-Р, лейкосапфир, рубин.



Область применения каждого инструментального материала определяется его физико-механическими свойствами, основные из которых твердость, прочность на сжатие и изгиб, модуль упругости, термостойкость, теплопроводность, коэффициент линейного расширения и др.

Основной причиной малой эффективности алмазных резцов при обработке черных металлов служит их низкая стойкость, поэтому применять их целесообразно лишь в исключительных случаях.

Резцы из синтетических алмазов типа баллас (АСБ) обеспечивают стабильность линейных размеров деталей, требуемую шероховатость обрабатываемой поверхности, высокопроизводительное резание. Стойкость резцов из АСБ при точении по сравнению с резцами из твердых сплавов в 2...3 раза выше, а в некоторых случаях не уступает стойкости резцов из природных алмазов.

Эльбор (кубический нитрид бора КНБ) — новый инструментальный материал. Высокая термостойкость и химическая инертность к железу позволяют широко применять эльбор при обработке труднообрабатываемых сталей и сплавов, особенно в закаленном состоянии.

Гексанит-Р — одна из разновидностей нитрида бора — представляет собой поликристаллический материал, получаемый с использованием высоких импульсных давлений.

Материал несколько уступает сфалеритному нитриду бора по твердости, но существенно превосходит последний по степени деформируемости (более высокие показатели пластичности). По этой причине режущий инструмент, изготовленный из гексанита-Р, обла-

Т а б л и ц а 139. Физико-механические свойства инструментальных материалов

Физико-механические свойства	Быстро-режущая сталь Р18	Твердые сплавы		Минерало-керамика ЦМ 332
		ВКЗМ	ТЗОК4	
Плотность, г/см <sup>3</sup>	8,5...8,7	15,0	—	3,97... 4,0
Теплостойкость, °С	600	800	900	1200
Удельная теплопроводность, кал/(см·с·°С)	0,07	0,14	0,06	0,04
Микротвердость, кгс/мм <sup>2</sup>	1100	1300	1 400...2 100	—
Предел прочности на изгиб, МН/м <sup>2</sup>	37	15	9...10	3
Предел прочности на сжатие, МН/м <sup>2</sup>	—	—	—	10
Плотность, г/см <sup>3</sup>	3,86... 4,06	3,5	3,45...3,5	—
Теплостойкость, °С	1300	600...800	1 300... 14 000	1400
Удельная теплопроводность, кал/(см·с·°С)	0,04... 0,06	0,33... 0,35	0,19	—
Микротвердость, кгс/мм <sup>2</sup>	1940... 2300	10 000	3 000... 10 000	3800
Предел прочности на изгиб, МН/м <sup>2</sup>	3,8...6,8	3	5...10	—
Предел прочности на сжатие, МН/м <sup>2</sup>	21	20	—	—

Т а б л и ц а 140. Обозначение зернистости шлифзерна и шлифпорошка

Обозначение по ГОСТ 3647—71 зерна и порошков для шлифовальных кругов и шлифовальной шкурки				Обозначения по стандарту ЕРА (Европейская организация изготовителей абразивов)					
зернистость	размер зерен, мкм	содержание основной фракции, %		32G в 1971 г. зерна и порошков для шлифовальных кругов			31G в 1971 г. зерна и порошков для шлифовальной шкурки		
		нормальное	повышенное	зернистость	размер зерен, мкм	содержание основной фракции, %	зернистость	размер зерен, мкм	содержание основной фракции, %
—	—	—	—	8	2800...2360	45	—	—	—
200	2500...2000	45	55	10	2360...2000	45	—	—	—
160	2000...1600	45	55	12	2000...1700	45	12	2000...1700	45
—	—	—	—	14	1700...1400	45	—	—	—
125	1600...1250	45	55	16	1400...1180	45	16	1400...1180	49
100	1250...1000	45	55	20	1180...1000	45	20	1000...850	44
80	1000...800	45	55	24	850...710	45	24	850...710	47
63	800...630	45	55	30	710...600	45	30	710...600	47
50	630...500	45	55	36	600...500	45	36	600...500	47
40	500...400	45	55	46	425...355	40	40	425...355	47
32	400...315	45	55	54	355...300	40	50	355...300	49
25	315...250	43	55	60	300...250	40	60	300...250	45
20	250...200	43	55	70	250...212	40	—	—	—
16	200...160	43	55	81	212...180	40	80	212...180	49



дает относительно большей вязкостью при том же уровне химической инертности на контакте с разнообразными металлами и неметаллами.

Инструментальный материал на основе вюрцитного нитрида бора (гексанит-Р) достаточно универсален. Его можно эффективно использовать на операциях холодной обработки наплавленных сталей, закаленных сталей, чугунов, пластмасс и твердых сплавов. Это позволяет использовать гексанит-Р для точения материалов на основе железа и хрома в закаленном состоянии (HRC 58...62).

Лейкосапфир, как и рубин, представляет собой синтетический монокристалл  $Al_2O_3$  в виде  $\alpha$ -модификации, но в отличие от рубина почти не содержит примесей. Используют лейкосапфир для изготовления резцов, шлифовальных кругов и паст.

Анализируя физико-механические характеристики эльбора-Р, лейкосапфира, рубина, алмаза и твердых сплавов (табл. 139), нетрудно заметить, что по некоторым свойствам (предел прочности на изгиб, теплостойкость, температуростойкость) первые три превосходят такой совершенный инструментальный материал, как алмаз, и, следовательно, могут быть использованы на тех операциях, где наиболее эффективно используется алмазный инструмент. Гексанит-Р, ВК-3М, Т30К4 целесообразно применять для обработки наплавленных слоев.

### Рекомендации по эксплуатации абразивного инструмента

1. Термины на абразивные материалы и инструменты (ГОСТ 21445—75). Обозначения абразивных материалов (ГОСТ 3647—71): электрокорунд нормальный — 12А, 13А, 14А, 15А, 16А; электрокорунд белый — 22А, 23А, 24А, 25А; электрокорунд хромистый — 32А, 33А, 34А; электрокорунд титанистый — 37А; электрокорунд циркониевый — 38А; монокорунд — 43А, 44А, 45А; карбид кремния черный — 53С, 54С, 55С; карбид кремния зеленый — 63С, 64С; электрокорунд хромотитанистый — 91А.

2. Размеры абразивных материалов. ГОСТ 3647—71 устанавливает размеры в поперечнике в сотых долях миллиметров в метрической системе, в скобках указана зернистость в дюймовой системе: шлифзерно: 200 (10), 160 (12), 125 (16), 100 (20), 80 (24), 63 (30), 50 (36), 40 (46), 32 (54), 25 (60), 20 (70), 16 (81); шлифпорошки: 12 (100), 10 (120), 8 (150), 6 (180), 5 (200), 4 (230), 3 (280) (табл. 140);

микropорошки (размер зерна в поперечнике в микронах): М40, М28, М20, М14, М10, М7, М5.

3. Входной контроль абразивного инструмента. Контроль должен осуществляться в соответствии с ГОСТ 4785—64 и ГОСТ 12.2.001—74.

Все применяемые круги должны проходить испытания на механическую прочность. Размеры кругов определяются ГОСТ 2424—75, размеры рабочих фланцев кругов — ГОСТ 2270—69. Балансировка кругов должна соответствовать ГОСТ 3060—75, ГОСТ 2424—75.

Маркировка кругов по твердости приведена в таблице 141.

Сбор и утилизация отходов шлифования осуществляются в соответствии с инструкциями.

## ВЫБОР МЕТОДА И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ

Вид технического контроля определяется технологическим процессом восстановления деталей.

При выборе измерительного средства в зависимости от допуска на ремонт необходимо учитывать, чтобы погрешность метода и средства измерения не превышала предельно допустимую погрешность измерения, которая должна составлять не более одной третьей от величины допуска. С этой целью в ремонтном производстве используют номограммы (рис. 143), каждая из которых составлена согласно необходимой точности контроля размеров измеряемых деталей. В номограммах по горизонтали приведены размеры детали, по вертикали — допуски на изготовление или ремонт детали. Наклонные линии номограмм определяют точность и конкретный вид измерительного средства. Так, например, номинальный размер отверстия под подшипник в корпусе водяного насоса двигателя СМД-14 равен  $62^{+0,03}$  мм (допуск 30 мкм), а допустимый — 62,09 мм (допуск 90 мкм), разница между допустимым и номинальным размерами 90 мкм. Пользуясь номограммой, находим, что при контроле номинального размера  $62^{+0,03}$  мм необходимо пользоваться индикаторным нутромером, а при контроле допустимого 62,09 мм — штангенциркулем с отсчетом 0,02 мм.

**Приспособление 70-8732-1029.** Предназначается для измерения биения торца выточки в блоке под бурт гильзы относительно посадочных поясков в блок-картере двигателя СМД-14.

### *Техническая характеристика*

Метод измерения . . . . .	Индикаторный
Предельные измерения, мм . . . . .	$\pm 0,2$
Цена деления индикатора, мм . . . . .	0,01
Погрешность измерения, мм . . . . .	0,02
Габариты, мм . . . . .	150×М6
Масса, кг . . . . .	3

**Приспособление КИ-4638.** Предназначается для измерения перпендикулярности общей оси посадочных поясков под гильзы цилиндров и осей гильз цилиндров к оси отверстий коренных опор в блоке цилиндров двигателя СМД-14 (рис. 114).

### *Техническая характеристика*

Метод измерения . . . . .	Индикаторный
Пределы измерения, мм . . . . .	0...10
Цена деления шкалы, мм . . . . .	0,01
Габариты, мм . . . . .	950×220×220
Масса, кг . . . . .	15

**Пневматические приспособления для контроля геометрии корпусных деталей.** Для контроля отклонений геометрии корпусных деталей применяют пневматические приспособления, представляющие собой пробки различных конструкций, а также специальные плиты, угольники, оправки.

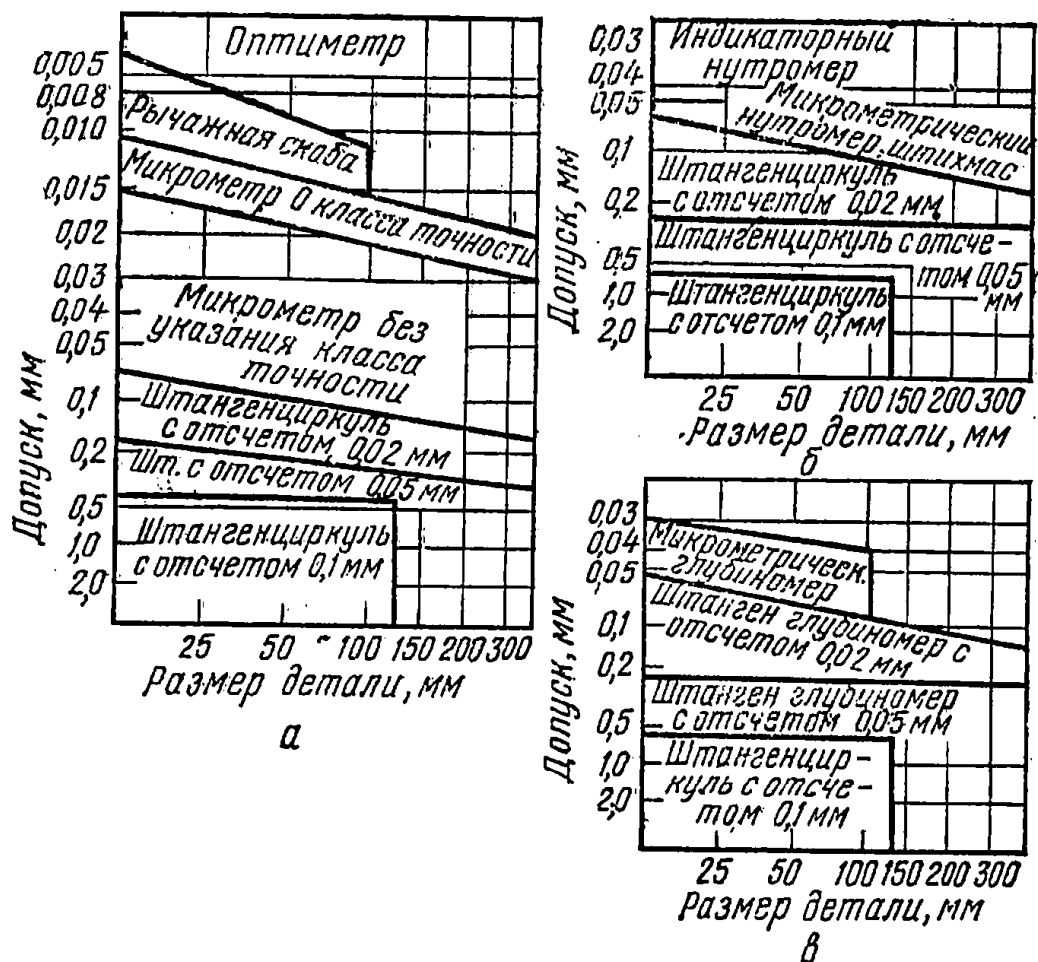


Рис. 143. Номограммы для выбора измерительных средств:  
 а — для валов; б — для отверстий; в — для глубины пазов.

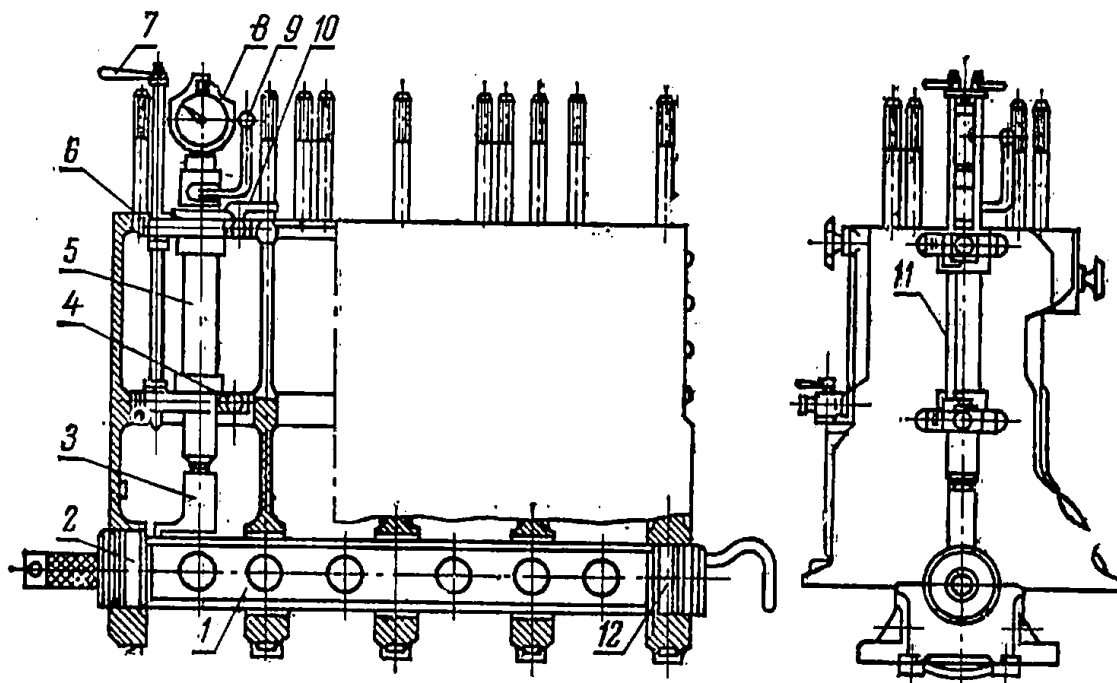
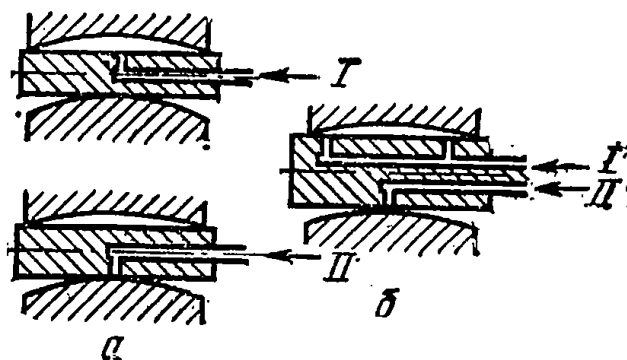


Рис. 144. Приспособление для измерения неперпендикулярности осей цилиндров КИ-4638:

1 — скалка; 2, 12 — конические опоры-калибры; 3 — лапка; 4, 6 — верхняя и нижняя разжимные опоры; 5 — измеритель; 7 — рукоятки; 8 — индикатор; 9 — рычаг; 10 — упор; 11 — стержень.

Рис. 145. Схема пневматических пробок для контроля:

*а* — протяженных отверстий; *б* — коротких отверстий.



Прямолинейность цилиндрических отверстий контролируют специальными пневматическими пробками (рис. 145, *а*), имеющими одно измерительное сопло, расположенное посередине. Когда пробка поворачивается, при искривленном отверстии изменяется расстояние между торцом сопла и стенкой отверстия. Величину искривления можно высчитать как разность показаний для двух точек по шкале прибора. Для коротких отверстий больше подходит пробка с двумя измерительными соплами (рис. 145, *б*).

Перечень пневматических измерительных приспособлений представлен в таблице 142.

Т а б л и ц а 142. Пневматические измерительные приспособления

Приспособления	Шифр приспособлений для двигателя					
	СМД-14	Д-50	СМД-60	Д-37	А-41	ЯМЗ-240
Для контроля:						
гильз	4267 (4627 А)	4625 (4625 А)	5475	—	—	—
гильз	4628 (4628 А)	4626 (4626 А)	—	—	—	—
диаметров бобышек	—	70-8704-1502	—	—	—	—
диаметров поршня	—	70-8704-1503	—	—	—	—
диаметров поршне- вого пальца	70-8704-1001	70-8704-1504	—	—	—	—
диаметров верхней и нижней головок шатун	70-8704-1003	70-8704-1002	5493*	—	—	—
соосности коренных опор блока ци- линдров	4862	4862	5492	4862	4862	—
изгиба и скручива- ния шатунов	—	—	5505**	—	—	5505

\* Одновременный замер всех опор.

\*\* Базовая модель.

**Пневматический длиномер для контроля внутренних поверхностей.** Схема и принцип действия пневматического длиномера идентичны для всех пневматических измерительных приспособлений (рис. 146).

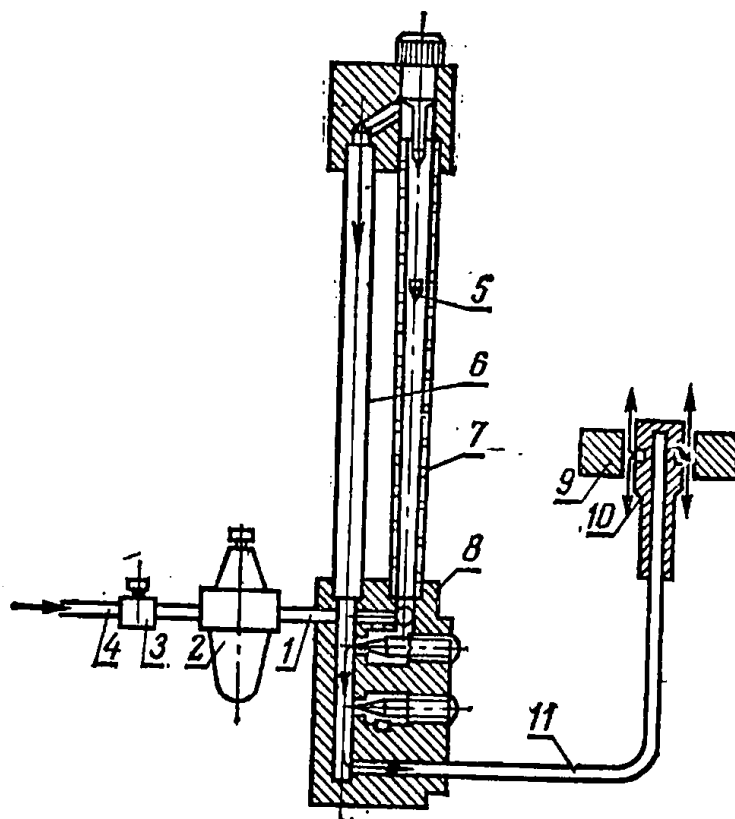


Рис. 146. Схема пневматического длин-  
мера с пробкой для внутренних измере-  
ний:

1, 4, 11 — шланги; 2 — блок фильтра со стаби-  
лизатором; 3 — кран; 5 — поплавок; 6 — труб-  
ка; 7 — коническая стеклянная трубка; 8 —  
сухарник; 9 — изделие; 10 — пробка-калибр.

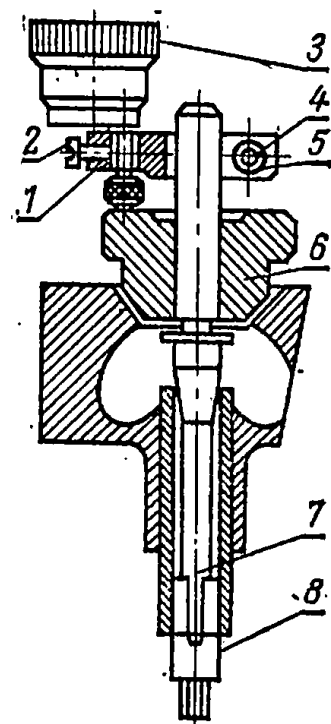


Рис. 147. Приспособле-  
ние для измерения бие-  
ния фасок:

1 — втулка; 2, 4 — винты;  
3 — торцовый индикатор ча-  
сового типа; 5 — зажим; 6 —  
кольцо; 7 — ось; 8 — цанга.

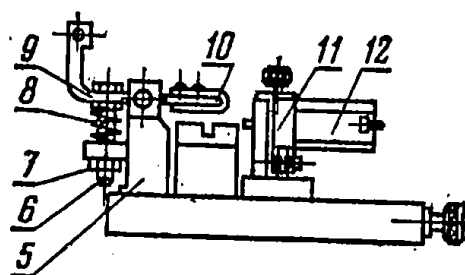
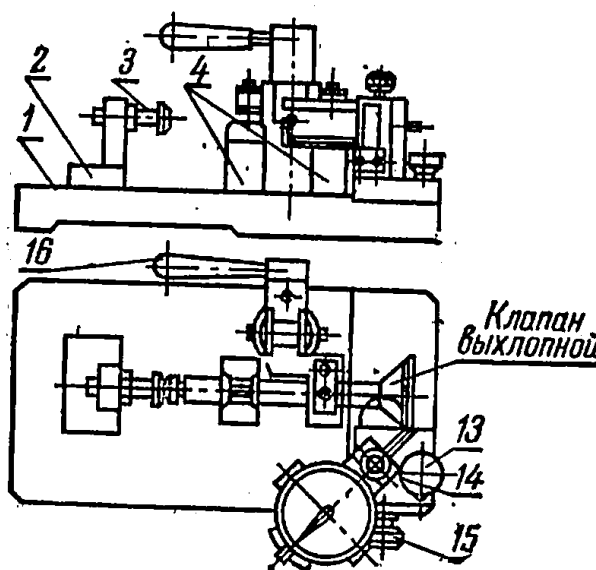


Рис. 148. Схема приспособле-  
ния для контроля клапанов

1 — плита; 2, 5 — стойки; 3 — упор;  
4 — призмы; 6 — болт, М10×45; 7 —  
контргайка; 8 — пружина; 9 — ось;  
10 — прижим; 11 — подвижная стой-  
ка; 12 — индикатор; 13, 14 — стопор-  
ные винты; 15 — винт перемещения;  
16 — рукоятка.



**Приспособления 70-8704-1002 и 70-8704-1003.** Предназначаются для контроля отклонений от номинального значения диаметров отверстий, овальности и конусности коренных опор блоков цилиндров двигателей Д-50 (70-8704-1002) и СМД-14 (70-9704-1003).

*Техническая характеристика*

Метод измерения . . . . .	Пневматический
Пределы измерения, мм . . . . .	0,01...0,10
Погрешность измерения, мм . . . . .	0,006
Время измерения, мин . . . . .	1,0
Рабочее давление, Па . . . . .	1,5±0,5
Габариты, мм . . . . .	1400×180×415
Масса, кг . . . . .	20

Тарировку прибора проводят по двум калибрам-кольцам, изготовленным с высокой точностью по верхним и нижним предельным диаметрам  $81\pm 0,02$  и  $81,021\pm 0,002$  мм для двигателя Д-50,  $98\pm 0,002$  и  $98,021\pm 0,002$  для двигателя СМД-14.

**Приспособление КИ-5493-ГОСНИТИ.** Предназначается для одновременного контроля диаметров отверстий коренных опор блока цилиндров двигателя СМД-60.

*Техническая характеристика*

Тип . . . . .	Стационарный
Метод измерения . . . . .	Пневматический
Диаметр контролируемого отверстия, мм . . . . .	98A(+0,021)
Число одновременно контролируемых отверстий . . . . .	4
Пределы измерения, мм . . . . .	0...0,1
Погрешность измерения, мм . . . . .	0,004
Время измерения, мин . . . . .	1
Габариты, мм . . . . .	1010×500×120
Масса, кг . . . . .	16

**Пневматическое приспособление КИ-4862.** Предназначается для контроля соосности коренных опор блок-картеров и блок-картеров в сборе с вкладышами двигателей СМД-14, Д-50, А-41 и Д-37М.

*Техническая характеристика*

Тип . . . . .	Стационарный
Метод измерения . . . . .	Пневматический
Погрешность измерения, мм . . . . .	0,008
Пределы измерения, мм . . . . .	±0,05
Время измерения, мин . . . . .	1,5
Рабочее давление, Па . . . . .	1,5...2
Масса всего приспособления в зависимости от модификации, кг . . . . .	42...115
Масса оправки, кг . . . . .	7.. 17

**Установка для контроля соосности опор коленчатого вала блока цилиндров КИ-5506-ГОСНИТИ.** Предназначается для определения отклонений от соосности в двух взаимно перпендикулярных

плоскостях коренных опор коленчатого вала блока цилиндров двигателей Д-50, СМД-14, СМД-60, ЯМЗ-240Б и А-01.

#### Техническая характеристика

Метод контроля	Оптико-механический
Пределы визирования зрительной трубы, мм . . . . .	0...30 000
Пределы измерения по шкалам окулярных микрометров, мм . . . . .	2,00
Предельная погрешность измерения, мм	Но более 0,015
Габариты зрительной трубы, мм . . . . .	515×130×120
Масса установки, кг . . . . .	15

Приспособление 70-8731-1045. Предназначается для измерения биения фасок клапанного гнезда головки блока двигателя Д-50 (рис. 147).

#### Техническая характеристика

Метод измерения	Индикаторный
Пределы измерения, мм . . . . .	±0,1
Цена деления индикатора, мм . . . . .	0,01
Погрешность измерения, мм . . . . .	0,015
Время контроля, мин . . . . .	1
Габариты пенала, мм . . . . .	280×145×110
Масса без пенала, кг . . . . .	1,8

Стенд КИ-4805-ГОСНИТИ. Предназначается для гидравлического испытания головок цилиндров тракторных двигателей СМД-14, Д-40, Д-48, Д-50, А-01 и А-41 на герметичность при восстановлении.

#### Техническая характеристика

Наибольшее усилие прижима прижимной плиты, Н . . . . .	770
Ход прижимной плиты, мм . . . . .	75
Насосная установка привода гидроцилиндров:	
тип насоса . . . . .	НШ-10
рабочее давление, Па . . . . .	100
мощность электродвигателя, кВт . . . . .	3
рабочая жидкость . . . . .	Масло индустриальное ГОСТ 20799—75
емкость бака, л . . . . .	18
Насосная установка для подачи эмульсии:	
тип насоса . . . . .	НШ-40
рабочее давление, Па . . . . .	4
мощность электродвигателя, кВт . . . . .	2,2
рабочая жидкость . . . . .	Эмульсия состава: эмульсон (ГОСТ 1975—75) 5%; вода — 95%
емкость бака, л . . . . .	18

Угол поворота рамы, град . . . . .	90
Габариты, мм . . . . .	1370×1300×1810
Производительность стенда, шт/ч . . . . .	10
Масса, кг . . . . .	420

**Приспособление 70-8731-1040.** Предназначается для определения биения конуса тарелки относительно оси стержня всасывающего и выхлопного клапанов двигателей Д-50 и СМД-14 (рис. 148).

*Техническая характеристика*

Тип	Индикаторный
Пределы перемещения индикаторной стойки, мм . . . . .	0...8
Пределы измерения, мм . . . . .	0...0,1
Габариты, мм . . . . .	255×190×120
Масса, кг . . . . .	8,5

**Приспособление 70-8735-1006.** Предназначается для контроля коленчатого вала двигателя СМД-14 (рис. 149).

*Техническая характеристика*

Метод измерения	Индикаторный
Пределы измерения, мм . . . . .	0...10
Погрешность измерения, мм . . . . .	0,02
Габариты, мм . . . . .	1370×320×375
Масса, кг . . . . .	550

**Индикаторное приспособление 70-8734-1010.** Предназначается для измерения радиуса кривошипа коленчатого вала двигателя СМД-14 (рис. 150).

*Техническая характеристика*

Метод измерения	Индикаторный
Передаточное отношение . . . . .	2:1
Пределы измерения, мм . . . . .	±0,2
Цена деления, мм . . . . .	0,01
Погрешность измерения, мм . . . . .	0,015
Время измерения, мин . . . . .	3
Габариты, мм . . . . .	165×160×205
Масса, кг . . . . .	3,6

**Приспособление 70-8731-1035.** Предназначается для контроля биения рабочей поверхности маховика относительно базового торца под коленчатый вал двигателя СМД-14 при ремонте (рис. 151).

*Техническая характеристика*

Метод измерения	Индикаторный
Цена деления индикатора, мм . . . . .	0,01
Погрешность измерения, мм . . . . .	0,015
Пределы измерения, мм . . . . .	0,2
Габариты, мм . . . . .	470×310×450
Масса, кг . . . . .	60

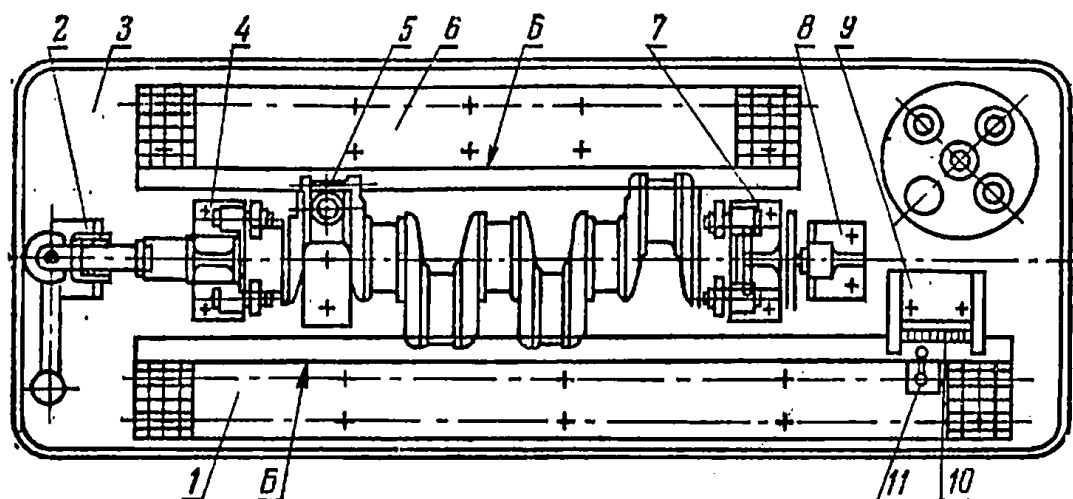


Рис. 149. Схема приспособления для контроля коленчатого вала:  
1, 3, 6 — плиты; 2 — прижим; 4, 7 — призмы; 5 — опора; 8 — упор; 9 — та-  
рировочная стойка; 10 — диск; 11 — стойка с индикатором.

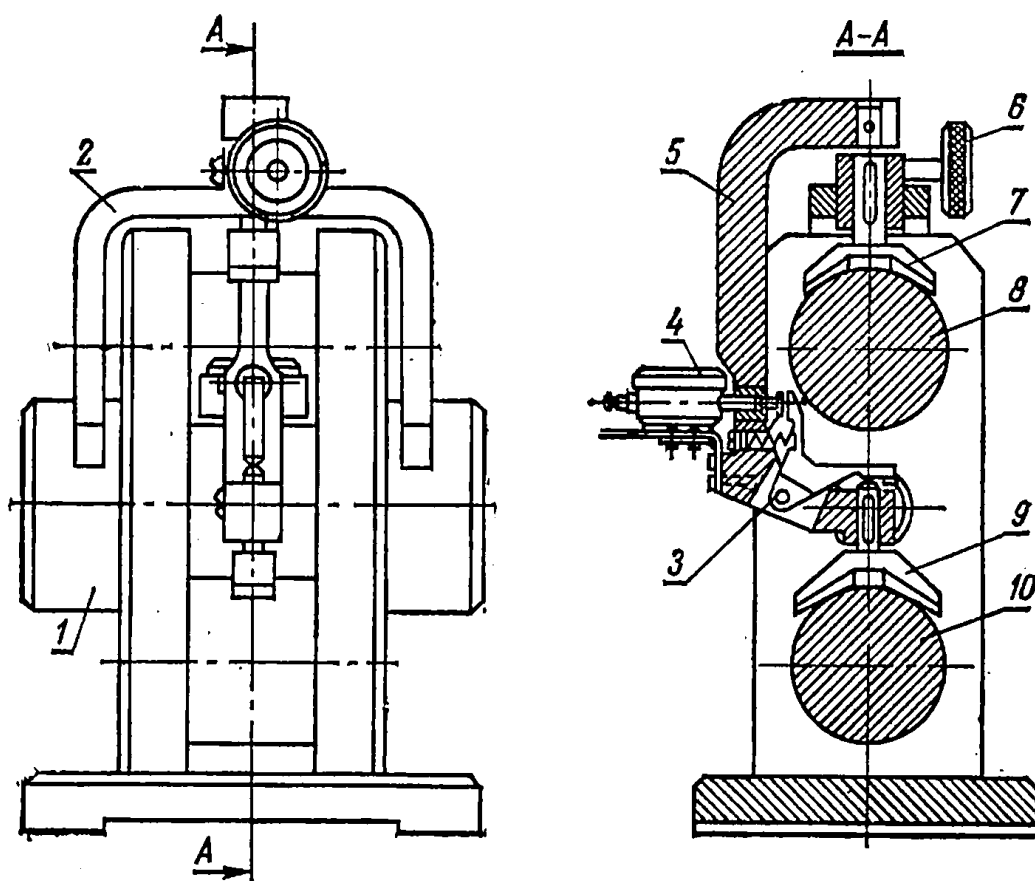


Рис. 150. Схема индикаторного приспособления для контроля ра-  
диуса кривошипа коленчатого вала:

1 — установ, имитирующий коленчатый вал; 2 — скоба П-образной формы;  
3 — рычажная передача; 4 — индикатор часового типа; 5 — подвижной кор-  
пус; 6 — зажимной винт; 7 — установочная призма; 8, 10 — опоры; 9 — под-  
вижная измерительная призма.

**Приспособление 70-8732-1026.** Предназначается для контроля параллельности, перекоса и межосевого расстояния отверстий верхней и нижней головок шатуна двигателя СМД-14, а также биения торца нижней головки относительно оси ее отверстия.

*Техническая характеристика*

Метод измерения	Индикаторный
Цена деления индикаторов, мм . . . . .	0,2
Пределы измерения, мм . . . . .	0,01
Погрешность измерения, мм . . . . .	0,015
Передающее число измерений:	
биения торца . . . . .	0,5
межцентрового расстояния . . . . .	1
непараллельности осей на длине 100 мм	1
неплоскостности осей на длине 100 мм	1,25

**Пневматическое приспособление 70-8704-1001.** Предназначается для контроля диаметров, овальности и конусности верхней и нижней головок шатуна двигателя СМД-14.

*Техническая характеристика*

Метод измерения . . . . .	Пневматический
Погрешность измерения, мм . . . . .	0,06
Пределы измерения, мм . . . . .	0,010...0,100
Время измерения, мин . . . . .	0,5
Рабочее давление, Па . . . . .	$1,5 \pm 0,5$
Габариты, мм . . . . .	1000×300×415
Масса, кг . . . . .	20

**Приспособление 70-8731-1058.** Предназначается для контроля биения торца поршневых пальцев тракторных двигателей (рис. 152).

*Техническая характеристика*

Точность измерения, мм . . . . .	0,01
Габариты, мм . . . . .	215×85×105
Масса, кг . . . . .	5,5

**Приспособление 70-8749-1001.** Предназначается для проверки наружного диаметра пальцев двигателей и является дополнительной оснасткой к пневматическому длиномеру для наружных и внутренних размеров (рис. 153).

*Техническая характеристика*

Тип	Контрольный
Точность измерения, мм . . . . .	0,001
Габариты, мм . . . . .	152×166
Масса, кг . . . . .	65

**Приспособление 70-8732-1030.** Предназначается для проверки перпендикулярности оси отверстия под палец к оси боковой поверхности поршня двигателя СМД-14.

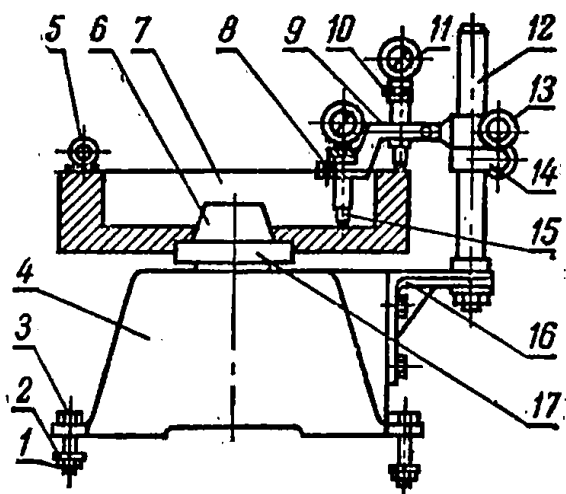


Рис. 151. Приспособление для контроля маховика двигателя СМД-14:

1 — гайка; 2 — шайба; 3, 8 — болты; 4, 6 — корпуса; 5 — рым-болт; 7 — контролируемый маховик; 9 — зажим; 10, 13 — винты; 11 — индикатор; 12 — стойка; 14 — хомут; 15 — прямая передача; 16 — кронштейн; 17 — опора.

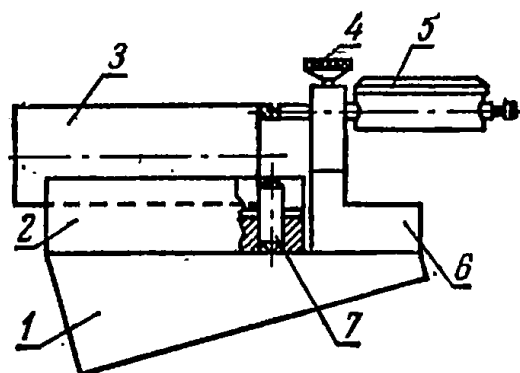


Рис. 152. Приспособление для контроля биения торца поршневых пальцев:

1 — основание; 2 — призма; 3 — поршневой палец; 4 — регулировочный винт; 5 — индикатор; 6 — стойка; 7 — штифт.

### Техническая характеристика

Метод измерения	Индикаторный
Пределы измерения, мм . . . . .	1...10
Погрешность измерения, мм . . . . .	0,08
Цена деления, мм . . . . .	0,01
Габариты, мм . . . . .	260×100×132
Масса, кг . . . . .	6,2

Приспособление 70-8701-1041. Предназначается для проверки наружного диаметра поршня и конусности поверхности юбки поршней двигателя СМД-14, основного размера 14-0305-1А ( $\varnothing 120 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,12 \end{smallmatrix}$  и ремонтного размера 14-0305-1АР ( $\varnothing 120,7 \begin{smallmatrix} 0,12 \\ -0,18 \end{smallmatrix}$ ).

### Техническая характеристика

Метод измерения	Индикаторный
Пределы измерения, мм . . . . .	0...10
Цена деления, мм . . . . .	0,01
Погрешность измерения, мм . . . . .	0,016
Габариты, мм . . . . .	230×260×140
Масса, кг . . . . .	18

Приспособление 70-8730-1007. Предназначается для проверки на просвет правильности прилегания наружной поверхности поршневого кольца к кольцу калибра. В приспособлении проверяют поршневые кольца двигателей СМД-14, ПД-109 и Д-50 (рис. 154).

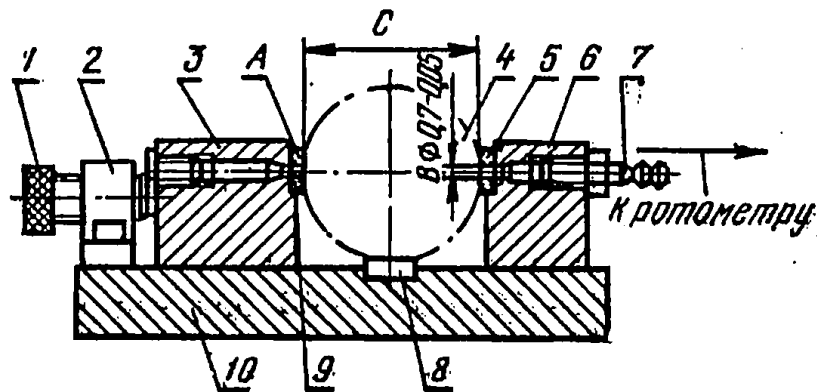
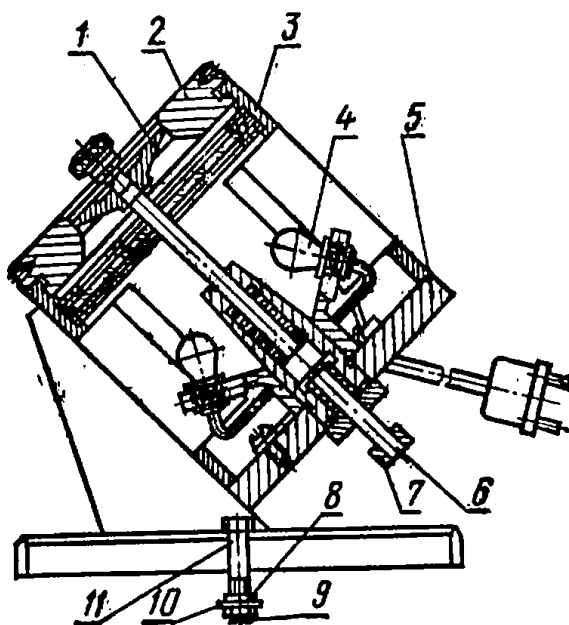


Рис. 153. Приспособление для проверки наружного диаметра пальцев:

1 — микровинт; 2 — стойка; 3 — подвижная боковина; 4 — палец; 5 — пластина из твердого сплава; 6 — неподвижная боковина; 7 — штуцер; 8 — опорная пластина; 9 — латунная вставка; 10 — плита.

Рис. 154. Приспособление для проверки поршневых колец:

1 — сменная тарелка толкателя; 2 — сменное кольцо; 3 — матовое стекло; 4 — лампа; 5 — корпус; 6 — подпружиненный толкатель; 7 — рукоятка; 8 — подпружиненная шайба; 9 — гайка; 10 — шайба; 11 — болт крепления.



#### Техническая характеристика

Метод измерения	Визуальный
Напряжение, В . . . . .	12
Мощность, Вт . . . . .	30
Габариты, мм . . . . .	240×240×265
Масса, кг . . . . .	26

Приспособление КИ-5475-ГОСНИТИ. Предназначается для контроля гильз цилиндров (рис. 155).

Метод измерения Пневматический  
Индикаторный

Погрешность измерения, мм:

длиномером . . . . .	0,006
индикатором . . . . .	0,015

Пределы измерения, мм:

длиномером . . . . .	0,025...0,1
индикатором . . . . .	0,2
Давление воздуха в сети, Па . . . . .	3,2...6
Рабочее давление в сети, Па . . . . .	1,5±0,5
Габариты, мм . . . . .	1000×420×300
Масса, кг . . . . .	80

**Приспособление КИ-4778-ГОСНИТИ** для контроля распределительных валов СМД-14. Предназначается для контроля профиля кулачков и угла скручивания распределительных валов.

*Техническая характеристика*

Метод измерения:

угла скручивания  
профиля

Конусный  
Индикаторный

Пределы измерения:

углового положения кулачков, град	360
профиля, мм . . . . .	0...10

Цена деления:

шкалы лимба, град . . . . .	1
индикатора, мм . . . . .	0,01

Точность отсчета углового положения кулачка по нониусу, мм

6

Погрешность измерения:

углового положения кулачков, мм	15
профиля, мм	0,016

Габариты, мм

1175×390×330

Масса, кг

72

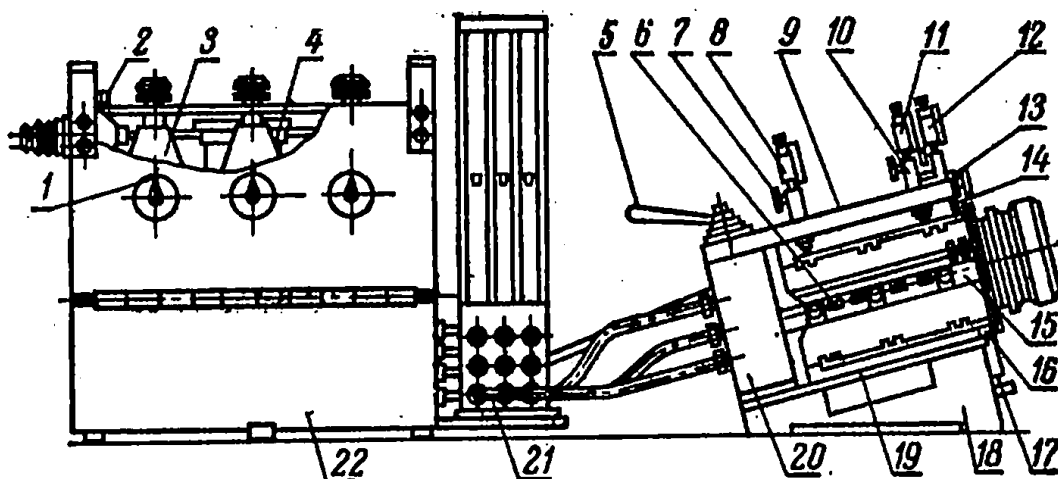


Рис. 155. Устройство приспособления для контроля гильз цилиндров:

1 — манометр давления стабилизатора; 2 — кран двухходовой; 3 — блок фильтра со стабилизатором; 4 — фильтровлагоотделитель; 5 — рукоятка; 6 — измерительное устройство; 7 — винт; 8, 13 — винт; 9 — поворотная плита; 10 — переходник; 11, 12 — индикаторы; 14 — рычаг; 15 — калибр-пробка; 16 — упор; 17 — винт; 18 — подставка; 19 — нижняя плита; 20 — стойка; 21 — длиномер пневматический; 22 — блок измерения.



**Основные типы измерительных средств.  
Измерение линейных размеров деталей.  
Универсальные средства измерения**

Наименование	Назначение, характеристика	№ стандарта
Линейка	Штриховые измерительные инструменты для определения расстояния между двумя точками	ГОСТ 427—75
Меры длины: концевые плоскопараллельные	Для измерения деталей и калибров	ГОСТ 9038—73 ГОСТ 4119—76
Штангенциркули	Для измерения наружных и внутренних поверхностей, глубин высот	ГОСТ 166—73
Штангенглубомеры	Для измерения глубин и высот	ГОСТ 162—73
Штангенрейсмусы	Для измерения высот, расположения пазов	ГОСТ 164—73
Микрометры: легкого типа, тяжелого типа для измерения больших размеров, рычажные, для внутренних измерений, для измерения листового материала	Для точных измерений наружных поверхностей	ГОСТ 6507—68 ГОСТ 4381—68
Нутромеры микрометрические	Для измерений внутренних размеров	ГОСТ 10—58
Глубиномеры микрометрические	Для измерения глубин деталей, пазов, отверстий	ГОСТ 7470—78
Индикаторы часового типа	Для измерения правильности геометрической формы деталей	ГОСТ 577—68
Нутромеры индикаторные	Для измерения диаметров глубинных отверстий	ГОСТ 868—72
Головки измерительные рычажные	Для линейных измерений методом сравнения	ГОСТ 6934—72
Головки измерительные пружинные	Для линейных измерений методом сравнения	ГОСТ 6933—54
Миниметры	Для проверки точных деталей	ОСТ 20 102

Наименование	Назначение, характеристика	№ стандарта
<i>Инструменты для проверки плоскостей и прямолинейности</i>		
Линейки лекальные: с двусторонним ско- сом, трехгранные, четырехгранные ли- нейки с широкой ра- бочей поверхностью прямоугольного се- чения, двутаврового сечения, мостики	Линейки поверочные для проверки деталей ме- тодом световой щели, для проверки деталей на «краску»	ГОСТ 8026—75
<i>Инструменты для измерения углов</i>		
Угольник плоский ле- кальный, лекальный с широким основанием	Для проверки и размет- ки прямых углов	ГОСТ 3749—77
Угломеры с нониусом	Для измерения углов контактным методом с отсчетом по нониусу	ГОСТ 5378—66
Меры угловые (плитки)	Для измерения углов	ГОСТ 2875—75
Линейки синусные узкие, широкие	Для точной проверки плоских угловых ка- либров	ГОСТ 4046—71
<i>Инструменты для измерения резьб</i>		
Кольцы резьбовые нере- гулируемые: проход- ные и непроходные	Для измерения наруж- ных цилиндрических резьб	ГОСТ 1774—71
Пробки резьбовые	Для измерения внутрен- них цилиндрических резьб	ГОСТ 1774—71
Шаблоны резьбовые	Для определения шага резьбы	ГОСТ 519—77
Шагомеры НЦ-1, НЦ-2, НЦ-3	Для контроля шага за- цепления	ГОСТ 3883—74
Тангенциальные зубо- меры	Для определения смеще- ния исходного контура относительно окруж- ности выступов	ГОСТ 4446—74

## Приборы для обнаружения дефектов деталей

Наименование приборов	Краткая характеристика, назначение
Дефектоскоп УД-10П	Для выявления дефектов внутри металлических и неметаллических деталей. Минимальная глубина обнаружения дефекта 0,5 мм
Дефектоскоп ультразвуковой ДУК-66ПМ	Для обнаружения внутренних дефектов и определения места их расположения в деталях. Диапазон прозвучивания (по стали 45), мм от 0,5 до 2500. Диапазон измерения расстояний по шкале глубиномера, мм: от 20 до 1140
Дефектоскоп для магнитного контроля деталей ПМД-70	Для выявления трещины шириной раскрытия 0,001 мм и более, глубиной 0,01 мм и более
Дефектоскоп феррозондовый полупроводниковыйДФП-3	Для контроля верхних слоев материала деталей при максимальной глубине залегания дефекта до 20 мм

### Приборы и устройства для контроля геометрии деталей

Устройство для контроля межцентровых расстояний отверстий модель 8364—4014	Диаметр контролируемых отверстий 40...150 мм. Диапазон межцентровых расстояний 100...250 мм
Устройство для контроля несоосности отверстий модель 8532—5058	Диапазон контролируемых диаметров 70...120 мм. Диапазон расстояний между контролируемыми поверхностями 130...300 мм
Прибор проверки прямолинейности, плосколинейности и соосности ПСС-11	Пределы визирования зрительной трубы — от торца трубы до бесконечности
Микроскоп измерительный универсальный УИМ-23	<p>Для линейных и угловых измерений деталей в прямоугольных и полярных координатах</p> <p>Пределы измерения длин, мм; в направлении:</p> <p style="padding-left: 40px;">продольном 0...200</p> <p style="padding-left: 40px;">поперечном 0...100</p> <p>Пределы измерения углов 0...360 град</p>

Наименование приборов	Краткая характеристика, назначение
-----------------------	------------------------------------

*Приборы для измерения твердости деталей*

Приборы для измерения твердости металлов по методу Роквелла ТК-14-250	Испытательная нагрузка, Н: предварительная — 100 общая — 600, 1000, 1500
Прибор для измерения твердости металлов по методу Роквелла ТКС-14-250	Испытательная нагрузка, Н: предварительная — 30 общая — 150, 300, 450
Прибор для измерения твердости металлов по методу Бринелля	Наибольшая твердость, проверяемая прибором 450 НВ Испытательные нагрузки, Н: 1875; 2500, 7500, 10 000, 30 000
Прибор для измерения твердости металлов по методу Виккерса ТП-7Р-1	Пределы измерения твердости, ед. НV 8...2000 Испытательные нагрузки 5, 10, 20, 30, 50, 100 НV
Магнитный твердомер типа МФ-10К	Для локального контроля качества закалики деталей Диапазон измерений HRC 25...65 Диаметр контролируемого участка 5 мм

*Приборы для определения шероховатости поверхности*

Профилографпрофилометр модель 201	Для определения шероховатости поверхности деталей Пределы измерения, мкм: по показываемому прибору 0,020...5 при записи профилограммы до 80
Пружинные приборы для определения шероховатости поверхностей типа ИПШ	Модель № 1 — для определения шероховатости 6...7 классов Модель № 2—4...5 классов частоты

## **Основные ГОСТы в области неразрушающего контроля качества восстанавливаемых деталей**

ГОСТ 4.27—71	Система показателей качества продукции. Приборы электромагнитного неразрушающего контроля. Номенклатура показателей
ГОСТ 4.28—71	Система показателей качества продукции. Приборы ультразвуковые неразрушающего контроля. Номенклатура показателей
ГОСТ 16 504—74	Качество продукции. Контроль и испытания. Основные термины и определения
ГОСТ 18 353—73	Контроль неразрушающий. Классификация методов
ГОСТ 18 442—73	Качество продукции. Неразрушающий контроль. Капиллярные методы
ГОСТ 19 793—72	Контроль неразрушающий. Дефектоскопы магнитографические и устройства намагничивающие. Общие технические требования
ГОСТ 20 426—75	Контроль неразрушающий. Радиационные методы дефектоскопии. Область применения
ГОСТ 21 104—75	Контроль неразрушающий. Магнитно-феррозондовый метод
ГОСТ 21 105—75	Контроль неразрушающий. Магнитно-порошковый метод

### **Глава 19**

## **МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ**

### **Сварочно-наплавочные материалы**

Промышленность выпускает разнообразные сварочно-наплавочные материалы, применяемые при восстановлении деталей. Подбор сварочно-наплавочных материалов ведется в зависимости от свойств металлов и сплавов, из которых изготовлены детали, их конструкции, эксплуатационного назначения их рабочих поверхностей, характера и размера дефектов, требований к износостойкости. Подбором сварочно-наплавочных материалов, а также способа сварки и наплавки можно придавать наплавленному металлу требуемые свойства.

Таблица 143. Порошковые проволоки

Марка проволоки ГОСТ, ТУ	Химический состав наплавленного						
	C	Cr	Mn	Si	Ni	W	V
ПП-АН1 ТУ 14-4-48—71	0,08... 0,09	—	0,78	0,22	—	—	—
ПП-АН3 ТУ 14-4-773—76	0,08... 0,12	—	0,71... 0,86	0,18... 0,25	—	—	—
ПП-АН4 ТУ 14-4-49—71	≤0,1	—	0,8... 1,3	0,2... 0,5	—	—	—
ПП-АН8 ЧМТУ 4-353—71	≤0,12	—	0,9... 1,4	0,15... 1,4	—	—	—
ПП-АН122 ТУ 14-4-484—74	0,4	5,0	2,0	0,6	—	—	—
ПП-АН125 ТУ 14 УССР-3- -478—70	2,0	15,0	1,0	1,5	—	—	—
ПП-ТН250 ТУ 14-4-683—76	0,09... 0,13	—	0,5... 0,8	0,5... 0,8	—	—	—
ПП-АК121 ТУ 14-4-483—74	0,18	0,8	1,0	0,6	—	—	0,15
ПП-АН106 ТУ 14-4-247—72	0,15	0,14	0,6	0,6	—	—	—

металла, %			Твердость HRC после наплавки	Область применения для сварки и наплавки
В	Ti	Mo		
—	—	—	11...13	Деталей из низкоуглеродистой стали типа валов
—	—	—	16...18	То же
—	—	—	25	Деталей из малоуглеродистой стали в среде CO <sub>2</sub>
—	—	—		То же
—	—	—	48...56	Шатунных и коренных шеек коленчатых валов ЗИЛ-130, ЯМЗ-236 и ГАЗ-51, шеек распределительного вала ЗМЗ-53. Наплавка открытой дугой
—	0,7	0,3	50...58	Изношенных поверхностей опорных катков, колес ведущих, направляющих. Наплавка открытой дугой
0,3... 0,6	—	—	25...27	Деталей средней твердости: шкивов остановочного тормоза, осей катка, направляющего колеса, осей коленчатой барабана тормозного. Наплавка открытой дугой
—	0,25	—	28...36	Деталей средней твердости. Наплавка открытой дугой
			Твердость HRC после	
			наплавки	закалки
—	0,2		42...48	Уплотнительных поверхностей деталей арматуры, где требуется наплавить слой нержавеющей стали. Наплавка открытой дугой

Марка проволоки, ГОСТ, ТУ	Химический состав наплавленного						
	C	Cr	Mn	Si	Ni	W	V
ПП-АН170 ЧМТУ 4-354—71	0,5... 0,9	18... 23	≤0,1	≤1,0	—	—	—
ПП-АН120 ТУ 14-4-684—76	0,18	1,8	1,8	0,6	—	—	—
ПП-АН103 ТУ 14-4-00—75	1,8	12,0	0,6	0,6	—	—	—
ПП-25Х5ФМС ТУ 14-4-799—77	0,25	5,2	0,6	1,1	—	—	0,4

Т а б л и ц а 144. Порошковые и металлокерамические ленты

Марка ленты ГОСТ, ТУ	Химический состав наплавленного						
	C	Cr	Mn	Si	Ni	W	V
ПП-АН-122-П ТУ 14-4-770—76	0,3... 0,5	4,4... 6,5	1,4... 2,2	0,5... 1,0	—	—	—
ПЛ-АН-101 ТУ 14-1-5	3,0	26,0		3,0	2,0	—	—
ПЛ-АН-171 ТУ 14УССР238—77	1,0	20,0	2,0	3,0	—	—	4,0
ЛС-70х3НМ (А) ГОСТ 22366—77	0,7	3,0	0,9	1,1	—	—	—
ЛС-1Х14Н3 ГОСТ 22366—77	0,1	14,0	0,6	0,8	3,0	—	—



металла, %			Твердость HRC после		Область применения для сварки и наплавки
В	Ti	Mo	наплавки	закалки	
2,7...3,0	0,1 0,8		≥58		Рабочих органов земле- ройных машин, рабо- тающих в условиях ин- тенсивного абразивно- го износа без ударов Деталей ходовой части гусеничных машин, ва- лов, осей, тормозных шквивов, роликов роль- гангов, крановых колес
—	—	0,7	Под флю- сом АН- 348А		
—	—	0,8	35...40 40...44	40...42 60...62	
—	—	1,2	Под флю- сом АН-20 40...46		Деталей, работающих в условиях абразивно- го износа Цапф, балансиров осей коленчатых, осей кат- ков

металла, %			Твердость HRC	Область применения для наплавки
В	Ti	Mo		
—	0,15...0,6	0,6...1,0	48...56	Изношенных поверхностей деталей высокой твердости
—	—	—	50...55	Деталей, работающих в аб- разивной среде
—	—	—	65...68	Деталей, работающих в ус- ловиях интенсивного аб- разивного износа с уме- ренными ударами
—	—	0,6	Под флюсом: АН-60 АН-20П АН-26П 52...58	Деталей, работающих в ус- ловиях абразивного изно- са с ударными нагрузками: ножи бульдозеров и грей- деров, детали автомоби- лей и тракторов
—	—	—	Под флюсом: АН-26П 46...50	Опорных роликов, натяж- ных колес тракторов

Т а б л и ц а 145. Порошкообразные материалы, литые и спеченные

Химический состав наплавленного							
С	Cr	Si	Ni	В	Fe	Mn	Cu
Порошкообразные материалы для напыления							
0,6...1,0	15... 18	3,0...4,5	Ост.	2,8...3,8	≤5,0	—	—
ВСНГН-55 ТУ							
0,7...1,0	14... 17	3,5...4,5	Ост.	3,2...4,0	До 4,0	До 4,0	—
ВСНГН-35							
0,1...0,3		1,3...1,5	Ост.	1,2...1,5	0,1...0,7	—	4...5
НПЧ-1							
0,1...0,3		1,3...1,5	Ост.	1,2...1,5	0,1...0,7	—	4...5
НПЧ-2, НПЧ-3							
0,1...0,3	—	2,4...2,7	Ост.	2,2...2,7	0,3...1,0	—	4...5

# карбиды, бари́ды и литые твердые сплавы

металла, %		Область применения	Характеристика
W	Другие элементы		

## ПГ-СРЧ-М ГОСТ 21448—75

—	S=0,04	Для наплавки и напыления деталей, подвергающихся интенсивному изнашиванию при температурах до 600 °С и воздействию агрессивных сред	HRC ≥ 55
---	--------	---	----------

## 48-19-212—76

—	P=0,04	Для плазменного и газоплазменного напыления стальных деталей и деталей из цветных сплавов, работающих в условиях абразивного износа с ударными нагрузками	Высоколегированные твердые сплавы на основе никеля с высоким содержанием хрома. Характеризуются относительной легкоплавкостью. Сплавы получают в виде гранул сферической формы HRC 53...58
---	--------	---	--

## ТУ 48-19-214—76

—	—	Для наплавки деталей, подвергающихся абразивному, эрозионному и механическому воздействию	В сплаве ВСНГН-35 в качестве наполнителя применяют конгломерированный карбид вольфрама в количестве 35%. Плотность наплавленного слоя 7,6...7,9 г/см, HB ≥ 580
---	---	---	--

## ТУ 48-19-40—73

—	—	Применяется для восстановления деталей с малым износом. Для устранения дефектов в деталях из чугуна HB 190...230	Представляет собой сплав на никелевой основе с добавлением кремния, бора и др. Плотность HB 190..230
---	---	--	--

## ТУ 48-19-40—73

—	—	Для низкотемпературной газопорошковой наплавки при исправлении дефектов в деталях из чугуна	HB 300...345
---	---	---	--------------

Химический состав наплавленного							
C	Cr	Si	Ni	B	Fe	Mn	Cu

ПГ-СР2

0,2...0,5	12... 15	2,0...3,0	Ост.	1,5...2,1	≤5,0	—	—
-----------	-------------	-----------	------	-----------	------	---	---

Порошкообразные смеси

5,2...7,1	49,0	До 2,6	0,3... 1,0	0,04... 0,18	Ост. до 100	0,3	0,22... 0,63
-----------	------	--------	---------------	-----------------	----------------	-----	-----------------

ФБХ-6-2 ГОСТ

3,5...5,5	28... 37	1,0...2,5	—	1,3...2,2	До 100	2,5...5,5	—
-----------	-------------	-----------	---	-----------	--------	-----------	---

С-2М ГОСТ

7,0...10,0	24,0... 26,0	0,5...3,0	—	—	—	6,0...8,5	—
------------	-----------------	-----------	---	---	---	-----------	---

БХ ГОСТ

0,3...1,0	35,0... 44,0	0,5...1,0	—	7,0...9,0	—	—	—
-----------	-----------------	-----------	---	-----------	---	---	---

КБХ ГОСТ

4,0...6,0	42,0... 52,0	0,5...1,4	—	0,7...0,9	—	—	—
-----------	-----------------	-----------	---	-----------	---	---	---

Литые и спеченные карбиды и бариды  
МКТС №

С <sub>общ</sub> 3,7...4	—	—	—	—	—	—	—
-----------------------------	---	---	---	---	---	---	---

м еталла, %		Область применения	Характеристика
W	Другие элементы		
ГОСТ 21448—75			
—	—	Для наплавки и напыления деталей, подвергающихся изнашиванию при нагреве до 600° С и воздействию агрессивных сред	HRC≥35
ПС-14-80 ТУ 48-19-122—74			
—	—	Для наплавки быстроизнашивающихся стальных деталей, работающих в условиях абразивного износа	HRC≥35
11546—75			
—	—	Для наплавки быстроизнашивающихся стальных деталей, таких, как лезвия лемехов	HRC≥53
11546—75			
—	—	Для наплавки ножей бульдозеров	HRC≥54
11546—75			
		Для наплавки прессформ	HRC≥63
11546—75			
—		Для наплавки зубьев экскаваторов, ножей бульдозеров	HRC≥60
Рэлит-«З» зерновой ТУ 596—65			
95,5... 96,0	—	Для наплавки быстроизнашивающихся стальных деталей в условиях интенсивного абразивного износа ударными нагрузками	Рэлит-«З» является сплавом вольфрама и углерода эвтектического состава. Представляет собой дробленые зерна осколочной формы гранулометрического состава, менее 0,18 и более 2,5 мм

Химический состав наплавленного							
C	Cr	Si	Ni	B	Fe	Mn	Cu

Рэлит-«З» трубчато-зерновой

2,2...2,4	—	—	—	—	40	—	—
-----------	---	---	---	---	----	---	---

Литые твердые сплавы

1...1,3	28... 32	2...2,75	До 2	—	До 2	0,03	—
---------	-------------	----------	------	---	------	------	---

ПР-С27 ГОСТ

3,8...4,2	23,0... 27,0	1,3...1,7	1,6... 2	—	Ост.	До 1	—
-----------	-----------------	-----------	-------------	---	------	------	---

Т а б л и ц а 146. Проволоки сплошного сечения

Марка проволоки ГОСТ, ТУ	Химический состав наплавленного металла, %						
	C	Cr	Mn	Si	Ni	S	P
СВ-08 ГОСТ 2246—70	0,1	0,15	0,3... 0,6	0,03	0,3	0,04	0,04
СВ-08Г2С ГОСТ 2246—70	0,11	0,2	1,8... 2,1	0,7... 0,9	0,25	0,03	0,03

металла, %		Область применения	Характеристика
W	Другие элементы		

## ТУ МКТС № 596—65

51,3... 57,0	Остаток гидрохлорирования— 0,015	Для наплавки быстроизнашивающихся стальных деталей в условиях интенсивного абразивного износа с ударными нагрузками	Представляет собой стальную трубку из малоуглеродистой стали, наполненную зернами Рэлита
-----------------	-------------------------------------	---	--

## ВЗК 1 ТУ 48-19-45—73

4...5	Примеси S=0,07 P=0,08	Применяется для наплавки быстроизнашивающихся деталей в условиях абразивного износа с ударными нагрузками	HRC=40
-------	-----------------------------	---	--------

## 21449—75

0,25... 0,35	Mo= =0,08... 0,15 S=0,07 P=0,08	Для наплавки быстроизнашивающихся стальных деталей, работающих в условиях абразивного износа с ударными нагрузками	HRC=51
-----------------	---	--	--------

Твердость HRC после		Область применения для наплавки
наплавки	закалки	
Под флюсом: АН-348А до —16 АН-60 —18 АНК-18 —43 ЖСН-1 —51 Под флюсом: АН-348А —23 АН-60 —30 АНК-18 —45 В среде CO <sub>2</sub> —18		Крупногабаритных деталей машин, опорных катков, направляющих колес, осей заднего моста и других деталей ходовой части тракторов Барabanов тормозов, шкивов, осей коленчатых, балансиров, корпусных деталей, кронштейнов

Марка проволоки ГОСТ, ТУ	Химический состав наплавленного металла, %						
	C	Cr	Mn	Si	Ni	S	P
Нп-65 ГОСТ 10543—75	0,6... 0,7	0,25	0,5... 0,8	0,17... 0,37	0,25	0,04	0,04
Нп-65Г ГОСТ 10543—75	0,6... 0,7	0,3	0,9... 1,2	0,17... 0,37	0,13	0,04	0,04
Нп-80 ГОСТ 10543—75	0,75... 0,85	0,25	0,5... 0,8	0,17... 0,37	0,25	0,04	0,04
Нп-30ХГСА ГОСТ 10543—75	0,27... 0,35	0,8... 1,1	0,8... 1,1	0,9... 1,2	0,4	0,04	0,04
Нп-2Х13	0,18... 0,24	12...14	0,6	0,6	0,6	0,03	0,035

Т а б л и ц а 147. Материалы для сварки и наплавки чугуна

Марка материала ГОСТ, ТУ	Химический состав наплавленного					
	C	Cr	Mn	Si	Ni	V
ПП-АНЧ-1 ТУ 14-4-258—72	6,5...7,0	—	0,4...0,6	3,8...4,2	—	—
ПП-АНЧ-2 ТУ 14-4-258—72	5,7...6,5	—	0,4...0,6	3,3...4,0	—	—



Твердость HRC после		закалки	Область применения для наплавки
наплавки			
Под флюсом: АН-348А —22 АН-60 —30 В водяном паре: HRC —18 В потоке воздуха HRC —23 Вибрирующим электродом в среде охлаждающей жидкости HRC —42		54	Осей катков, роликов под- держивающих
Под флюсом: АН-348А —35 АН-60 —43 В потоке воздуха HRC —25 Вибрирующим электродом в среде охлаждающей жидкости HRC 40...55		54	Шлицевых валов, осей опор- ных роликов
Под флюсом: АН-348А —35 АН-60 —43 В потоке воздуха HRC —25 Вибрирующим электродом в среде охлаждающей жидкости HRC 40...55		54...59	Деталей ходовой части трак- торов, коленчатых валов авто- мобильных двигателей, шлице- вых валов, осей сателлитов дифференциалов заднего мо- ста, осей реверса
Под флюсом: АН-348А —35 АН-60 —42 АН-20 —30 АН-28 —42 В среде CO <sub>2</sub> —30 В потоке воздуха —33 Под флюсом: АН-28 —44 В среде CO <sub>2</sub> — 48...50		HRC 50	Стальных автомобильных коленчатых валов, осей катков, поддерживающих роликов, осей коленчатых, цапф, балан- сиров, шкивов, валов коробок передач
			Валов коленчатых компрес- сора, ведомых валов коробки передач

металла, %				Твердость HB после наплавки	Область применения
Al	S	Ti	P		
0,7... 1,0	—	0,4... 0,6	—		Для холодной сварки чугуновых деталей с небольшой толщиной стенок. Сварка открытой дугой
0,6... 0,9	—	0,4... 0,6	—		Для полугорячей сварки чугуна с толщиной стенок не менее 15 мм с предварительным подогревом до 300...400° С

Марка материала ГОСТ, ТУ	Химический состав наплавленного						
	C	Cr	Mn	Si	Ni	V	
ПНЧ-11 ТУ 482-10П— 175	На никелевой						
МНЧ-2 ТУ 4-382—70	На никелевой						
ЦЧ-4 ГОСТ 9466—75 ТУ 14-4-12—71	0,25	—	1,2	0,8	—	8,5...10,5	
СЗЧ-2 ГОСТ 9466—75 ТУ 14-4-88—72	Химический состав наплавленного						

Марка материала ГОСТ, ТУ	Химический					
	C	Sr	Mn	S	P	
Пруток чугуновый марки А ГОСТ 2671—72	3,0...3,5	3,0...3,4	0,5...0,8	0,08	0,2...0,4	
Пруток чугуновый марки Б ГОСТ 2671—72	3,0...3,5	3,5...4,0	0,5...0,8	0,08	0,3...0,5	
Пруток чугуновый НЧ-2 ГОСТ 2671— 72	3,0...3,5	3,5...4,0	0,5...0,8	0,05	0,2...0,4	

металла					Твердость НВ после наплавки	Область применения
Al	S	Ti	P			
основе					160...180	Для холодной сварки чугуна (серого, ковкого, высокопрочного). Не требует применения дополнительной защиты
основе					120...160	Для холодной дуговой заварки несквозных дефектов на обработанных и обрабатываемых поверхностях чугунных деталей
—	0,04	—	0,07			Для холодной сварки деталей из высокопрочного и серого чугуна и предварительной наплавки первых слоев на изношенных чугунных деталях под последующую наплавку специальными электродами
металла не определялся					150...200	Для холодной сварки и наплавки постоянным током обратной полярности при нижнем и вертикальном положении изделий из серого и ковкого чугуна, а также дефектов чугунного литья

состав, %			Твердость НВ наплавлен- ного металла	Область применения
Ti	Cr	Ni		
—	—	—	230	Для горячей газовой сварки чугуна
—	—	—	240	Для полугорячей газовой сварки чугуна
0,03... 0,06	—	0,4...0,6	240	Для низкотемпературной пайкосварки при исправлении дефектов небольших размеров на чугунных деталях

Марка флюса ГОСТ, ТУ	Химический состав, % по массе				
	$\text{Li}_2\text{CO}_3$	$\text{CaCO}_3$	$\text{H}_3\text{BO}_3$	$\text{NaNO}_3$	обезво- женная бура
ФСЧ-1 ТУ 48-4-324—75	—	30,0	—	20,0	50
ФСЧ-2 ТУ 48-4-325—75	0,5	26,5	—	50,0	23,0
ФПСН-2 ТУ 48-4-325—75	22,5	22,5	45,0	—	—

Т а б л и ц а 148. Электроды для сварки и наплавки

Марка электрода ГОСТ или ТУ	Химический состав наплавленного				
	C	Mn	Cr	Ni	Si
ОМГ-Н ГОСТ 9466—75	В первом слое наплавленного металла				
	0,8...1,1	4,5...6,0	4,5...5,5	1,5...2,0	—
	В третьем и четвертом слоях наплавленного				
	0,6...0,8	0,7	10...12	2,5...3	—
ЦНИИ Н-4 ГОСТ 9466—75 и ТУ 14-4-72—71	0,5...0,8	12,0... 14,0	22,0... 28,5	2,1...3,3	—
НР-70 ГОСТ 9466—75 ГОСТ 10051—75	0,15... 0,38	1,5...1,9	0,5...0,95	—	0,09... 0,11

Марка электрода ГОСТ, ТУ	Химический состав наплавленного					
	C	Si	Mn	W	V	Mo
ОЗШ-2 ГОСТ 9466—75 ТУ 14-4-317—73	0,8... 1,2	—	—	1,5... 2,5	1,2... 1,6	8,5... 11,0

Область применения	
Для газопламенной сварки чугуна прутками марки А	
Для газопламенной сварки чугуна прутками марки Б	
Для газопламенной пайкосварки чугуна латунными присадками	

металла		Твердость НВ наплавленного металла	Область применения
С и Р	Мо		
0,03	—	220...250 В стали Г13 В I слое наплавки	Для дуговой наплавки постоянным и переменным током в нижнем и наклонном положениях изношенных поверхностей ответственных деталей из высокомарганцовистой стали Г13, Г13Л
металла	—	250...290 В III и IV слоях наплавки	
0,03	—	В I слое 220...250 В III и выше 250...310	Для наплавки и заварки переменным и постоянным током обратной полярности в нижнем и наклонном положениях дефектов литья из высокомарганцовистой стали Г13Л
—	—	300...390	
≤0,035	0,26... 0,7		Для наплавки изношенных деталей из высокоуглеродистых сталей

металла, %			Твердость НРС наплавленного металла	Область применения
В	С	Р		
			≥56	Для наплавки постоянным током обратной полярности в нижнем и вертикальном положениях быстроизнашивающихся деталей машин и режущего инструмента

Марка электрода ГОСТ. ТУ	Химический состав наплавленного					
	C	Si	Mn	W	V	Mo
ОЗН-250У	0,08... 0,12	≤0,15	2,0... 3,3	—	—	—
ГОСТ 9466—75						
ГОСТ 10051—75						
ОЗН-300У	0,08... 0,13	≤0,15	2,8... 4,0	—	—	—
ГОСТ 9466—75						
ГОСТ 10051—75						
ОЗН-400У	0,12... 0,18	≤0,18	4,1... 5,2	—	—	—
ГОСТ 9466—75						
ГОСТ 10051—75						
ОЗН-350У	0,09... 0,14	≤0,15	3,6... 4,5	—	—	—
ГОСТ 9466—75						
ГОСТ 10051—75						
УОНИ 13/45	1,10	0,25	0,65	—	—	—
ГОСТ 9467—75						

материала, %			Твердость HRC наплавленно- го металла	Область применения
В	S	P		
—	$\leq 0,03$	$\leq 0,04$	20...28	Для наплавки постоянным и переменным током в нижнем положении быстроизнашивающихся деталей из углеродистых и низколегированных сталей, подверженных ударным нагрузкам
—	$\leq 0,03$	$\leq 0,04$	23...35	То же
—	$\leq 0,03$	$\leq 0,04$	40...44	»
—	$\leq 0,03$	$\leq 0,04$	35...40	»
—	0,03	0,03		Для заварки трещин в деталях из малоуглеродистых, среднеуглеродистых и низкоуглеродистых сталей

Химический состав наплавленного									
C	Si	Ti	Mn	Al	Mg	Cu	Pb	Zn	

Комсомолец-100

	0,7... 1,24	—	4,5... 6,1	—	—	Ост.	—	—	
--	----------------	---	---------------	---	---	------	---	---	--

ЭНУ-2 ГОСТ 9466—75

3,0...4,3	—	—	2,5... 3,5	—	—	—	—	—	
-----------	---	---	---------------	---	---	---	---	---	--

Химический состав наплавленного									
C	Si	Ti	Mn	Al	Mg	Cu	Pb	Zn	

Материалы для сварки и наплавки

—	4,5...6,0	0,1... 0,2	—	Ост.	0,1	0,1	0,2	0,1	
---	-----------	---------------	---	------	-----	-----	-----	-----	--

ОЗА-2

—	5,0	0,15... 0,25	—	Ост.	—	—	—	—	
---	-----	-----------------	---	------	---	---	---	---	--



металла			Твердость наплавленного металла	Область применения
В	Cr	Fe		

ТУ 14-644—75

—	—	0,75... 1,3		Для сварки и наплавки постоянным током обратной полярности в нижнем и наклонном положениях
---	---	----------------	--	--

ТУ 14-4-633—75

0,8... 1,1	13,0... 16,0	Ост.	HRC57 III слоя в исходном состоянии	Для наплавки постоянным током (на электроде плюс) и переменным током в нижнем и слегка наклонном положении быстроизнашивающихся стальных и чугунных деталей машин, работающих в условиях абразивного износа при наличии ударных нагрузок
---------------	-----------------	------	--	--

металла, %			Твердость наплавленного металла	Область применения
В	Cr	Fe		

алюминия Св-АК5 ГОСТ 7871—75

—	—	0,6	—	Для заварки трещин во внешних стенках блока или головок цилиндров, приливов фланцев крепления в блоках и головках, картерах и других деталях из алюминиевых сплавов
---	---	-----	---	---

ТУ 14-4-509—74

—	—	0,2	—	Для заварки трещин во внешних стенках блока или головки цилиндров электродуговой сваркой, однослойным швом с последующей герметизацией шва эпоксидной композицией
---	---	-----	---	---

Т а б л и ц а 149. Флюсы для сварки и наплавки

Химический состав,									
SiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O и K <sub>2</sub> O	CaF	не бо		
							Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	
ОСЦ-45 ГОСТ									
38,0... 44,0	38,0... 44,0	>6,5	До 2,5	>5,0	—	6,0... 9,0	2,0	0,15	
АН-348А									
41,8... 44	34,0... 38,0	>6,5	5,0... 7,5	>4,5	—	4,0... 5,5	2,0	0,15	
АН-60 ГОСТ									
42,5... 46,5	36,0... 41,0	3,0... 10,0	0,5... 3,0	До 5,0	—	5,0... 8,0	1,0	0,10	
АН-15М ТУ									
6,0... 10,0	1,0	29,0... 33,0	2,0	36,0... 40,0	2,0... 6,0	16,0... 20,0	0,8	0,07	
АН-8 ГОСТ									
33,0... 36,0	21,0... 26,0	4,0... 7,0	5,0... 7,5	11,0... 15,0	—	13,0... 19,0	1,5... 3,5	0,12	

%, по массе		Назначение	Характеристика
лее			
Р	В		

9087—69

0,15	—	Наплавка углеродистых сталей при восстановлении размеров деталей углеродистыми проволоками, содержащими до 0,6% углерода, а также некоторыми легированными проволоками	Обладает пониженной склонностью к образованию пор в наплавленном металле. Выделяется значительное количество вредных фтористых газов
------	---	--	--

ГОСТ 9087—69

0,12	—	То же	Обеспечивает хорошее формирование наплавленного валика. Дает удовлетворительно отделяемую шлаковую корку. В сочетании с различными марками проволок дает следующую твердость HRC: Нп-30ХГСА—35; Нп-50—29; Св-ОАГ2С—21; Нп-80—34; Св-18ХГСА—34
------	---	-------	---

9087—69

0,10	—	Наплавка углеродистых сталей при восстановлении размеров проволокой и электродной лентой на больших скоростях (не более 60 м/ч)	Является заменителем флюсов АН-348А и ОСЦ-45. Обеспечивает хорошую отделимость шлаковой корки (при наплавке углеродистого и низколегированного металла). В сочетании с приведенными марками проволок дает следующую твердость HRC: Нп-30ХГСА—40...42, Нп-3Х13—44...46, Нп-80—42...43
------	---	---	--

14-1-1439—75

0,05	—	Для электродуговой сварки и наплавки среднелегированных сталей высокой прочности, а также других сплавов легированными электродными проволоками	
------	---	---	--

9087—69

0,12	—	Для электрошлаковой наплавки низко- и среднелегированных сплавов	Обеспечивает высокую устойчивость электрошлакового процесса, но обладает повышенной окислительной способностью
------	---	--	--

Химический состав,								
SiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O и K <sub>2</sub> O	CaF	не бо	
							Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S

АН-20С ГОСТ

19,0... 24,0	До 0,5	3,0... 9,0	9,0... 13,0	27,0... 32,0	2,0... 3,0	25,0... 33,0	1,0	0,08
-----------------	-----------	---------------	----------------	-----------------	---------------	-----------------	-----	------

АН-22 ГОСТ

13,0... 21,5	7,0... 9,0	12,0... 15,0	11,5... 15,0	19,0... 23,0	1,0... 2,0	20,0... 24,0	1,0	0,05
-----------------	---------------	-----------------	-----------------	-----------------	---------------	-----------------	-----	------

АНК-18 ТУ 1-5,

7,0... 11,0			26,0... 30,0	17,0... 18,0		26,0... 28,0	—	—
----------------	--	--	-----------------	-----------------	--	-----------------	---	---

Химический состав, % по массе					
C	Mn	Si	Cr	S	P

АНК-

0,24... 0,27	1,03... 1,2	0,75... 0,83	1,0... 1,1	0,008	0,021
-----------------	----------------	-----------------	---------------	-------	-------

АНК-19 ТУ

0,4... 0,5	1,0... 1,5	До 0,5	4,0... 5,0	—	—
---------------	---------------	--------	---------------	---	---

% по массе		Назначение	Характеристика
лее			
Р	В		

9087—69

0,05	—	Для дуговой автоматической наплавки легированных сталей соответствующими сварочными проволоками	— Обеспечивает высокую стабильность дуги, хорошую отделяемость шлаковой корки. Затруднительна наплавка поверхностей малого диаметра. В сочетании с проволокой Нп-30ХГСА дает твердость HRC 29...31
------	---	---	--

9087—69

0,05	—	Для сварки и наплавки легированных сталей легированной сварочной проволокой, для электрошлаковой сварки
------	---	---

444—72

—	—	Для наплавки изношенных деталей в сочетании с низкоуглеродистыми проволоками Св-08	Содержит до 50% неокисленных элементов, благодаря влиянию которых получают наплавленный металл необходимого состава
---	---	--	---

Назначение		Характеристика
------------	--	----------------

40

Для механизированной наплавки деталей типа валов, осей, колес	Особенностью флюса является повышенный переход легирующих элементов из флюса в наплавленный металл. В сочетании с проволоками марки Св-08, Св-08А обеспечивает твердость наплавленного металла 200...300 НВ
---	---

14-1-1086—74

Для широкослойной однопроводной наплавки колеблющимся электродом стали твердостью HRC 50 в сочетании с проволокой Св-08, Св-08А	Обеспечивает хорошее формирование наплавленного металла при наплавке на переменном и постоянном токе
---	--

Таблица 150. Алюминиевый чугун для широкослойной наплавки

Материал	Состав в %					Назначение	Характеристика
	проволока Св-08 ГОСТ 2246-70	комплекс- ный модифи- катор	графит- серабри- стый	алюми- ниевый порошок	железный порошок		
Алюминиевый чугун	Ø1,6 мм	16...18	10...16	8	Ост.	Для автоматической электро- дуговой наплавки коленчатых валов из стали и чугуна	Наплавка осуществляется с применением порошковых маг- нитных смесей. Твердость после наплавки НВ 220...260

Таблица 151. Марки и назначение оловянно-свинцовых припоев (ГОСТ 21930-76)

Марка припоя	Температура плавления, °С		Назначение
	солидус	ликвидус	
ПОС40	183	283	Для лужения и пайки электроаппаратуры, деталей из оцинкованного железа, пайки радиаторов, топливopоводов и т. д.
ПОС10	268	299	Для лужения и пайки контактных поверхностей электрических приборов, реле и др.
ПОС61М	183	192	Для лужения и пайки медной проволоки
ПОСК50-18	142	145	Для пайки деталей, чувствительных к перегреву
ПОССу61-05	183	189	Для лужения и пайки электроаппаратуры, обмоток электрических машин
ПОССу50-0,5	183	216	Для лужения и пайки радиаторов
ПОССу40-0,5	183	235	Для пайки радиаторных трубок, обмоток, лужения и пайки белой жести
ПОССу35-0,5	183	245	Для лужения и пайки свинцовых деталей
ПОССу30-0,5	183	255	Для лужения и пайки листового цинка, радиаторов
ПОССу25-0,5	183	266	Для лужения и пайки радиаторов
ПОССу40-2	185	229	Припой широкого назначения
ПОССу25-2	185	260	
ПОССу18-2	186	270	
ПОССу15-2	184	275	
ПОССу10-2	268	285	Для лужения и пайки деталей, работающих при повышенных температурах, для лужения трубчатых радиаторов
ПОССу5-1	275	308	
ПОССу4-6	244	270	Для спатлевки кузовов автомобилей, для пайки белой жести, закатанных швов

**Т а б л и ц а 152. Флюсы для пайки оловянно-свинцовыми, серебряными, медно-цинковыми и алюминиевыми припоями**

Группы припоев	Применение	Химический состав
Оловянно-свинцовые (ГОСТ 21930—76)	Для пайки разных деталей из разнообразных материалов	1) Водный раствор хлористого цинка — 100 2) Водный раствор хлористого цинка—75, хлористый аммоний—25 3) Спиртовой раствор канифоли — 100 и другие составы
Серебряные (ГОСТ 19738—74)	Для пайки пластинок из твердых сплавов и во всех случаях, когда требуется высокая сопротивляемость коррозии, изгибу, ударным и вибрационным нагрузкам	1) Борная кислота — 60, фтористый калий или фтористый натрий — 40 2) Фтористый калий — 35, фтороборат — 40, борный ангидрид — 25 и другие составы Бура — 100
Медно-цинковые	Для пайки медных сплавов  То же, чугуна, припайки пластинок из твердых сплавов	Бура — 50, борная кислота — 50
Алюминиево-медные, алюминиево-кремниевые*	Для пайки деталей из алюминиевых сплавов	1) Фтористый калий или фтористый натрий — 6...8, хлористый литий — 35...42, хлористый цинк — 15...25, хлористый калий — остальные 2) Фтористый калий или фтористый натрий — 8...10, хлористый натрий — 15...20, хлористый барий — 10...15, хлористый цинк — 30...40, хлористый калий — остальные 3) Хлористый литий — 29...35, хлористый цинк—8...12, хлористый калий — 54...56, хлористый натрий — 9...11 и другие составы

\* Для пайки алюминиевых радиаторов и других деталей в качестве припоя можно применять: 1) сварочные проволоки марок СвАК5, СвАК10; 2) алюминиево-медный припой 34А (АМТУ 276—71), в состав которого входят: медь 27...29%, кремний 5,6...6,5%, алюминий — остальное; 3) силумин состава: кремний 10...13%, медь не более 0,8, цинк не более 0,3%, алюминий — остальное.

Таблица 153. Некоторые свойства горючих газов, используемых на ремонтных предприятиях

Наименование газа	Плотность при 20° С и 760 мм р. ст., кгс/м³	Температура воспламе- нения на воз- духе, °С	Наименьшая тепло- творная способность при 20° С и 760 мм р. ст., ккал/м³	Содержание между кислородом и горю- чим газом в горелке*	Температура пламени и смеси с кислородом, °С
Ацетилен	1,09	428	12 600	1...1,3	3150
Пропан-бутан (85% пропана)	1,9	490	21 200	3...3,5	2100
Водород	0,084	590	2400	0,3...0,4	2182
Коксовый газ	0,40...0,55	600...650	3400...4200	0,75...0,80	2315
Природный газ	0,70...0,90	650...750	7500...7900	1,0...1,5	2000
Сланцевый »	0,74...0,93	—	3000...3400	0,7	2000

\* Ориентировочное количество кислорода в кубических метрах на 1 м³ горючего газа, необходимое при сварке и наплавке; для газовой резки указанное в таблице количество кислорода должно быть увеличено в 2...2,5 раза.

Таблица 154. Химический состав и свойства защитных и плазмобразующих газов, используемых в ремонтном производстве

Газ	Сорт	Химический состав, % по объему						Содержание водяных паров при 20° С и 0,1 МПа г/м³, не более
		N		O	Ar	He	CO₂	
Углекислый газ (ГОСТ 8050—76)	Сварочный Пищевой Технический	—	—	—	—	—	99,5 98,8 98,5	0,184 Не нормируется То же
Азот (ГОСТ 9293—74)	Высший I II III	99,994 99,5 99,0 97,0	—	0,005 0,5 1,0 3,0	—	—	—	0,005 0,07 —
Аргон (ГОСТ 10157—73)	Высший I II A B	0,008 0,01 0,04 0,02 0,05	—	0,001 0,003 0,005 0,005 0,005	99,99 99,98 99,95 —	—	0,001 0,005 0,005 0,007 0,010	Согласно специальной пробе, 0,01 0,03 0,03 0,008 0,020
Гелий чистый (МРТУ51-04—62)						99,96 99,94		



## ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Таблица 155. Оборудование для восстановления деталей сваркой, наплавкой и металлизацией

Оборудование	Назначение	Краткая характеристика				
		длина восста- навливаемой детали, мм	диаметр восстанав- ливаемой детали, мм	габариты, мм	масса, кг	производи- тельность
Установка газопламенного напыления ОКС-5531- ГОСНИТИ	Восстановление деталей ти- па «вал» газопламенным напылением То же	До 1700	До 190	3530×1240× ×1560	870	До 3 кг/ч порошка
Станок напыляющий ОКС-11233-ГОСНИТИ	Восстановление деталей типа «вал» и плоскостей плазменной наплавкой	До 800	До 100	2870×850× ×1390	760	До 3 кг/ч порошка
Универсальная наплавоч- ная плазменная установ- ка, чертеж 9129	Восстановление деталей ти- па «вал» плазменной на- плавкой	До 1200	25...350	3160×1200× ×1880	1050	До 9 дм <sup>2</sup> /ч
Станок наплавочный ОКС-11231-ГОСНИТИ	Восстановление деталей ти- па «вал» плазменной на- плавкой	До 800	20	2225×1235× ×1815	830	
Установка для наплавки ОКС-14408	Восстановление роликов опорных тракторов клас- са тяги 3тс	—	До 350	3250×1605× ×1900	1580	До 25 шт. в смену
Станок наплавочный ОКС-11200-ГОСНИТИ	Восстановление колес на- правляющих тракторов класса тяги 3тс	—	До 350	1775×1505× ×2360	1430	40...50 шт. в смену
Установка для наплавки ОКС-9105	Восстановление направля- ющих тракторов класса тяги 3тс	—	До 600	1610×920× ×500	500	15...20 шт. в смену

Оборудование	Назначение	Краткая характеристика				
		длина восста- навливаемой детали, мм	диаметр восстана- вливаемой детали, мм	габариты, мм	масса, кг	производи- тельность
Станок наплавочный ОКС-11237-ГОСНИТИ	Восстановление направля- ющих и натяжных колес гусеничных тракторов	—	До 800	1050×1320× ×2850	1230	13...20 шт. в смену
Станок наплавочный ОКС-11230-ГОСНИТИ	Восстановление деталей ти- па «вал» методом кон- тактной электроимпульс- ной наплавки лентой или порошковыми материала- ми	40...140	До 800	2225×1255× ×1315	900	16,5...20,4 дм <sup>2</sup> /ч (толщина наплавки 0,2...0,5 мм)
Установка наплавки поса- дочных мест валов, осей и отверстий, чертеж 5588	Восстановление посадочных мест, валов, осей и от- верстий	Валов 20...200 отверстий 70...150	До 1250	2730×880× ×1280	900	До 36 дм <sup>2</sup> /ч
Станок наплавочный ОКС-11232-ГОСНИТИ	Восстановление деталей ти- па «вал» электродуговой широкоослойной наплав- кой в среде углекислого газа	20...100	До 800	2230×1070× ×1360	1350	40 колен- чатых осей в смену
Станок электрометаллиза- ционный ОКС-11234- ГОСНИТИ	Восстановление деталей ти- па «вал» методом элек- трометаллизационного напыления	80...400	До 800	2300×1540× ×1255	610	5 кг/ч проволоки

Станок оплавляющий ОКС-11235-ГОСНИТИ	Оплавление аргано-дуговой сваркой металлизационного покрытия деталей типа «вал»	30...100	До 800	2515×1300× ×1700	630	До 10 дм <sup>2</sup> /ч
Станок наплавочный ОКС-11236-ГОСНИТИ	Восстановление реборд опорных и поддерживающих роликов, направляющих и натяжных колес	270...790	—	2230×930× ×1860	600	25...30 роликов в смену
Станок наплавочный ОКС-11238-ГОСНИТИ	Восстановление опорных катков и шкивов остановочного тормоза гусеничных тракторов	350...400		2230×1250× ×2360	710	40 катков в смену
Наплавочная установка ОКС-7755-ГОСНИТИ	Восстановление опорных катков тракторов класса тяги 3 тс электрошлаковым способом	—	До 400	1250×1000× ×1850	630	25...30 шт. в смену
Установка для контактного электроимпульсного по- крытия ОКС-5350-ГОС- НИТИ	Восстановление деталей типа «вал» способом приварки металлического слоя	До 1700	До 150	3100×1300× ×1875	1200	До 40 см <sup>2</sup> /мин
Вибродуговая наплавочная головка ОКС-6569-ГОС- НИТИ	Восстановление деталей вибродуговой наплавкой в струе жидкости или углекислого газа	—	До 350	730×300× ×700	60	
Установка восстановления шлицевых валов ОКС- 11274-ГОСНИТИ	Восстановление шлицевых валов контактной сваркой давлением	270 600	—	2195×1940× ×1400	2060	100 шт. в смену
Станок У-651 для наплав- ки валов	Восстановление валов наплавкой	До 1300	До 500	2700×1220× ×2850	1700	

Оборудование	Назначение	Краткая характеристика				
		длина восста- навливаемой детали, мм	диаметр восстанав- ливаемой детали, мм	габариты, мм	масса, кг	производи- тельность
Станок У-653 наплавочный универсальный	Восстановление наружных поверхностей цилиндрических деталей Для наплавки катков, тя- желых колес	До 1300	До 800	2720×1220× ×2850	1740	
Станок У-654 двухпозици- онный наплавочный уни- версальный			До 800	2720×1220× ×2850	1800	

Т а б л и ц а 156. Технические данные сварочных полуавтоматов

Тип полуавтомата	Способ защиты дуги	Диаметр электрод- ной про- волоки, мм	Номиналь- ный сва- рочный ток при ГВ=60%, А	Скорость подачи электрода, м/ч	Способ регу- лиро- вания ско- рости подачи	Габариты подающего устройства, мм	Масса подающего устрой- ства, кг	Длина шланга, м	Источник сварочного тока
А547У	Защитный газ	0,8...1,4	315	160...640	П/с	350×118×245	6,25	1,5; 2,5	ВС-300
ПДГ-305	То же	0,8...1,4	315	120... 1200	П	362×284×153	12,5	2,5	ВДГ-302
А825	»	0,8...1,4	315	140...650	П/с	305×175×245	11	1,5; 2,5	ВС-300
ПДГИ-101	»	1,0...1,6	125	120... 1200	П	362×284×153	12,5	2	ВДГИ-301

ПДГИ-302	»	1, 2...2	315	120... 1200	П	470×296×260	13	2	ВДГИ-301
А1230М	»	0, 8...1, 4	315	145...680	П/с	364×290×130	10	1, 5; 2, 5	ВДГ-302
А1114М	Без внешней защиты	1...1, 4	315	106...428	П/с	364×290×130	10, 5	1, 5; 2, 5	ВДГ-302
А1197С	Защитный газ	1, 6... 2(3, 2)	500	92...920	С	960×660×560	35	3	ВДУ-504
А1197П	То же	1, 6... 2(3, 2)	500	92...920	П	550×360×200	23	3	ВДУ-504
ПДГ-502	»	1, 6...2	500	120... 1200	П	470×296×260	13	3	ВДУ-504
ПДГ-503	»	1, 6...2	500	120... 1200	П	470×296×260	13	3	ВДУ-504
А765	Самозащитные порошковые провода	2...3, 5	500	72...720	С	760×500×550	20	3	ПСГ-500
А1530	Флюс	1, 2...2	500	I режим 200...250 II режим 400...500 III режим 850... 1000	П/С	550×300×230	52	3	ВДУ-504
ПДГ-507	Защитный газ	1, 6...2	500	72...720	С	—	—	3	ПСГ-500
ПДГ-508	То же	1, 6...2	500	72...720	С	—	—	3	ПСГ-500
А1503П	»	1, 2... 2(3, 5)	500	120...760	П	550×360×200	23	3	ВДГ-601

330  
Таблица 157. Технические данные подвесных и самоходных сварочных автоматов

Тип автомата	Защита зоны сварки или наплавки	Исполнение	Электрод		Номинальный сварочный ток, А при ПВ = 100%	Скорость подачи электрода, м/ч	Регулирование скорости подачи электрода	Скорость сварки (наплавки), м/ч	Габариты аппарата	Масса, кг	Источник питания
			провода (диаметр, мм)	лента (ширина, мм)							

Автоматы общего применения для сварки плавящимся электродом

АБСК	Флюс	Самоходный	2...6	—	300...1200	28...220	С	14...110	760×710× ×1750	160	ТДФ-1001
А1401	»	То же	2...5	—	1000	52...532	П	12...120	1160×870× ×1660	325	ТДФ-1001
А1410	»	»	2...6	—	2000	53...532	П	24...240	1150×870× ×1660	325	ТДФ-1601
А1416	»	»	2...5	—	1000	47...508	С	12...120			
А1419	»	»	2...6	—	2000	47...508	С	24...240			
А639	»	»	2...5	—	2×1000	28...225	С	14...110	1375×550× ×1965	250	ТДФ-1000 (2 шт.)
А1412	»	»	2...5	—	2×1600	53...532	П	24...240	1405×890× ×1920	390	ТДФ-1601 (2 шт.)
А1422	»	»	2...5	—	2×1600	47...508	С	24...240	1405×890× ×1920	390	ТДФ-1601 (2 шт.)
УДФ-1001 У4	»	»	2,5... 3	—	3×1000	200...600	П	18...50	1350×1100× ×2200	400	ТШС-1000- 3
А1373	»	»	3...5	—	3×1800	100...500	П	44...270	1650×1620× ×2370	900	ЗХСТ-2000

A1002	Газ	»	3...5	—	800	84...700	П	8...120	950×600× ×1850	160	—
A1417	»	»	2...5	—	1000	47...508	П	12...120			

Таблица 158. Технические данные источников сварочного тока для механизированной дуговой сварки плавящимся электродом

Тип источника сварочного тока	Номинальный сварочный ток при ПВ = 60%, А	Предел регулирования тока, А	Напряжение дуги, В	Напряжение холостого хода, В	Первичное напряжение, В	Частота вращения двигателя, об/мин	Мощность, кВт·А	Коэффициент мощности	Габариты, мм	Масса, кг
-------------------------------	---	------------------------------	--------------------	------------------------------	-------------------------	------------------------------------	-----------------	----------------------	--------------	-----------

Источники переменного тока (трансформаторы)

ТСД-1000-3	1000	400... 1200	42	69/78	220/380	—	76	0,62	950×818× ×1215	540
ТСД-200-2	2000	800... 2200	53	72/84	380	—	180	0,64	1050×900× ×1300	670
ТДФ-1001	1000*	400... 1200	44	68...71	220/380	—	82	—	1200×830× ×1200	720
ТДФ-1601	1600*	600... 1800	44	95...105	380	—	182	—	1200×830× ×1200	1000
ТДФ-2001	2000*	800... 2200	50	74...79	380	—	170	—	1200×830× ×1200	980

Источники постоянного тока (выпрямители)

ВС-300	300	30...300	—	20...40	380	—	17	—	560×720× ×965	250
--------	-----	----------	---	---------	-----	---	----	---	------------------	-----

Тип источника сварочного тока	Номинальный сварочный ток при ПВ = 60%, А	Предел регули- рования тока, А	Напряжение дуги, В	Напряжение хо- лостого хода, В	Первичное напря- жение, В	Частота враще- ния двигателя, об/мин	Мощность кВ·А	Коэффициент мощности	Габариты, мм	Масса, кг
ВСЖ-303	315	50...315	—	18...50	220/380	—	20	—	710×550× ×955	280
ВДГ-302	315	50...315	16...38	30...55	220/380	—	19	—	1045×748× ×959	275
ВС-600	600	60...600	—	20...40	380	—	35	—	100×305× ×1510	490
ВДГ-601	630	100...700	18...66	66	220/380	—	67	—	1234×868× ×1081	525
ВДУ-504	500	70...500	18...50	72...78	220/380	—	40	—	1275×816× ×940	380
ВДУ-1001	1000*	300... 1000	24...66	24...66	380	—	105	—	950×1150× ×1850	750
ВДУ-1601	1601*	500... 1600	26...66	26...66	380	—	165	—	950×1150× ×1850	950
Источники для сварки постоянным током — преобразователи										
ПД-501	500	125...500	40	55...90	220/380	1450	28**	—	1075×650× ×1085	545
ПСГ-500	500	60...500	40	16...40	220/380	2900	28**	0,89	1055×580× ×920	500

\* Номинальный ток при продолжительности включения ПВ = 100%.

\*\* Мощность, кВт.



**Т а б л и ц а 159. Техническая характеристика высокочастотных металлизаторов**

Показатели	МВЧ-1	МВЧ-2	МВЧ-3
Производительность при напылении стали, кг/ч	5...6	6...9	8...10
Диаметр проволоки, мм	4...5,5	4...5	4...5
Общая масса аппарата, кг	6	32	24
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа	0,3...0,4	0,3...0,4	0,4
Расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /мин	0,6...0,8	0,8	0,8
Привод механизма подачи проволоки	Электродвигатель ЭД-2	Электродвигатель АОЛО-12-4	
Скорость подачи проволоки, м/мин	0,42...0,75	0,6...1,58	0,45...1,1

**Т а б л и ц а 160. Техническая характеристика установок для плазменной металлзации**

Показатели	УПУ-3	УМП-4	УМП-5
Производительность по напылению порошка, кг/ч	6...12	4...6	5...8
Мощность установки, кВт	35...40	30	30
Плазмообразующий газ	Азот, аргон		
Масса установки, кг	900	43	120
Вместимость бачка порошкового питателя, л	5	5	5
Максимальная сила тока, А	600	400	400
Рабочее напряжение гока, В	70...90	85...95	85...95
Расход азота, л/мин	30...40	25...35	25...35
Рабочее давление азота, МПа	0,3...0,4	0,3...0,4	0,3...0,4
Давление охлаждающей воды, МПа	0,3...0,4	0,25...0,3	0,25...0,3
Расход охлаждающей воды, л/мин	3...4	3...3,5	3...3,5
Тип плазменной горелки	ГН-5Р	ГН-5М	ГН-5М
Толщина покрытия, мм	0,1...10	0,1...10	0,1...10
Источник питания	ИПН-160/600	—	—

**Т а б л и ц а 161. Техническая характеристика газопламенных  
металлизаторов**

Показатели	МГИ-1-57	ГИМ-1
Производительность аппарата при напылении стали, кг/ч	3	1...1,5
Диаметр проволоки, мм	1,5...3,0	1...2
Общая масса аппарата, кг	2	2,6
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа	0,35...0,4	0,4...0,5
Расход сжатого воздуха, м³/мин	0,7	0,65
Рабочее давление ацетилена, МПа	0,004...0,06	0,003...0,06
Расход ацетилена, л/ч	240...840	250...300
Рабочее давление кислорода, МПа	0,2...0,7	0,25...0,3
Расход кислорода, л/ч	625...2100	250...800
Привод механизма подачи проволоки	Воздушная турбина	
Максимальная скорость подачи проволоки, м/мин	6	4,5
Максимальная частота вращения вала воздушной турбины, об/мин	20 000	24 000

**Т а б л и ц а 162. Техническая характеристика электродуговых  
металлизаторов**

Показатели	ЭМ-3	ЭМ-9	ЭМ-6	МЭС-1
Максимальная производительность при напылении стали, кг/ч	2,4	5	12	14
Диаметр проволоки, мм	1...2	1,2...2	1,5...2,5	1,5...2,5
Общая масса аппарата, кг	2,4	1,9	21	23
Напряжение тока, В	20...30	20...30	25...30	25...30
Величина тока, А	До 150	—	До 300	До 300
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа	0,35...0,6	0,45...0,6	0,4...0,5	0,5...0,6

Показатели	ЭМ-3	ЭМ-9	ЭМ-6	МЭС-1
Расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /мин	1,2	1,1	0,8...0,9	0,7...0,9
Привод механизма подачи проволоки	Воздушная турбина		Электродвигатель ДТ-75	
Скорость подачи проволоки, м/мин	2,5	—	0,75...4,5	0,75...4,5

Таблица 163. Техническая характеристика машинных генераторов

Марка агрегата	Марка высоко- частотного генератора	Мощность агрегата, кВт	Мощность двигателя, кВт	Напряжение, В	Сила тока, А	Частота, Гц	Габариты, мм
----------------	---	---------------------------	-------------------------------	------------------	--------------	-------------	--------------

## Машинные генераторы-преобразователи

ПВ-60-2500	ВГ-60	60	—	375/750	148/74	2500	1200×900
ПВ-100-8000	ВГ-100	100	130	375/750	286/148	8010	1500×1120

## Машинные высокочастотные генераторы

МГЗ-52	—	50	—	375...750	—	2500	—
МГЗ-102	—	100	—	375...750	—	2500	—

Таблица 164. Техническая характеристика ламповых генераторов

Тип генератора	Назначение	Мощность генератора, кВт	Выходная мощность, кВт	Частота, Гц	Габариты, мм
ЛГЗ-30	Поверхностный нагрев	30	30	2,0...2,5× ×10 <sup>5</sup>	1400+2800× ×2300
ЛГЗ-46		100	40...50	350... 500 кГц	1400×1350× ×2200
ЛГЗ-60		100	60	2,0... 2,5×10 <sup>5</sup>	1400×2800× ×2300

**Т а б л и ц а 165. Основные данные стыковых машин общего назначения**

Показатели	МС-301	МС-403	МС-502	МС-802	МС-1202	МС-1602	МС-2008
Номинальный сварочный ток, кА	3,2	4	5	8	12	16	20
Номинальная мощность, кВ·А	5	7,2	12,2	40	55	97	150
Привод *: зажатия	Р	Р	Р	Р	Р	Р	П
осадки	РП	РП	РП	РП	РР	РР	ЭМ
Усилие, кН: зажатия	5	0,63	5	25	50	75	100
осадки	1,20	0,16	0,7	20	32	50	63
Производительность, сварок/ч	200	200	150	120	100	60	80
Максимальное сечение низкоуглеродистой стали при сварке, мм <sup>2</sup> :							
сопротивлением	50	28	78,5	120	—	—	—
непрерывным	—	—	—	300	300	600	1000
оплавлением	—	—	—	—	700	1400	2000
оплавлением с подогревом	—	—	—	—	—	—	—

\* Р — ручной; РП — ручной пружинный; П — пневматический; РР — ручной рычажный; ЭМ — электромеханический.

**Т а б л и ц а 166. Технические характеристики универсальных машин для сварки трением**

Показатели	МСТ-23	МСТ-35	МСТ-41	МСТ-51
Номинальная мощность, кВт	10	22	40	75
Частота вращения шпинделя, об/мин	1500	1000	750	500
Осевое усилие, кН: максимальное при нагреве	50 5...25	100 10...50	200 20...100	400 40...200
Диаметр свариваемой заготовки (низкоуглеродистая сталь), мм:				
минимальный	10	16	22	32
максимальный	25	36	50	70

Показатели	МСТ-23	МСТ-35	МСТ-41	МСТ-51
Максимальный диаметр заготовок, мм:				
трубчатых	32	39	52	75
дисковых	110	180	180	320
Максимальная длина свариваемых заготовок, мм:				
вращающейся	680	500	980	1200
неподвижной	Не ограничена			
Минимальная длина свариваемых заготовок, мм:				
вращающейся	40	60	70	70
неподвижной	50	60	70	80
Машинное время сварки (в зависимости от диаметра заготовки), с	10...20	10...30	15...45	20...50
Производительность, сварок/ч	До 150	До 120	До 100	До 70
Габариты, мм	1820× ×580× ×1250	1790× ×720× ×1290	2130× ×765× ×1350	2910× ×1110× ×1680
Масса машины, кг	2000	2700	3600	5500

Таблица 167. Основные технические данные подвесных машин для точечной сварки

Показатели	МТПП-75	МТПГ-75-6	МТП-1203	МТПГ-150-2
Напряжение сети, В	220, 380	220, 380	380	380
Номинальная мощность, кВт·А	75	75	170	165
Номинальный сварочный ток, кА	8	8	12,5	12,5
Усилие сжатия клещей, кН:				
прессового типа	2,7	3,25	5	6,3
радиального типа	2	2,75	2,5	—
Вылет клещей, мм:				
прессового типа	50	42	150	300
радиального типа	140	140	300	—
Рабочий ход электрода, мм	25	25	25	30

Показатели	МТПП-75	МТПГ-75-6	МТП-1203	МТПГ-150-2
Производительность, точек/мин	120	80	130	80
Толщина свариваемых деталей из низкоуглеродистой стали, мм	0,5...1,5	0,5...1,5	0,3...2,5	0,5...3

Примечание. С 1977 г. выпускаются машины МТП-806 и МТП-807 с параметрами, близкими соответственно параметрам машин МТПП-75 и МТПГ-75-6. Аппаратура управления этих машин выполнена на полупроводниковых логических элементах и тиристорах.

Т а б л и ц а 168. Оборудование для восстановления деталей с использованием полимеров

Наименование	Назначение	Тип	Основная характеристика	Площадь в плане, мм
Сушильный шкаф	Сушка материала, деталей	ОП-2124 (ГОСНИТИ)	—	1360×880
Рабочий стол с вытяжным шкафом	—	ОП-2078 (ГОСНИТИ)	—	2500×800
Установка для напыления	Напыление порошка	ОП-1157 (ГОСНИТИ)	—	900×500
Дробилка щековая	Дробление материала, литников	О-182Б	—	1100×900
Таблеточная машина	Изготовление таблеток	ТМ-3А, модель 2701	1200 шт/ч	1775× ×1450 2400×840
Гидравлический пресс	Изготовление деталей из реактопластов	П-472Б	Рабочий стол 500×500, давление до 70 тс	1150× ×1050
Литьевые машины	Изготовление деталей из термопластов	ЛМ-50 ТП-63 ЛМ-250 ТП-250	Масса деталей до 50 г 63 г 250 г 250 г	2950×840 2800×830 5820× ×2060 3900× ×1000

**Т а б л и ц а 169. Основные данные машин общего назначения для точечной и шовной сварки**

Тип машины	Номинальный сварочный ток, кА	Номинальная мощность, кВт·А	Усилие, кН		Вылет, мм	Раствор, мм	Максимальный код электрода, мм		Тип аппаратуры управления
			номинальное*	минимальное сварочное			рабочий	дополнительный	
MT-604**	6	14	2	0,4	200...275	150...270	20	—	РЦС-301
MT-810**	8	20	3	0,5	200...315	150...270	20	—	РЦС-403
MT-1214**	12,5	50	5	0,8	250...420	150...270	30	—	РЦС-403
MT-1215	12,5	53	5	1,2	500	80...220	80***	—	РЦС-403
MT-1216	12,5	53	5	1,2	500	80...220	80***	—	РЦС-502
MT-1217	12,5	60	3	0,8	500	270...370	50	—	БУ-5ИПС
MT-1219	12,5	44	6,3	1,5	300	100...250	10	40	РЦС-502
MT-1220	12,5	44	6,3	1,5	300	100...250	10	40	РЦС-403
MT-1613	16	86	6,3	1,5	500	80...220	80***	—	РЦС-403
MT-1614**	16	85	6,3	1,2	350...600	150...300	30	50	РЦС-403
MT-1615	16	83	6,3	1,5	500	100...250	10	40	РЦС-502
MT-1616	16	83	6,3	1,5	500	100...250	10	40	РЦС-403
MT-1617	16	92	6,3	1,5	500	270...370	50	—	БУ-5ИПС
MT-1618	16	100	6,3	1,5	500	80...320	80***	—	РЦС-403
MT-2517	25	215	12,5	3	500	240...545	80	—	БУ-5ИПС
МШ-100**	10	27	2,5	0,6	400	65	30	—	—
МШ-1601	16	60	5	1,6	400	100	50	—	ПСЛ-200
МШ-2001-1	20	130	8	2,3	800	105	70	—	Логика
МШ-3201	32	310	12	3,5	800	105	70	—	»

\* При цикле с проковкой — максимальное ковочное усилие.

\*\* Машины радиального типа.

\*\*\* Полный ход электрода: рабочий и дополнительный.

Таблица 170. Технические характеристики установок для диффузионной сварки в вакууме

Тип установки	Размер рабочего пространства, мм	Максимальная температура нагрева, °С	Усилие сжатия деталей, кН	Степень разрежения, Па	Источник нагрева (высокочастотный генератор)	Габариты, мм
СДВУ-4	619×364×186	1200	0,25...4,80	10 <sup>-3</sup> ...10 <sup>-5</sup>	ЛЗ-67	1610×1070×1775
СДВУ-15-1	∅ 350, H = 500	1500	0,135...168	10 <sup>-4</sup>	ЛЗ-67	1050×830×2305
СДВУ-15-2	320×345×500	1500	4,50...210	2·10 <sup>-4</sup>	ЛЗ-67	2350×970×2335
СДВУ-12	∅ 50, H = 100	1100	3,50...5	5·10 <sup>-5</sup>	ЛЗ-17	1270×720×1400
СДВУ-30	∅ 460, H = 430	1900	350	10 <sup>-4</sup> ...5·10 <sup>-5</sup>	ЛЗ-13	6100×1200×3350
СДВУ-7	∅ 25...35	1400	9,50...24	10 <sup>-3</sup> ...10 <sup>-4</sup>	ППВ 100/800 на 100 кВт	1700×1100×1810
СДВУ-24	∅ 155...340	—	—	5·10 <sup>-6</sup> ...5·10 <sup>-7</sup>	—	350×680×1440
СДВУ-32	320×345×500	—	2,48...90,5	5·10 <sup>-6</sup>	ЛЗ2-67	1050×830×205
СДВУ-17	∅ 250, масса деталей до 100 кг	1400...1500	—	1·10 <sup>-4</sup>	—	—
СДВУ-40	∅ 312, H = 300	1500	10	1·10 <sup>-5</sup>	Трансформатор ОСУ-20, регулятор напряжения РНО-250-10 ВЧИ-60 или ВЧИ-100	1020×800×2950
УДВУ-50	320×340×500	1500	0...50	5·10 <sup>-5</sup>	—	1050×720×2250
УДВС-КС-2	∅ 600, L = 800	—	150	(2...4) 10 <sup>-4</sup>	—	1500×850×1800
УДВС-ДТ	H = 300, S = 1800 см²	—	43,5	10 <sup>-4</sup>	ЛЗ2-67	1400×800×1800
СЖМ2	∅ 120, H = 180	1100	0,50...100	2·10 <sup>-4</sup> ...5·10 <sup>-5</sup>	ИО6083	1550×1000×2110
А306-10	∅ 80, H = 100	1300	0,05...5	2·10 <sup>-4</sup> ...5·10 <sup>-5</sup>	—	1530×1440×2010
А306-04	∅ 350, H = 440	1300	100	2·10 <sup>-4</sup>	—	—

Примечания: 1. H — высота; L — длина; S — площадь рабочего пространства. 2. УДВС-ДТ — для сварки газовых турбин.  
3. СДВУ-32 — для сварки металлов и немаetalлических материалов.



Т а б л и ц а 171. Электротермическое оборудование

Наименование, марка	Мощность, кВт	Максималь- ная темпера- тура, °С	Размеры рабочего пространства, мм	Назначение
Камерные электро- печи сопротивле- ния:				
СНО-3.6.2/10М01	14	1000	300×650× ×200	Закалка стальных деталей
СНЗ-8.16.5/12М1	71	1200	800×1600× ×500	То же
НШ-100 В	100	860	910×1825× ×615	»
СНЗ-4.8.2,5/ 10М1	25	1000	400×800× ×260	»
СНЗ-6.12.4/10М1	71	1000	600×1200× ×400	»
СНО-3.4.5.2/ 15М02	18,3	1500	300×450× ×200	»
СНЗ-6.13.4/12М2	52	1200	650×1300× ×400	»
Г-30а	30	1300	300×400× ×250	»
ОКБ-210А	50	1300	520×945× ×400	»
Вакуумная электро- печь сопротивле- ния:				
СГВ-2.3/15-3М1	24	1500	200×300	Дегазация, пайка и другие про- цессы в вакууме
Электропечи-ванны:				
СВС-1,5.3.4/8,5М	35	850	150×300× ×400	Закалка сталь- ных деталей
СВС-3.5.8.4/8,5М	100	850	350×800× ×400	То же
СВС-3.5.8.4/6,5М	60	650	350×800× ×400	Отпуск стальных деталей
СВС-35/13	60	1300	170×240× ×360	Закалка деталей
СВС-100/13	100	1300	290×450× ×450	Закалка деталей из высоколеги- рованных ста- лей
СВГ-1,5.2/8,5М1	10	850	∅150×200	Закалка, цианиро- вание и отжиг стальных дета- лей
СВГ-3,5.4/8,5М1	30	850	∅350×400	То же

Наименование, марка	Мощность, кВт	Максимальная температура, °C	Размеры рабочего пространства, мм	Назначение
Шахтные электропечи сопротивления:				
СШЗ-6.6/7М4 (ПН-32)	37	650	600×600	Отпуск стальных деталей
ПН-34М	80	700	1000×1200	То же
СШЗ-6.30/10	135	1000	600×3000	Закалка стальных деталей
Ц-35Б	35	950	300×600	Газовая цементация стальных деталей
Ц-60А	60	950	450×600	То же
Ц-75Б	75	950	450×900	»
Ц-105А	105	950	600×1200	»
Г-65	65	1300	300×300××1698	Закалка деталей из легированных сталей
Г-95	95	1300	300×300××2400	То же
Шахтные электропечи сопротивления для газового азотирования:				
США-3,2.4,8/6	17	650	320×480	Газовое азотирование
США-5,7.5/6 (ОКБ-3018)	42	650	500×750	То же
США-8.12/6 (ОКБ-3019)	95	650	800×1200	»

## ГЛАВА 21

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ  
ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ

## ПРИ ГАЗО-ЭЛЕКТРОСВАРОЧНЫХ И НАПЛАВОЧНЫХ РАБОТАХ

Безопасная работа при газовой сварке и резке возможна только при правильном обращении с оборудованием, аппаратурой и материалами.

Баллоны служат для перевозки и хранения кислорода и горючего газа.

Во время работы баллоны укрепляют в вертикальном положении хомутом или цепью на расстоянии не ближе 5 м от источников с открытым пламенем и не ближе 1 м от приборов центрального отопления.

Нельзя расходовать весь газ из баллона. Остаточное давление кислорода в баллоне должно быть не менее 0,5 атм, а ацетилена—не менее 0,5...2 ат при температуре 15...20° С.

**Хранение карбида кальция.** Сам карбид кальция невзрывоопасен, но при попадании на него воды разлагается, образуя взрывоопасные смеси ацетилена с воздухом. Во избежание этого при перевозке и хранении карбид кальция упаковывают в герметически закрытые бидоны или барабаны, снабженные надписью «Карбид. Предохранять от сырости».

Хранить карбид необходимо в отдельном помещении, отгороженном от генератора, и в количестве не более 200 кг.

Приспособление для загрузки карбида должно исключать возможность ударов кусков карбида о металлическую поверхность во избежание получения искр. Нагрев воды в генераторе выше 60° С не допускается. Для лучшего охлаждения расход воды должен быть 5...10 л на 1 кг карбида. Во избежание замерзания после окончания работы воду из генераторов сливают. Ил выгружают из генератора только после полного разложения данной порции карбида. Иловые ямы устраивают под открытым небом и оборудуют перилами, а также надписями о запрещении проходить мимо них с открытым огнем и курить.

**Рукава.** Баллоны или генераторы соединяют с горелками или резаками гибкими резиновыми рукавами оплеточной конструкции по ГОСТ 9356—60\*. Для подачи ацетилена и горючего газа с избыточным давлением не более 6 ат используют рукава типа I, для подачи жидкого топлива с избыточным давлением не более 6 ат—бензостойкие рукава типа II, для подачи кислорода с избыточным давлением не более 15 ат — рукава типа III.

**Горелки и резаки.** Зажигать пламя горелки и резака необходимо в строгой последовательности: сначала немного открывают кислородный вентиль, затем несколько больше — ацетиленовый и смесь тотчас же поджигают. Затем регулируют пламя. Чтобы погасить пламя, сначала закрывают ацетиленовый вентиль, а затем кислородный. Обратный удар может произойти: при несоответствии номера мундштука мощности пламени, вследствие закупорки мундштука, сильного нагрева горелки, неплотной посадки инжектора и мундштука. Обратный удар ведет к срыву, разрыву или воспламенению рукавов и редукторов.

Газорезчики и газосварщики должны работать в рукавицах и спецодежде, защищающей их от попадания на кожу брызг металла и шлака.

Для защиты глаз сварщики обязаны работать в очках с защитными стеклами по ГОСТ 9497—60\*.

При ручной электродуговой сварке несчастные случаи могут быть в результате поражения электрическим током, светового излучения дуги, а также в результате ожогов каплями металла и шлака.

Характер и степень поражения зависят от силы тока и сопротивления тела человека. Сила тока до 0,002 А переносится безболезненно, а 0,05 А является опасной. Более высокая сила тока может вызвать смерть. Чем выше напряжение и ниже сопротивление, тем сильнее будет поражение током.

Электрическая дуга ослепляюще действует на глаза сварщика и других близко находящихся людей. Кроме того, в спектре дуги содержатся невидимые ультрафиолетовые и инфракрасные лучи, вызывающие воспаление слизистой оболочки глаз и ожоги кожи. Для защиты лица и глаз сварщики применяют щитки или маски (ГОСТ 1361—69\*) со специальными светофильтрами (ГОСТ 9497—60\*). В зависимости от условий работы выбирают стекло светофильтра определенного номера. С наружной стороны светофильтр закрывают обычным оконным стеклом, которое меняют по мере его загрязнения.

Для предохранения от ожогов каплями металла или шлака сварщик должен иметь спецодежду из трудновоспламеняющегося материала, рукавицы, берет и плотно зашнурованную обувь. Ожоги также могут быть получены при неосторожном обращении с огарками электродов и при сбивании шлака. При сбивании шлака глаза сварщика должны быть защищены очками с простыми стеклами.

При горячей сварке чугуна с подогревом необходимо соблюдать следующие правила: нагретое изделие оградить специальными асбестовыми щитами по форме изделия, тело закрыть асбестовым фартуком, обеспечить приток свежего воздуха к рабочему месту, не вызывая, однако, охлаждения подогретого изделия.

Применяемые при сварке защитные газы аргон, гелий, азот и углекислый газ хранят в баллонах под избыточным давлением 150 ат, поэтому обращение с баллонами при их транспортировке, хранении и эксплуатации должно соответствовать правилам Госгортехнадзора.

### **При работе в гальванических цехах**

В гальванических цехах при восстановлении изношенных деталей машин применяют кислоты, щелочи и вещества, оказывающие вредное влияние на организм человека. Поэтому обязательным условием при работе с ними является строгое соблюдение требований по охране труда и технике безопасности, определенных ГОСТ 1324—47.

Основные требования следующие:

1) удаление из цеха паров, газов избыточной влажности и пыли путем создания общей и местной приточно-вытяжной вентиляции (5...10 м<sup>3</sup>/мин);

2) применение в цехе парового или водяного отопления и поддержание температуры в помещении в пределах 15...18° С;

3) достаточная площадь цеха и его высота, которая должна быть не менее 5 м;

4) пол помещения должен быть выложен метлахской плиткой, а стены на высоту 1,5...2 м от пола — керамической плиткой;

5) для работы с вредными электролитами необходимо одевать исправную спецодежду и спецобувь (резиновые перчатки, сапоги, фартук и очки).

Приточный воздух должен подаваться не ниже 2,5...3 м от пола равномерно, через воздухораспределители, которые обеспечивают подвижность его не более 0,3 м/с. Вытяжная вентиляция должна включаться не менее чем за 15 мин до начала работы, а выключаться не раньше, чем через 15 мин после окончания работы.

Все ванны с раствором, которые выделяют вредные вещества, после окончания работы следует закрывать специальными крышками.

Необходимо систематически очищать каналы и бортовые отсосы от различных загрязнений, засоряющих вентиляционную систему. Не

реже одного раза в 6 месяцев проводить анализ воздуха на содержание ядовитых газов, паров и пыли.

При операциях фильтрации, переливания и корректировки электролитов необходимо пользоваться защитными очками для предохранения глаз от попадания брызг. Во время приготовления кислых электролитов следует лить кислоту в воду, а не наоборот. При засыпке сухих химикатов в ванны необходимо надевать противопыльные респираторы. Соли и кислоты в электролит следует добавлять мелкими порциями. При переливании электролита надо выключать ток и оберегать себя от попадания брызг раствора на тело и одежду.

### **При работе с полимерными материалами**

В процессе работы с полимерными материалами воздух может загрязняться парами или пылью, обладающими повышенной ядовитостью, поэтому помещение должно иметь вытяжную и приточную вентиляцию, а рабочие места — местную вентиляцию. Полимерные материалы должны храниться в минимальном количестве при хорошей вентиляции складов. Размельчение, приготовление и транспортирование полимерных материалов и составов должны быть по возможности механизированы и изолированы от основного производства.

Подтеки и излишки пластмасс с изделий нужно снимать в полиэтиленовых перчатках на бязевой основе бумагой, затем ветошью, смоченной в растворителе. В качестве растворителей нельзя применять бензол, толуол, четыреххлористый углерод и другие токсические растворители.

При нанесении пластмассы на изделие кистями, шпателями или лопатками их надо снабжать защитными металлическими экранами или из плотного картона, обеспечивающими защиту рук рабочего. Руки нужно мыть не только во время перерывов и после окончания работы, но и немедленно после случайного загрязнения рук полимерными материалами.

Хранение и прием пищи, а также курение в рабочих помещениях категорически запрещаются.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеев Н. В. Металлирование. — М.: Машиностроение, 1978.
2. Арширов В. А., Алексеев Г. А. Резание металлов и режущий инструмент. — М.: Машиностроение, 1968.
3. Аскинази Б. М. Упрочнение и восстановление деталей электромеханической обработкой. — Л.: Машиностроение, 1977.
4. Аносов И. С., Иванов О. А. Средства активного контроля размеров деталей в процессе шлифования. — Л.: Знание, 1975.
5. Аппаратура для механизированной дуговой и электрошлаковой сварки и наплавки. Под ред. доктора техн. наук А. И. Чвертко.
6. Башков Г. П. Выглаживание восстановленных деталей. — М.: Машиностроение, 1979.
7. Волжин Г. Н., Вердников В. Г., Ровках С. Е. Восстановление изношенных деталей строительных машин. — М.: Стройиздат, 1978.
8. Восстановление деталей и ремонт машин. Под ред. доктора техн. наук Е. Л. Воловика. — Калуга: 1975.
9. Восстановление деталей, ремонт и диагностика машин. Под ред. доктора техн. наук Е. Л. Воловика. — Калуга: 1977.
10. Восстановление деталей сельскохозяйственной техники механизированной наплавкой с применением упрочняющей технологии. Под ред. акад. ВАСХНИЛ В. М. Кряжкова. — М.: ГОСНИТИ, 1972.
11. Воловик Е. Л., Магамедов Б. Р., Фрумкина М. М., Бовбас В. И., Учайкин Т. П., Цыдыпов Н. Д. Технологические рекомендации по применению методов восстановления деталей машин. — М.: ГОСНИТИ, 1976.
12. Горохов В. А., Руденко П. А. Ремонт и восстановление коленчатых валов. — М.: Колос, 1978.
13. Доценко Г. Н. Новое в технологии восстановления автомобильных деталей сваркой и наплавкой. — М.: Высшая школа, 1971.
14. Клименко Ю. В. Электроконтактная наплавка. — М.: Металлургия, 1978.
15. Кравцов Т. Г. Электродуговая наплавка электродной лентой. — М.: Машиностроение, 1978.
16. Костиков В. И., Шестернин Ю. А. Плазменные покрытия. — М.: Металлургия, 1978.
17. Лукин О. А. Обработка металла, наплавленного электродами ОЗН/300. — Л.: 1957.
18. Масино М. А., Алексеев В. Н., Мотовилин Г. В. Автомобильные материалы. — М.: Транспорт, 1979.

19. Наплавочные материалы. Библиографический указатель отечественной и зарубежной литературы (1971...1977 гг.) — Киев: 1978.
20. Нассонов В. С., Горчаков А. И., Ульман И. Е. Автоматическая вибродуговая наплавка. — М.: Колос, 1972.
21. Применение плазменной наплавки для восстановления деталей машин. — М.: Россельхозиздат, 1976.
22. Рекомендации по восстановлению изношенных деталей машин хромированием и железнением. — М.: Россельхозиздат, 1976.
23. Рекомендации по применению новых средств для очистки машин и деталей при ремонте. — М.: ГОСНИТИ, 1975.
24. Специализированные ставки для восстановления деталей. «Каталог». — Малоярославец: 1978.
25. Технологические рекомендации по контролю при восстановлении основных деталей тракторных двигателей. — М.: ГОСНИТИ 1977.
26. Технические условия на полимерные материалы, применяемые при ремонте сельскохозяйственной техники. — М.: ГОСНИТИ 1976.
27. Технология и организация ремонта машин. — Труды ЧИМЭСХ. Выпуск 66 1972 г., выпуск 114 1975 г., выпуск 116 1976 г., выпуск 133 1977 г., выпуск 144 1978 г. — Челябинск.
28. Теоретические и технологические основы наплавки. Наплавочные материалы. Под ред. доктора техн. наук И. И. Фрумина. — Киев: 1978.
29. Труды ГОСНИТИ, т. 45, — М.: 1975.
30. Технология ремонта автомобилей. Под ред. доктора техн. наук Л. В. Дехтеринского. — М.: Транспорт, 1979.
31. Хомяк Б. С., Пономаренко А. М. Обработка резанием наплавленных поверхностей. В сб. НИИНФОРМТЯЖМАШ Технология, организация и механизация механосборочного производства. — М.: 1972.
32. Цветков В. И. Ремонт деталей металлургических машин. — М.: Металлургия, 1979.
33. Чулошников П. Л. Контактная сварка. — М.: Машиностроение, 1977.
34. Ремонт машин. Под общей редакцией доктора техн. наук, проф. И. Е. Ульмана. — М.: Колос, 1976.
35. Физические основы технологических процессов восстановления изношенных деталей сельскохозяйственной техники. — Труды ЧИМЭСХ. Выпуск 105 — Челябинск: 1975.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
-----------------------	---

### Часть I

#### ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Глава 1. Классификатор восстанавливаемых деталей .	5
Глава 2. Определение оптимальности варианта восстановления деталей .	24
Глава 3. Определение годовых объемов и себестоимости восстановления деталей .	25
Глава 4. Определение мощности участков и цехов восстановления деталей .	27
Глава 5. Определение пунктов расположения цехов восстановления деталей .	30
Глава 6. Формы организации производственного процесса восстановления деталей .	31
Глава 7. Поточно-механизированные линии, цехи и участки восстановления деталей . . . . .	40

### Часть II

#### ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Глава 1. Виды загрязнений восстанавливаемых деталей и способы их удаления . . . . .	50
Моющие и очищающие средства . . . . .	52
Очистка деталей в расплаве солей . . . . .	53
Механическая очистка деталей . . . . .	57
Глава 2. Восстановление деталей нанесением металлizaционных покрытий . . . . .	58
Электродуговая металлizaция . . . . .	58
Газопламенная металлizaция . . . . .	59
Металлizaция при помощи токов высокой частоты . .	59
Плазменная металлizaция . . . . .	60
Глава 3. Восстановление деталей наплавкой . . . . .	62
Ручная наплавка . . . . .	62
Наплавка под слоем флюса . . . . .	64
Механизированная наплавка . . . . .	64
Наплавка порошковыми проволоками . . . . .	65



Наплавка в среде защитных газов . . . . .	65
Наплавка в среде водяного пара . . . . .	71
Вибродуговая наплавка . . . . .	72
Индукционная наплавка . . . . .	76
Газовая наплавка . . . . .	79
Автоматическая наплавка деталей предварительно нагретым присадочным электродом . . . . .	81
Восстановление деталей диффузионной сваркой . . . . .	81
Восстановление деталей газопламенным напылением порошков . . . . .	82
Восстановление деталей электромеханической обработкой . . . . .	84
Восстановление деталей наплавкой электродной ленты . . . . .	84
Восстановление деталей контактной приваркой металлической ленты . . . . .	89
Восстановление деталей электроконтактной наплавкой проволоки . . . . .	91
Восстановление деталей электроконтактным напеканием порошка . . . . .	94
Восстановление деталей металлизированием . . . . .	96
<b>Глава 4. Восстановление деталей пайкой . . . . .</b>	<b>103.</b>
Резка металла при восстановлении деталей . . . . .	109
<b>Глава 5. Восстановление деталей гальванопокрытиями . . . . .</b>	<b>111</b>
Определение продолжительности электролиза . . . . .	111
Железнение (осталивание) . . . . .	112
Хромирование . . . . .	115
Никелирование . . . . .	120
Прогрессивные технологические приемы получения износостойких железных и хромовых покрытий . . . . .	122
Восстановление посадочных отверстий корпусных деталей методом электролитического натирания . . . . .	124
<b>Глава 6. Восстановление деталей полимерными материалами . . . . .</b>	<b>132</b>
Восстановление деталей методом нанесения полимерных покрытий с комбинированным подслоем . . . . .	140
<b>Глава 7. Восстановление деталей из алюминиевых сплавов . . . . .</b>	<b>141</b>
Ручная электросварка . . . . .	142
Газовая сварка без флюсов . . . . .	142
Газовая сварка с использованием флюсов . . . . .	143
Электродуговая сварка угольным электродом . . . . .	143
Ручная аргоно-дуговая сварка . . . . .	144
<b>Глава 8. Восстановление чугунных деталей пайкосваркой . . . . .</b>	<b>144</b>
<b>Глава 9. Способы восстановления чугунных деталей сваркой . . . . .</b>	<b>146</b>
Холодная сварка . . . . .	146
Полугорячая сварка . . . . .	150
Горячая сварка . . . . .	152
Механизированная сварка чугуна самозащитной проволокой ПАНЧ-11 без подогрева . . . . .	152
<b>Глава 10. Слесарно-механические способы восстановления деталей . . . . .</b>	<b>153</b>
Способ ремонтных размеров . . . . .	153
Восстановление резьбы . . . . .	154

<b>Глава 11. Технологические процессы восстановления основных деталей</b>	158
Восстановление коленчатых валов	158
Восстановление блоков цилиндров автотракторных двигателей	176
Ремонт трещин в корпусных деталях фигурными вставками	178
Восстановление привалочной плоскости сидуминовой головки цилиндров плазменным способом	180
Восстановление посадочных мест под подшипники в корпусных деталях	181
Восстановление головок блоков цилиндров тракторных двигателей	182
Восстановление маховиков тракторных двигателей	184
Восстановление и повышение износостойкости гильз цилиндров индукционной центробежной наплавкой	186
Восстановление внутренних поверхностей гильз цилиндров проточным хромированием	187
Восстановление фасок клапанов плазменной наплавкой	190
Восстановление фасок клапанов автотракторных двигателей роторным напылением	192
Восстановление фасок клапанов электроконтактным напеканием металлических порошков	193
Восстановление опорных катков и роликов широкослонной наплавкой с применением дополнительного присадочного материала	194
Электрошлаковый способ восстановления опорных катков	195
Восстановление ведущих колес приваркой компенсационных элементов	198
Восстановление звеньев гусениц тракторов класса тяги 3 кН способом заливки жидким металлом	199
Восстановление звеньев гусениц при помощи пластической деформации	200
Восстановление изношенных торцовых поверхностей зубьев шестерен	200
Восстановление изношенных шестерен при помощи пластической деформации	202
Восстановление шлицевых валов	202
Восстановление корпуса насоса	204
<b>Глава 12. Способы поверхностного упрочнения восстанавливаемых деталей</b>	205
<b>Глава 13. Термическая и химико-термическая обработки восстанавливаемых деталей</b>	219
Упрочнение наплавленных деталей поверхностной закалкой	225
Упрочнение восстанавливаемых деталей нитроцементацией	228
Упрочнение восстанавливаемых деталей лазером	231
Электромеханическое упрочнение восстанавливаемых деталей	232
<b>Глава 14. Совмещенные методы упрочнения и восстановления изношенных поверхностей деталей</b>	243
Восстановление деталей наплавкой, совмещенной с ме-	

механической обработкой и пластическим деформированием	243
Упрочнение восстанавливаемых деталей электроферромагнитным борированием	245
Упрочнение восстанавливаемых деталей проковкой после наплавки	246
Термомеханическое упрочнение деталей, наплавляемых вибродуговым способом	249
Упрочнение стальных коленчатых валов наплавкой под слоем легирующего флюса с последующим азотированием	251
Восстановление деталей наплавкой, совмещенной с упрочняюще-размерной обработкой	253
<b>Глава 15. Расчет величины слоя наносимого материала на изношенные поверхности деталей</b>	254
<b>Глава 16. Механическая обработка восстанавливаемых деталей</b>	259
Обработка резанием наплавленных поверхностей	259
Механическая обработка материалов, припеченных к изношенным поверхностям восстанавливаемых деталей	263
Механическая обработка пластмасс	268
Механическая обработка электролитических покрытий	268
Обработка наплавленных слоев шлифованием	270
Абразивный лезвийный способ обработки восстанавливаемых деталей	272
Электроалмазное хонингование	273
Электрохимическое шлифование восстанавливаемых деталей	274
Вибрационно-ленточное полирование	275
Электроконтактные методы обработки восстанавливаемых деталей	276
<b>Глава 17. Инструментальные материалы, применяемые при точении восстанавливаемых деталей</b>	276
Рекомендации по эксплуатации абразивного инструмента	280
<b>Глава 18. Выбор метода и средства измерения восстанавливаемых деталей</b>	281
Основные типы измерительных средств. Измерение линейных размеров деталей. Универсальные средства измерения	293
Приборы для обнаружения дефектов деталей	295
Основные ГОСТы в области неразрушающего контроля качества восстанавливаемых деталей	297
<b>Глава 19. Материалы, применяемые при восстановлении деталей</b>	297
Сварочно-наплавочные материалы	297
<b>Глава 20. Оборудование для восстановления деталей</b>	325
<b>Глава 21. Техника безопасности при восстановлении деталей</b>	342
При газо-электросварочных и наплавочных работах	342
При работе в гальванических цехах	344
При работе с полимерными материалами	345
<b>Литература</b>	346