

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 Гальванопокрытие Электро- и газовая металлизация Автоматические и механизированные наплавки:
Износ посадочных мест под распределительную шестерню, шкив и маховик	электровибрационная в среде жидкости электродуговая под слоем флюса электродуговая в среде CO ₂ порошковыми проволоками
Износ маслосгонной резьбы	Наплавка с последующим обтачиванием и шлифованием Электроискровое наращивание с последующим шлифованием
Износ и разбивка шпоночных канавок	Углубление резьбы резцов и шлифование шейки до выведения следов износа 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)
Коррозия трущихся поверхностей	Шлифование с последующей балансировкой. Выбраковка (для трещин глубиной более 4 мм) 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.

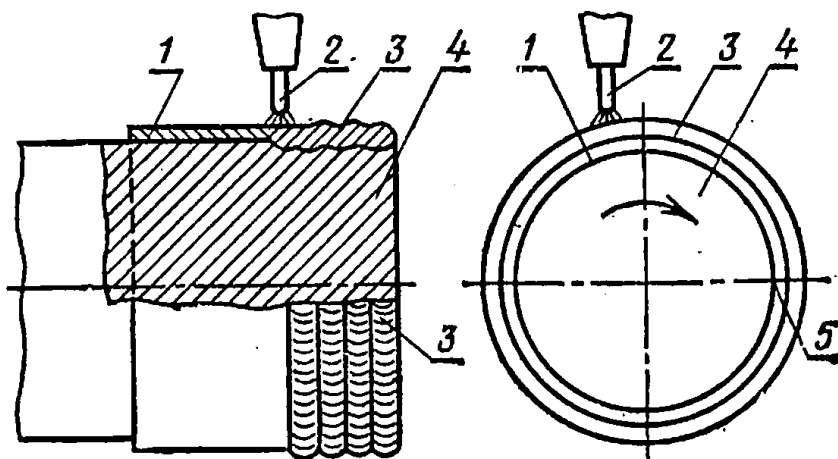
Наплавка под слоем флюса АН-348А с последующей термообработкой обеспечивает стабильность структуры и твердость наплавленного металла восстанавливаемых коленчатых валов. Наплавляют в этом случае пружинной проволокой II класса (по технологии КазНИПИАТ) либо проволокой Нп-30ХГСА (по технологии СПИ) при 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	М24×2-7Н		М-14×2-7Н		10,02; 8,02	1,00
Д-50, Д-24С	13,98	—	М18×1,5-7Н		М14×1,5-7Н		6,02	—
Д-48Л, Д-65Н	14,03	—	М24×2-7Н		—		8,02, 6,02	1,5
Д-37М	11,98	47,00	М-12×1,5-7Н		М12×1,5-7Н		8,02, 5,02	—
Д-108	—	—	М33×2 ^в 7Н		М20×1,5-7Н		16,05	1,8; 0,9
А-41М	15,98	—	М22×1,5-7Н		М16×1,5-7Н		—	—
А-01М	15,98	52,05	М22×1,57Н		М16×1,5-7Н		—	—
ЯМЗ-238НБ	22,15	—	М27×2-7Н		М16×1,5-7Н		10,02	—
СМД-60	12,02	52,05	М24×2-7Н		М16×1,5-7Н		8,02; 5,02	—
Д-21	11,98	47,00	М16×1,5-7Н		М12×1,25-7Н		8,02; 5,02	—
Д-16	12,03	41,55	М16×1,5-7Н		М12×1,25-7Н		8,07; 5,03	—
ГАЗ-51	12,05	40,00	М27×2-6Н		—		8,03	—
ГАЗ-53	12,28	40,00	М27×2-6Н		—		8,03	—
ЗИЛ-120	14,06	52,00	М27×1,5-7Н		—		6,02	1,6
ЗИЛ-130	14,29	52,00	М27×1,5-7Н		—		6,02	1,6

Примечания: 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 углоное торца конуса коленчатого вала двигателя СМД-14 при замере конуса калибром.

Таблица 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.

Легирующий 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
Флюс Графит *	АН-348А (ГОСТ 9087—69) ЭТУ-I, ЭТУ-III, ЗУН, АТ, АЗ, АС-I, АС-II № 6 (ГОСТ 4757—79)
Феррохром ** Жидкое стекло	Обычное, плотностью 1,35 г/см ³ ГОСТ 13078—67
Углекислый газ	Из баллонов с пищевой углекислотой (ГОСТ 8050—76)
Листовая сталь для оболочек	Ст 08 (ГОСТ 1050—74) толщиной 0,8...0,9 мм

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

** Просеивают через сито с 800...1400 отверстиями на 1 см².

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 большему 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-580М, 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,

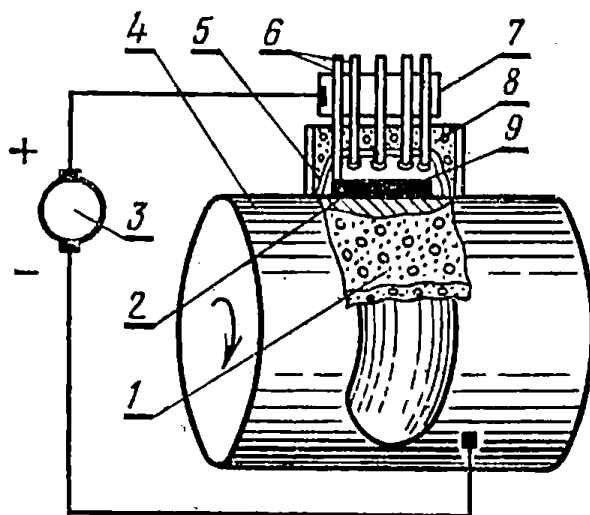


Рис. 69. Схема многоэлектродной наплавки вала:

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 ^{+0,14}	60,0 ^{+0,10}	46,0 ^{+0,05}
1-й дополнительный	Д1	82,25 ^{+0,14}	60,1 ^{+0,14}	46,1 ^{+0,05}
1-й ремонтный	Р1	85,15 ^{+0,14}	60,2 ^{+0,10}	46,2 ^{+0,05}
2-й дополнительный	Д2	85,75 ^{+0,14}	60,3 ^{+0,10}	46,3 ^{+0,05}
2-й ремонтный	Р2	86,00 ^{+0,14}	60,4 ^{+0,10}	46,4 ^{+0,05}
3-й дополнительный	Д3	86,25 ^{+0,14}	60,5 ^{+0,10}	46,5 ^{+0,05}
3-й ремонтный	Р3	86,50 ^{+0,14}	60,6 ^{+0,10}	46,6 ^{+0,05}
4-й дополнительный	Д4	86,75 ^{+0,15}	60,0 ^{+0,10}	46,7 ^{+0,05}
4-й ремонтный	Р4	87,00 ^{+0,14}	60,8 ^{+0,10}	46,8 ^{+0,05}

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 ²	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 ²	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/м². 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.

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 _{-0,013}	64,0 _{-0,013}	65,5 _{-0,013}	75,00 _{-0,013}	62,0 _{-0,025}	66,0 _{-0,025}
Ремонтные:						
Р1	51,25 _{-0,02}	63,75 _{-0,02}	64,45 _{-0,013}	74,70 _{-0,013}	61,7 _{-0,02}	65,7 _{-0,02}
Р2	51,00 _{-0,02}	63,50 _{-0,02}	65,20 _{-0,013}	74,95 _{-0,013}	61,4 _{-0,02}	65,4 _{-0,02}
Р3	50,75 _{-0,02}	63,25 _{-0,02}	64,90 _{-0,013}	74,70 _{-0,013}	61,0 _{-0,02}	65,0 _{-0,02}
Р4	50,50 _{-0,02}	63,00 _{-0,02}	64,50 _{-0,013}	74,00 _{-0,013}	60,5 _{-0,02}	64,5 _{-0,02}
Р5	50,25 _{-0,02}	62,75 _{-0,02}	64,25 _{-0,013}	74,75 _{-0,013}	60,0 _{-0,02}	64,0 _{-0,02}
Р6	50,00 _{-0,02}	62,50 _{-0,02}	64,00 _{-0,013}	73,50 _{-0,013}		
Р7			63,50 _{-0,013}	73,00 _{-0,013}		

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} 65,25 _{-0,08}	70,25 _{-0,065} 70,25 _{-0,085}
2Н	59,95 _{-0,013}	69,95 _{-0,013}	84,75 _{-0,015}	—	65,00 _{-0,06} 65,00 _{-0,08}	70,00 _{-0,065} 70,00 _{-0,085}
Ремонтные:						
Р1	59,75 _{-0,013}	69,75 _{-0,013}	—	104,75 _{-0,015}	64,50 _{-0,06} 64,50 _{-0,08}	69,50 _{-0,065} 69,50 _{-0,085}
Р2	59,50 _{-0,013}	69,50 _{-0,013}	84,50 _{-0,015}	104,50 _{-0,015}	64,00 _{-0,06} 64,00 _{-0,08}	69,00 _{-0,065} 69,00 _{-0,085}
Р3	59,25 _{-0,013}	69,25 _{-0,013}	84,25 _{-0,015}	104,25 _{-0,015}	63,50 _{-0,06} 63,50 _{-0,07}	68,50 _{-0,065} 68,50 _{-0,085}
Р4	59,00 _{-0,013}	69,00 _{-0,013}	84,00 _{-0,015}	104,00 _{-0,015}	63,00 _{-0,06} 63,00 _{-0,08}	68,00 _{-0,065} 68,00 _{-0,085}
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}		

Таблица 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 ^{+0,17} _{+0,15}	85 ^{+0,17} _{+0,15}	—	—	—	—
1Н	85 ^{-0,08} _{-0,10}	85 ^{-0,08} _{-0,10}	72,25 ^{-0,075} _{-0,095}	85,25 ^{-0,08} _{-0,10}	68,25 ^{-0,075} _{-0,090}	75,25 ^{-0,080} _{-0,090}
2Н	85 ^{-0,33} _{-0,35}	85 ^{-0,33} _{-0,35}	75,00 ^{-0,075} _{-0,095}	85,00 ^{-0,08} _{-0,10}	68,00 ^{-0,075} _{-0,090}	75,00 ^{-0,080} _{-0,095}
Ремонтные:						
P1	85 ^{-0,83} _{-0,85}	85 ^{-0,58} _{-0,60}	74,25 ^{-0,075} _{-0,095}	84,5 ^{-0,08} _{-0,10}	67,5 ^{-0,075} _{-0,090}	74,5 ^{-0,080} _{-0,095}
P2	84 ^{-0,58} _{-0,60}	84 ^{-0,08} _{-0,10}	73,50 ^{-0,075} _{-0,095}	84,0 ^{-0,08} _{-0,10}	67,0 ^{-0,075} _{-0,090}	74,0 ^{-0,080} _{-0,095}
P3	83 ^{-0,33} _{-0,35}	84 ^{-0,58} _{-0,60}	72,75 ^{-0,075} _{-0,095}	83,5 ^{-0,08} _{-0,10}	66,5 ^{-0,075} _{-0,090}	73,65 ^{-0,080} _{-0,095}
P4	82 ^{-0,08} _{-0,10}	84 ^{-0,80} _{-0,10}	72,00 ^{-0,075} _{-0,095}	83,0 ^{-0,08} _{-0,10}	66,0 ^{-0,066} _{-0,090}	73,0 ^{-0,080} _{-0,095}
P5			71,25 ^{-0,075} _{-0,095}	82,5 ^{-0,08} _{-0,10}		
P6			70,50 ^{-0,075} _{-0,095}	82,0 ^{-0,08} _{-0,10}		
P7			69,75 ^{-0,075} _{-0,095}	81,5 ^{-0,08} _{-0,10}		
P8			69,00 ^{-0,075} _{-0,095}	81,0 ^{-0,08} _{-0,10}		

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 ₁	68,25 ^{-0,075} _{-0,090}	75,25 ^{-0,080} _{-0,090}	95,25 ^{-0,040} _{-0,075}	95,25 ^{-0,040} _{-0,075}	88 ^{-0,023}	105,0 ^{-0,023}
2Н	68,00 ^{-0,075} _{-0,090}	75,0 ^{-0,080} _{-0,095}	92,00 ^{-0,040} _{-0,075}	95,00 ^{-0,040} _{-0,075}	—	—
Ремонтные:						
P1	67,50 ^{-0,075} _{-0,090}	74,5 ^{-0,080} _{-0,095}	91,25 ^{-0,040} _{-0,075}	94,5 ^{-0,045} _{-0,075}	87,75 ^{-0,023}	104,75 ^{-0,023}
P2	67,0 ^{-0,075} _{-0,090}	74,0 ^{-0,080} _{-0,095}	90,50 ^{-0,040} _{-0,075}	94,0 ^{-0,040} _{-0,075}	87,50 ^{-0,023}	104,50 ^{-0,023}
P3	66,5 ^{-0,075} _{-0,090}	73,5 ^{-0,080} _{-0,095}	89,75 ^{-0,040} _{-0,075}	93,5 ^{-0,040} _{-0,075}	87,25 ^{-0,023}	104,25 ^{-0,023}
P4			89,90 ^{-0,040} _{-0,075}	93,0 ^{-0,040} _{-0,075}	87,00 ^{-0,023}	104,00 ^{-0,023}
P5			88,25 ^{-0,040} _{-0,075}	92,5 ^{-0,040} _{-0,075}		
				92,0 ^{-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 ^{-0,06} _{-0,08}	70,25 ^{-0,065} _{-0,085}	75,25 ^{-0,075} _{-0,095}	85,25 ^{-0,08} _{-0,10}	78,25 ^{-0,095} _{-0,110}	88,25 ^{-0,100} _{-0,115}	
	2Н	65,00 ^{-0,06} _{-0,08}	70,00 ^{-0,065} _{-0,085}	75,00 ^{-0,075} _{-0,095}	85,00 ^{-0,08} _{-0,10}	78,00 ^{-0,095} _{-0,110}	88,00 ^{-0,100} _{-0,115}	
	Ремонтные:	P1	64,5 ^{-0,06} _{-0,08}	69,5 ^{-0,065} _{-0,080}	74,25 ^{-0,075} _{-0,095}	84,50 ^{-0,08} _{-0,10}	77,25 ^{-0,095} _{-0,110}	87,50 ^{-0,100} _{-0,115}
		P2	64,0 ^{-0,06} _{-0,08}	69,0 ^{-0,065} _{-0,085}	73,50 ^{-0,075} _{-0,095}	84,00 ^{-0,08} _{-0,10}	76,50 ^{-0,095} _{-0,110}	87,00 ^{-0,100} _{-0,115}
		P3	63,5 ^{-0,06} _{-0,08}	68,5 ^{-0,065} _{-0,085}	75,25 ^{-0,075} _{-0,095}	83,50 ^{-0,08} _{-0,10}	75,75 ^{-0,095} _{-0,110}	86,50 ^{-0,100} _{-0,115}
		P4	63,0 ^{-0,06} _{-0,08}	68,0 ^{-0,065} _{-0,085}	72,00 ^{-0,075} _{-0,095}	83,00 ^{-0,08} _{-0,10}	75,00 ^{-0,095} _{-0,110}	86,00 ^{-0,100} _{-0,115}
		P5			71,25 ^{-0,075} _{-0,095}	82,50 ^{-0,08} _{-0,10}		
		P6			70,50 ^{-0,075} _{-0,095}	82,00 ^{-0,08} _{-0,10}		
P7				69,75 ^{-0,075} _{-0,095}	81,50 ^{-0,08} _{-0,10}			
P8				69,00 ^{-0,075} _{-0,095}	81,00 ^{-0,08} _{-0,10}			

Таблица 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-60		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} 60,25 _{-0,080}	60,26 _{-0,065} 60,26 _{-0,080}
2Н	—	—	85,00 _{-0,015}	92,00 _{-0,015}	60,00 _{-0,065} 60,00 _{-0,080}	60,00 _{-0,065} 60,00 _{-0,080}
Ремонтные:						
Р1	104,75 _{-0,015}	84,75 _{-0,015}	84,50 _{-0,015}	91,50 _{-0,015}	59,75 _{-0,065} 59,75 _{-0,080}	59,75 _{-0,065} 59,75 _{-0,080}
Д1	—	—	—	—	59,50 _{-0,065} 59,50 _{-0,080}	59,50 _{-0,065} 59,50 _{-0,080}
Р2	104,50 _{-0,015}	84,50 _{-0,015}	84,00 _{-0,015}	91,00 _{-0,015}	59,25 _{-0,065} 59,25 _{-0,080}	59,25 _{-0,065} 59,25 _{-0,080}
Д2	—	—	—	—	59,00 _{-0,065} 59,00 _{-0,080}	59,00 _{-0,065} 59,00 _{-0,080}
Р3	104,25 _{-0,015}	84,24 _{-0,015}	83,50 _{-0,015}	90,50 _{-0,015}	58,75 _{-0,065} 58,75 _{-0,080}	58,75 _{-0,065} 58,75 _{-0,080}
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, пробоины 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, пробоины, 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 латунью 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 поясках в гнезде под гильзу цилиндра, а также обмятие и деформацию нижнего посадочного пояска, превышающую допускаемый 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-

верстия 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.

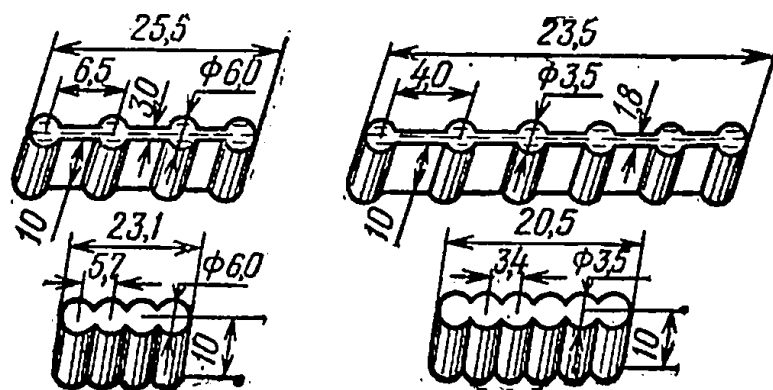


Рис. 70. Стягивающие фигурные вставки (материал: сталь 20, Ст.3).

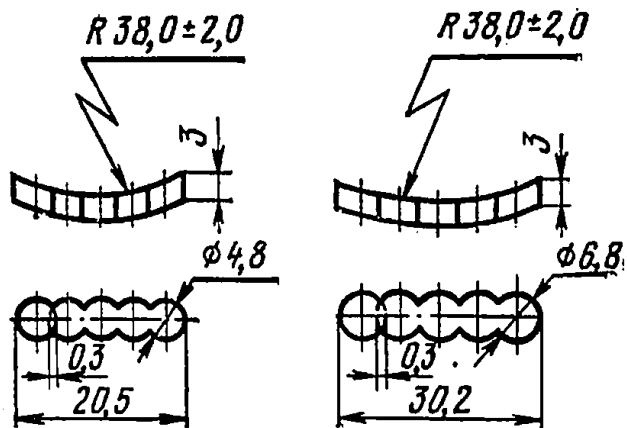


Рис. 71. Уплотняющие фигурные вставки (материал: сталь 20, Ст.3).

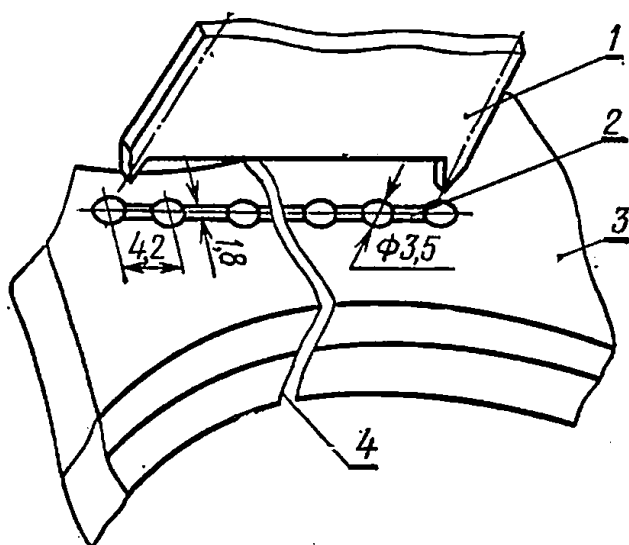


Рис. 72. Удаление перемычек при изготовлении фигурного паза:

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

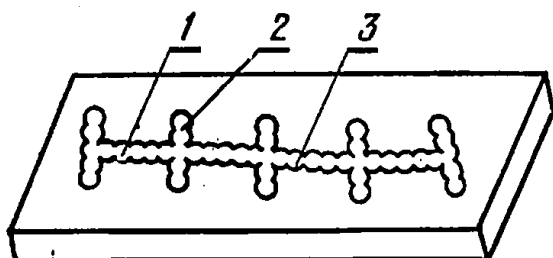


Рис. 74. Схема расположения отверстий по трещине:

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

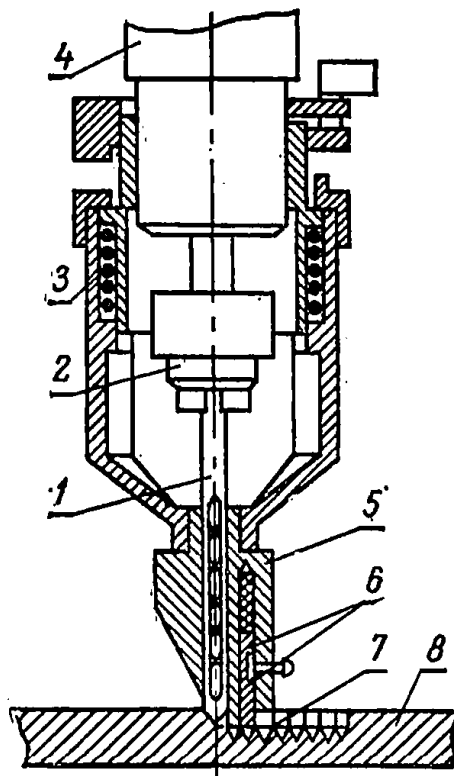


Рис. 73. Сверление отверстий по кондуктору:

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

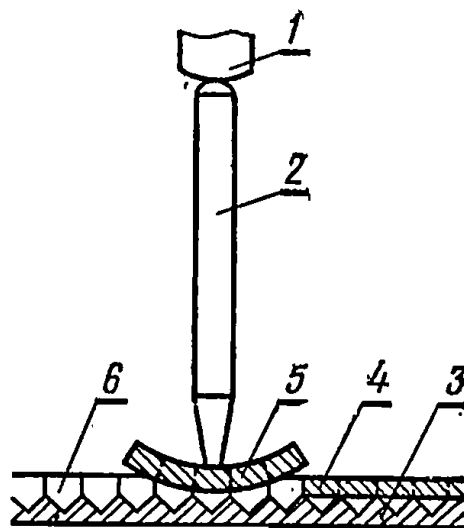


Рис. 75. Установка фигурной вставки в паз на тонкостенной детали:

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/м², 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) $120 \cdot 10^{-5}$ м³/с.

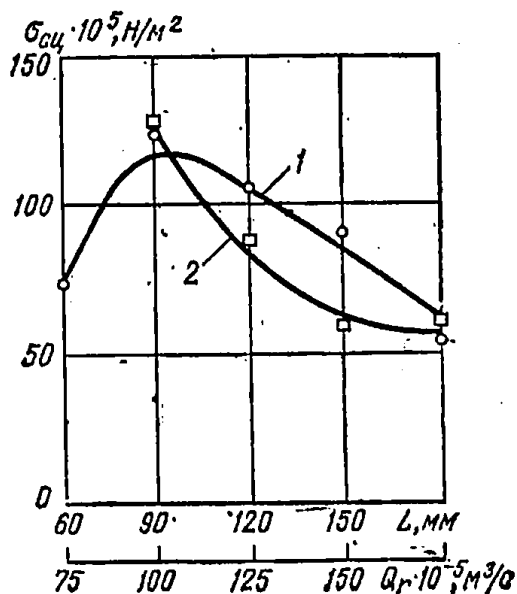


Рис. 76. Зависимость прочности сцепления от расстояния напыления и расхода плазмообразующего газа:

1 — от расстояния (при $Q_r = 120 \cdot 10^{-5}$ м³/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 МН/м^2), прочность при сжатии (13 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.

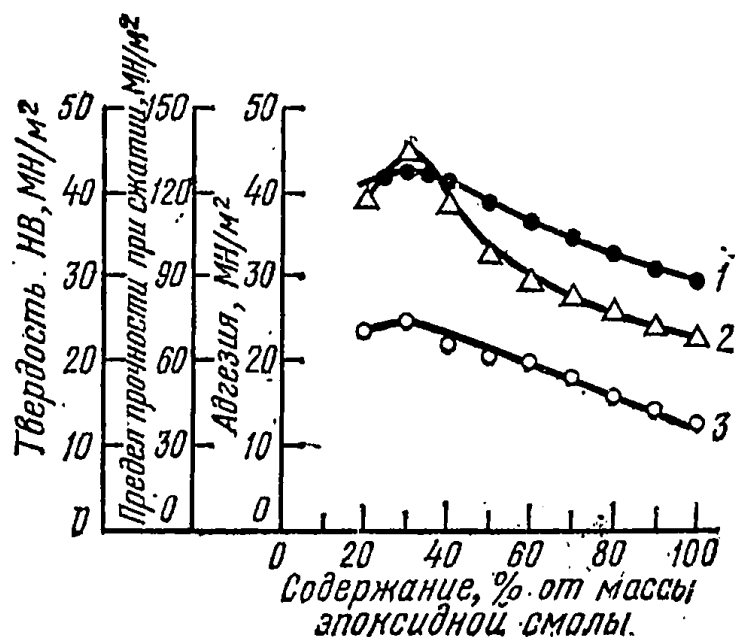
Адгезионная прочность зависит от температуры и времени полимеризации компаундов. Резкое структурирование с увеличением адгезионной прочности до максимального значения происходит при 150°C и выдержке 1 ч.

Наилучшей адгезией к чугунной поверхности обладает вышеприведенный эпоксидный компаунд при ступенчатом режиме термической обработки: нагрев до 50°C и выдержка в течение 30 мин; нагрев до 100°C и выдержка в течение 1 ч; нагрев до 150°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 повторяемости 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/м² 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 хромоникелевой основе.

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

Седла предварительно охлаждают в углекислоте (-79°C) или жидком азоте (-196°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 $600\dots 650^{\circ}\text{C}$. Процесс сварки происходит при нагреве детали не ниже 500°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: $3\dots 3,6\%$ С; $3\dots 3,5$ Si; $0,5\dots 0,8$ Mn; $0,5\dots 0,8\%$ P; $0,08\%$ S; $0,05$ Cr; $0,3$ Ni). Диаметр прутка $8\dots 12$ мм. В качестве флюса применяют мелко толченую 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.

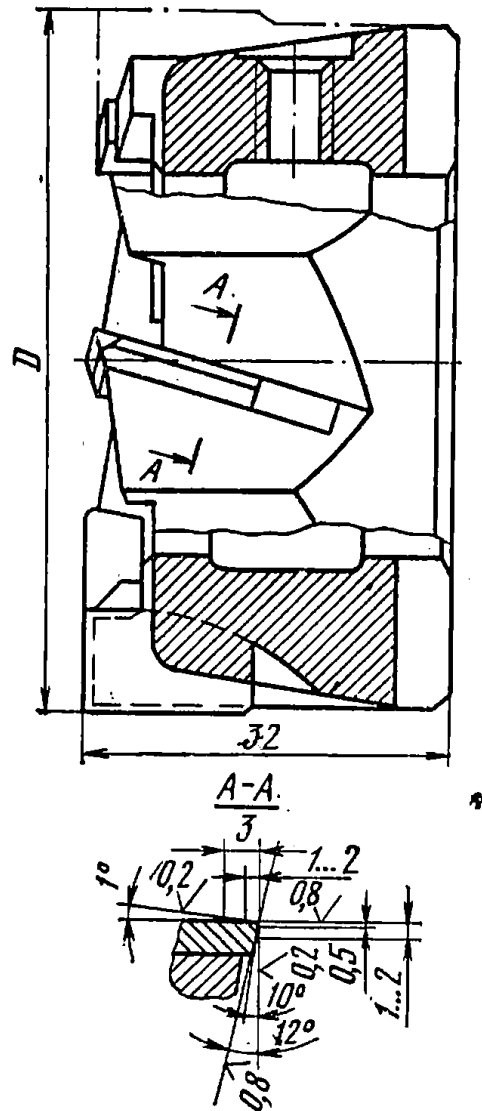


Рис. 78. Зенкер для обработки отверстия под седло клапана.

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/м²; предел текучести до 350 МН/м², 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 перемышках 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/м² 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 перемышки (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, оснащенный пластинкой из твердого сплава ВК8. Режим обработки: скорость резания 20 м/мин; подача 0,2 мм/об; глубина ре-

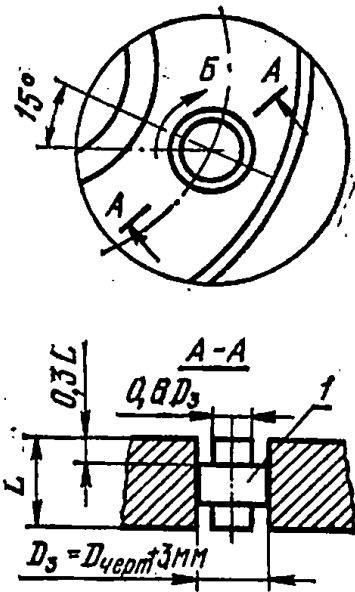


Рис. 79. Схема установки и обварки пробок:

1 — пробка; Б — начало и направление сварки.

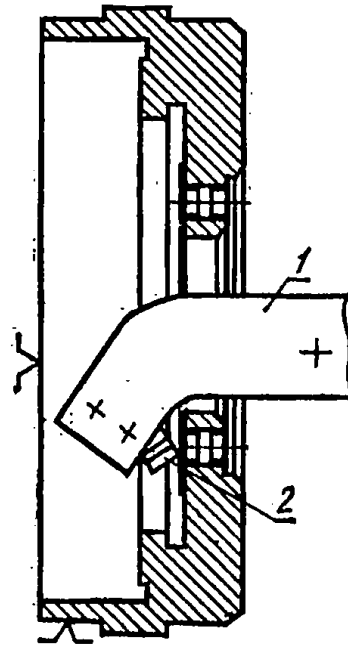


Рис. 80. Схема обработки выступающих сварочных швов со стороны закрытого торца:

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 алюминида 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°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 (B_2O_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 $1040\text{...}1050^{\circ}\text{C}$.

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:

$(50\text{...}60) \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$ — наружные слои чугунной гильзы;

$(40\text{...}60) \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$ — рабочая поверхность слоя сплава.

Снизить напряжения можно путем высокотемпературного отпуска. Лучшие результаты дает отпуск на следующем режиме: нагрев детали до 550°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...

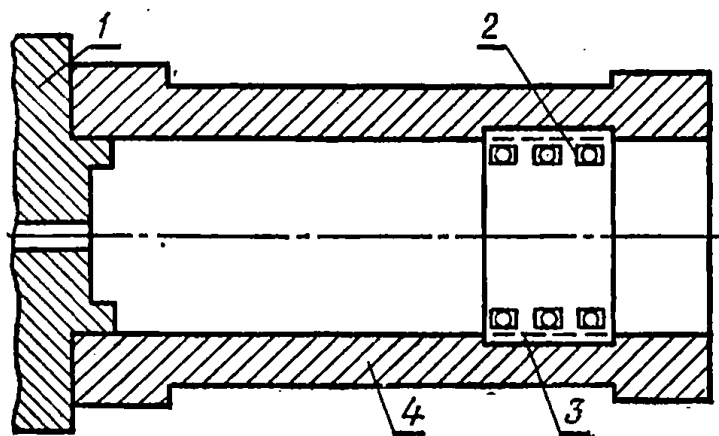


Рис. 81. Схема индукционной центробежной наплавки гильз цилиндров:

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/м² в течение 45 с.
8. Хромирование гильз цилиндров в электролите следующего состава, кг/м³: хромовый ангидрид — 400; углекислый кальций — 65; сернокислый кобальт — 20. Режим электролиза: катодная плотность тока 8...12 кА/м², температура электролита 18...25° С, 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° С в течение 1...1,5 ч.
11. Механическая обработка. Рекомендуемый 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/м³: CrO_3 —400, $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ —20, 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-

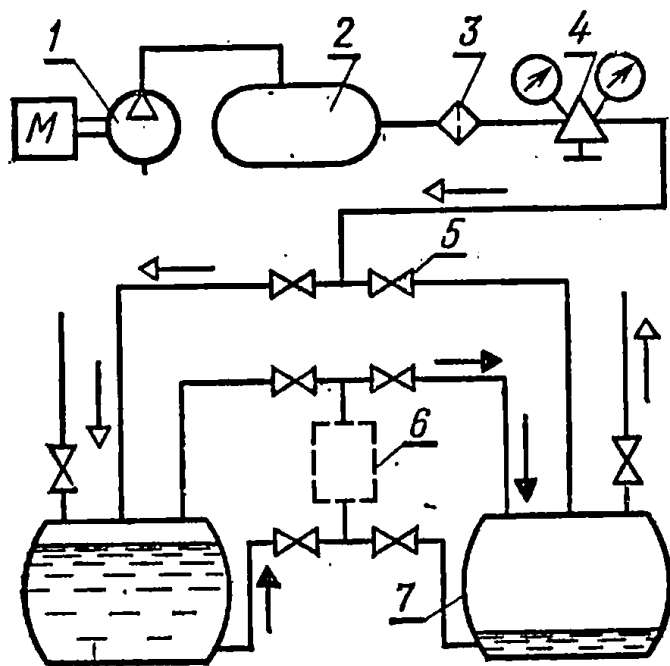


Рис. 82. Схема установки для проточного хромирования деталей:

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

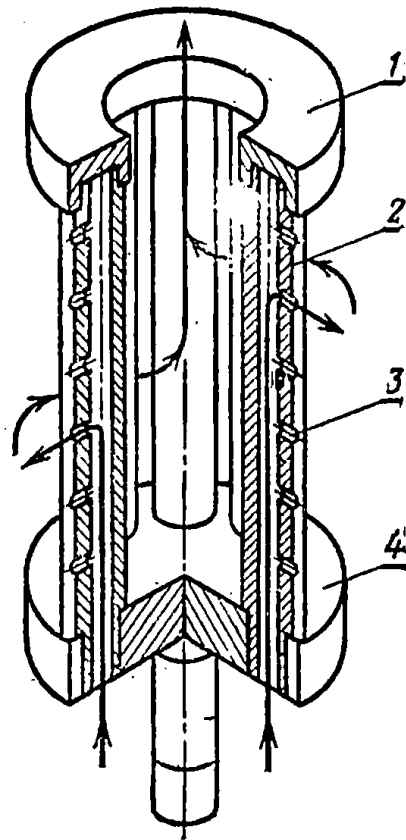


Рис. 83. Схема анода для проточного хромирования внутренних поверхностей деталей:

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

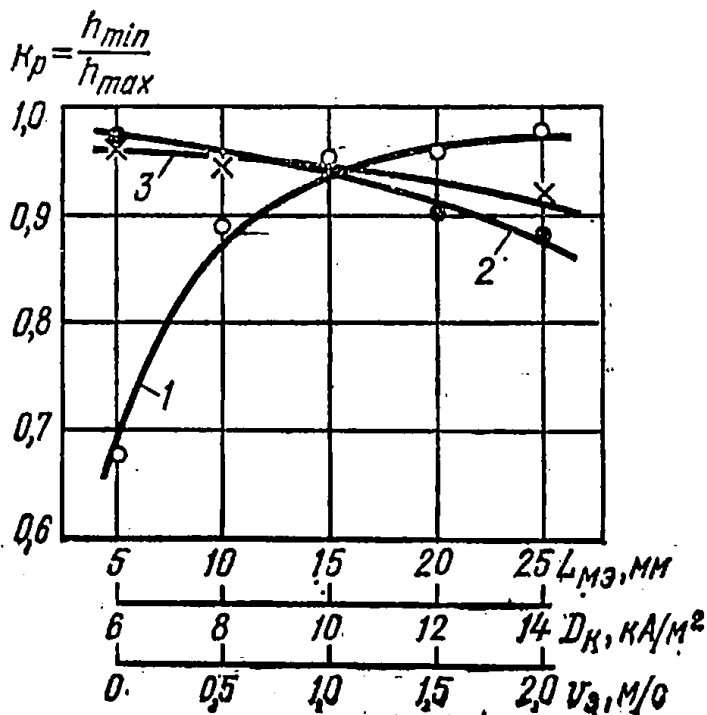


Рис. 84. Зависимость равномерности осадков хрома по окружности цилиндра от межэлектродного расстояния (1), катодной плотности тока (2) и скорости движения электролита (3). Условия электролиза:

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

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/м² скорость осаждения хрома μ 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 CrO_3 и посторонними анионами.

Наиболее гладкие осадки хрома высокой равномерности получают при следующих режимах электролиза: $D_k = 10...14$ кА/м²; $T = 18...20^\circ\text{C}$; $L_{ма} = 15...20$ 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/м². С повышением плотности тока микротвердость осадков хрома увеличивается от 7200 МН/м² при $D_k = 6$ кА/м² до 8700 МН/м² при $D_k = 16$ кА/м². С увеличением температуры электролита от 15 до 30°С микротвердость покрытий резко снижается (от 9200 до 8000 МН/м²), дальнейшее увеличение температуры до 40°С уменьшает микротвердость до 7000 МН/м².

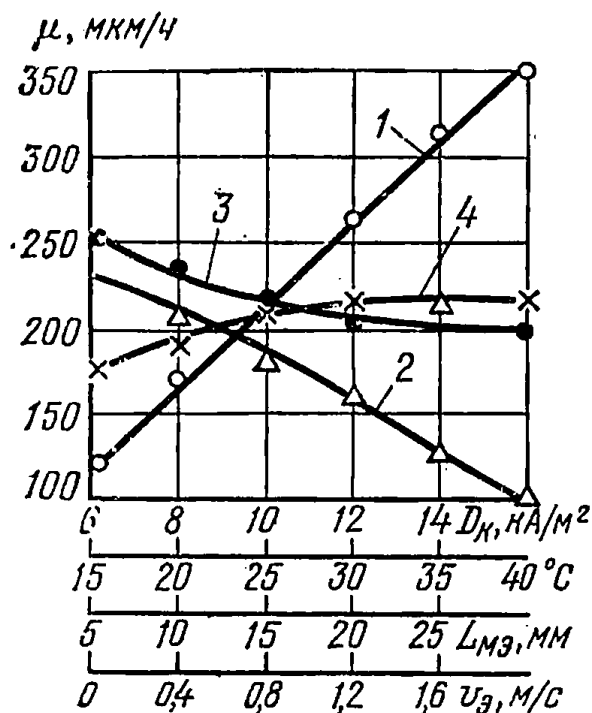


Рис. 85. Зависимость скорости осаждения хрома от катодной плотности тока (1), температуры электролита (2), межэлектродного расстояния (3) и скорости движения электролита (4). Условия электролиза:

$D_k = 10 \text{ кА/м}^2$, $T = 18^\circ \text{C}$, $L_{\text{мэ}} = 0,015 \text{ м}$,
 $v_{\text{э}} = 1,2 \text{ м/с}$.

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 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 $4...5 \text{ кА/м}^2$, продолжительность декапирования 45 с.

Режимы электролиза для осаждения осадков с максимальной износостойкостью восстановленных поверхностей деталей: плотность тока $10...12 \text{ кА/м}^2$, температура электролита $18...25^\circ \text{C}$, скорость движения электролита $1,2 \text{ м/с}$.

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

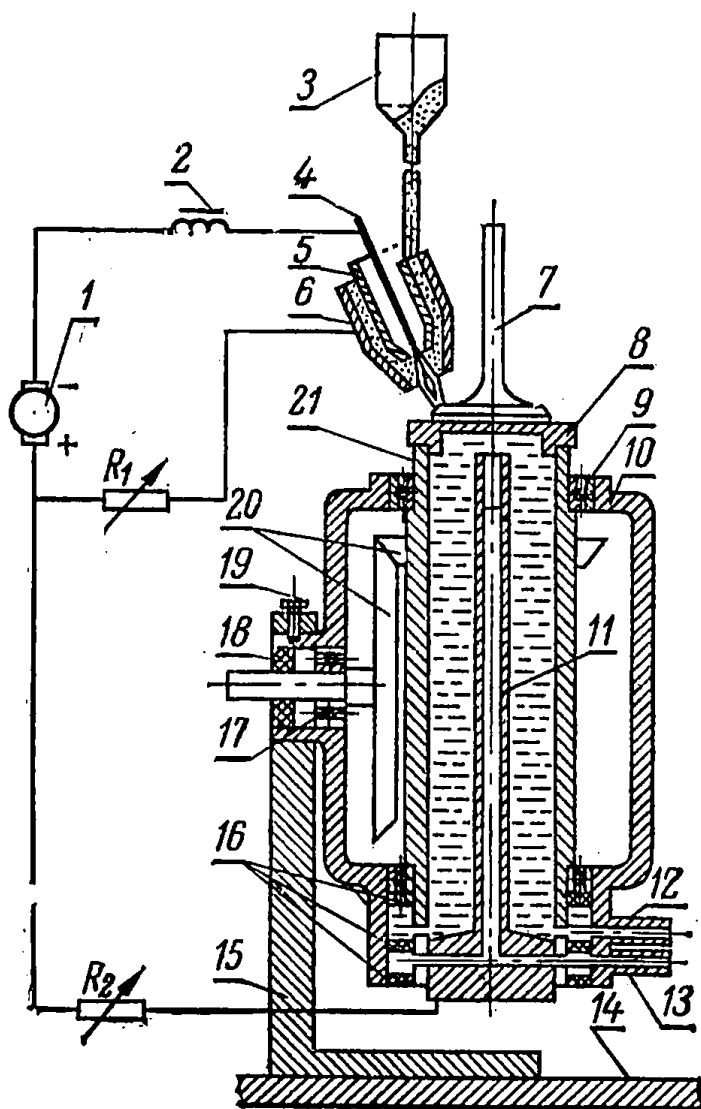
В качестве наплавочного материала используют хромоникелевые сплавы СНГН-60 и ПГ-ХН80СРЗ.

При оптимальных режимах можно наплавлять фаски клапанов без подгорания кромок с производительностью W порядка 35...36 см²/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 ЦОКТЬ.

Рис. 86. Схема установки для плазменной наплавки клапанов:

1 — источник питания; 2 — дроссель; 3 — порошок питатель; 4 — вольфрамовый электрод; 5 — внутреннее сопло; 6 — защитное сопло; 7 — клапан; 8 — медная форма; 9 — подшипники; 10 — корпус установки; 11 — водопроводящая 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. Вращающаяся пламя многосопловой горелки (рис. 87) равномерно разогревает напыляемую поверхность до 500°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

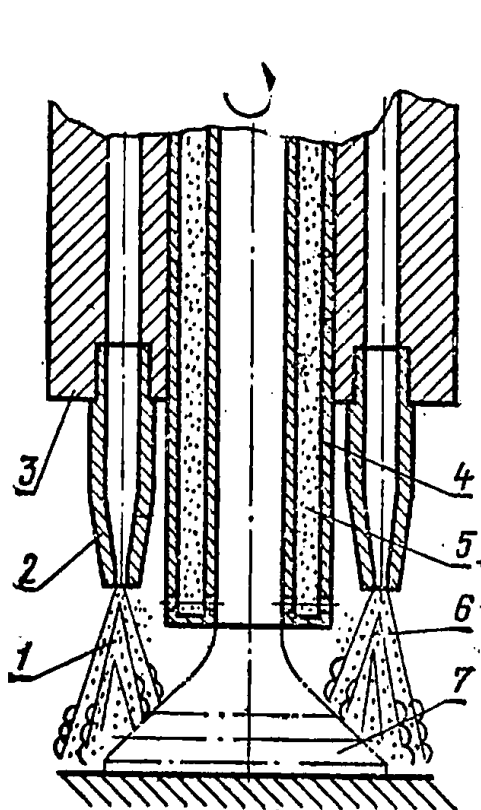


Рис. 87. Устройство роторной горелки:

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

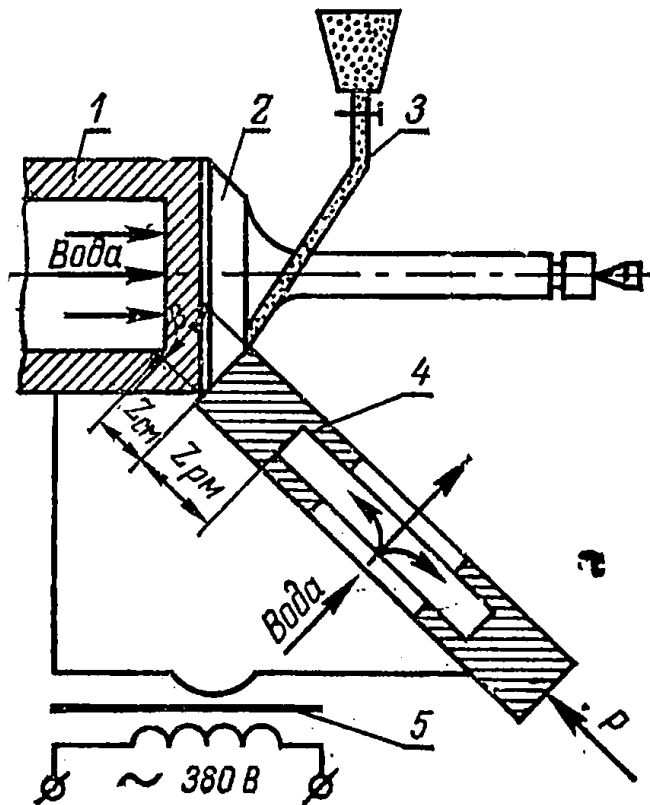


Рис. 88. Схема электроконтактного напекания порошка с одним цилиндрическим роликом:

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 А/см²). 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: Cr=21,86%, Ni=78,6%, Fe=0,1%, Ti=0,06%, C=0,04%, Si=0,04%, Mn=0,01%, S=0,005%, Ca=0,015%.

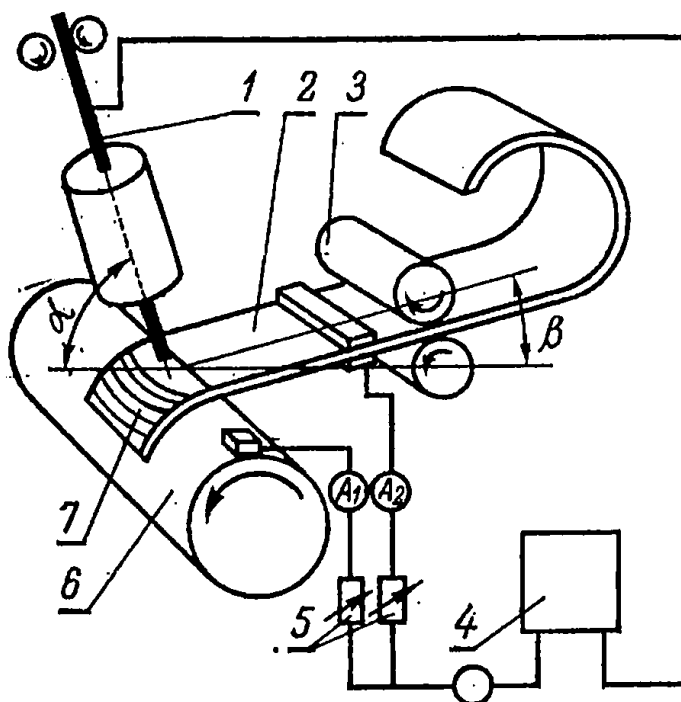
Оптимальный режим процесса: скорость напекания $v=0,003$ м/с, усилие на ролик $P=700$ Н. Напряжение холостого хода трансформатора $U_{хх}=3,1$ В, время напекания $t_{н}=0,09$ с, время паузы $t_{п}=0,13$ с.

Прочность сцепления припеченного слоя с металлом основы составляет 250...450 МН/м², микротвердость 1200 МН/м².

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 проволочный электрод 1, совершающий колебания по ее ширине. Присадочная лента подается под углом β 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.

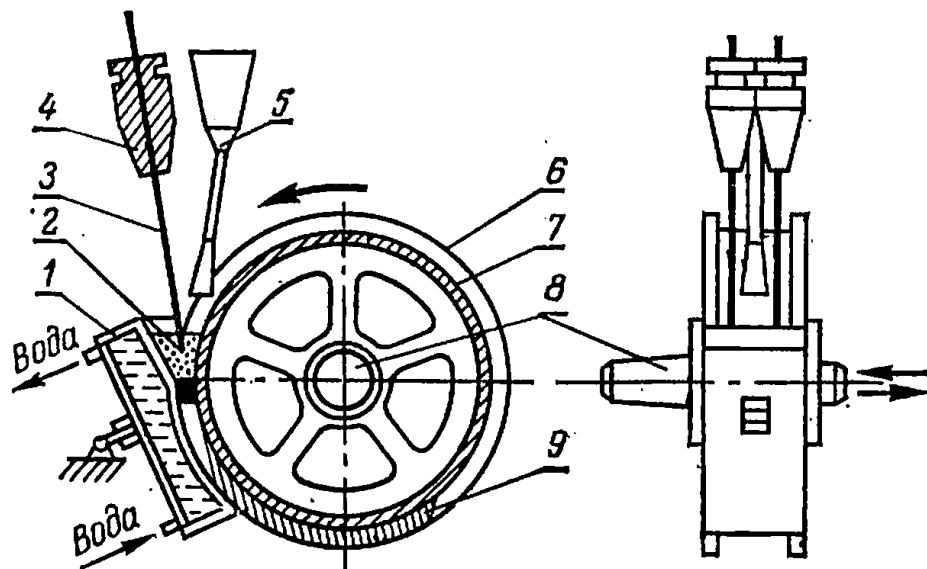


Рис. 90. Схема электрошлаковой наплавки опорных катков.

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 наплавленный 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 наплавленный 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. Ток подвод к электроду осуществляется через мундштук 4.

Соотношение наплавленного (электродного) и расплавленного (основного) металла в наплавленном слое характеризуется долей

участия основного металла в шве γ и выражается формулой

$$\gamma = \frac{F_0}{F_0 + F_H}, \quad (50)$$

где F_0 — площадь проплавленного основного металла;
 F_H — площадь наплавленного металла.

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

$$\mu_{пр} = \frac{F_0}{br}, \quad (51)$$

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; δ — 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 $h_{шв}$ 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.

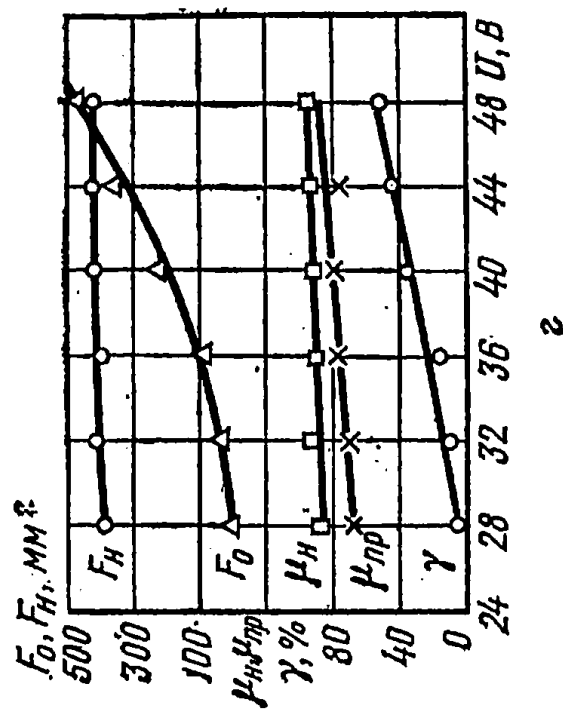
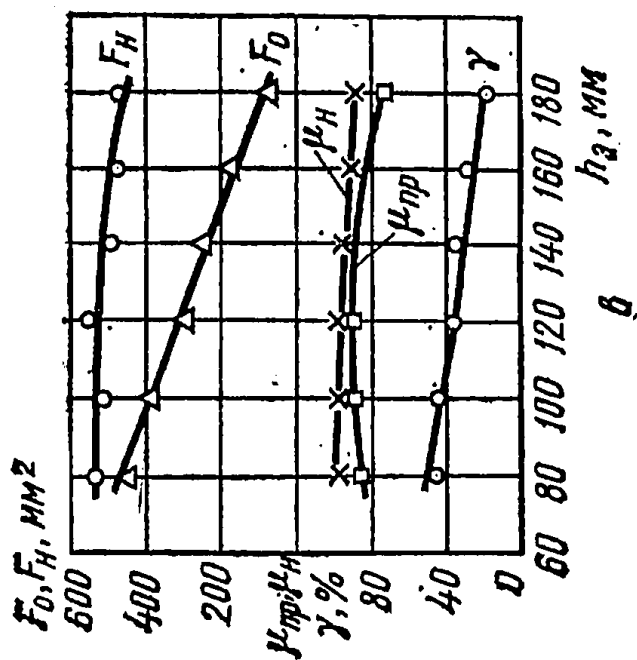
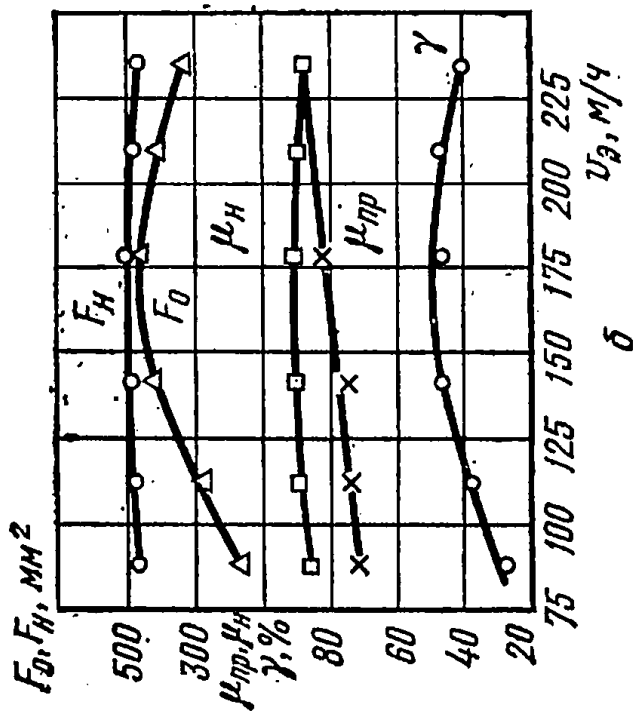


Рис. 91. Зависимость качества формованного металла от:

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 ³ /ч	2 3
расход пропана, м ³ /ч	0,9
давление кислорода, Н/м ²	$5 \cdot 10^5$
давление пропана, Н/м ²	$0,7 \cdot 10^5$

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.

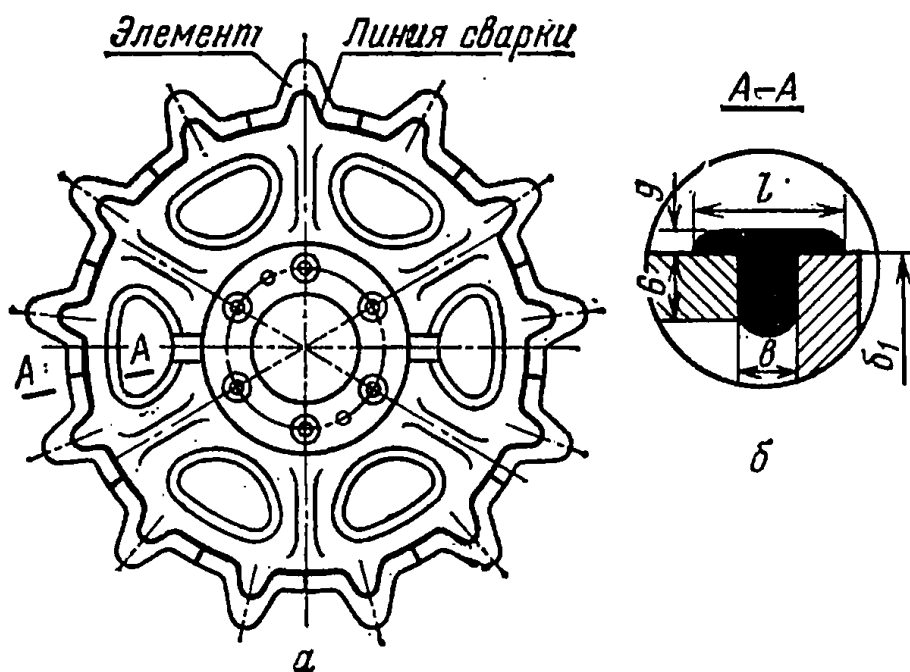


Рис. 92. Схема сварки венца ведущих колес:

a — конфигурация сварки; *b* — 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 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/м². Расход сжатого воздуха 40 м³/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.

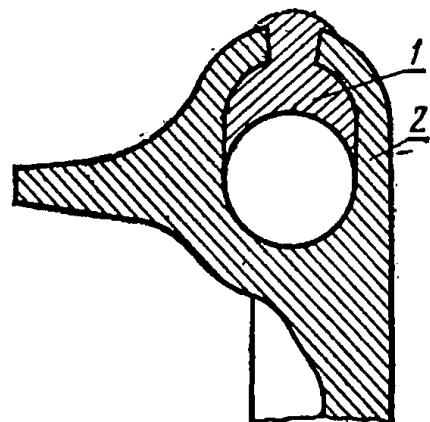


Рис. 93. Схема восстановления проушины:

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 Малоарославецким 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.

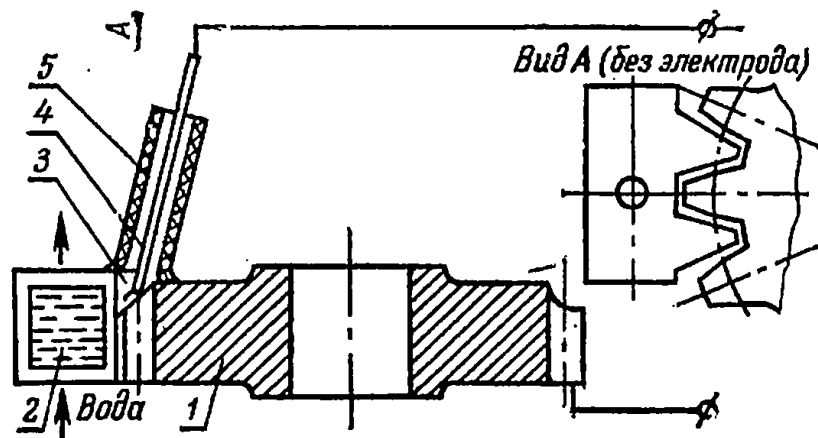


Рис. 94. Схема наплавки изношенных торцевых поверхностей зубьев шестерен:

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 сормаита, имеют большую ударную вязкость, так как структура наплавленного металла состоит из мелкоигльчатого 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°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°C , а конца обработки — 850°C .

Затем шестерни загружают в шахтную печь Ц105А, где их отжигают с температуры конца деформации до 650°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°C на глубину 0,7...1,1 мм в течение 4 ч. Затем шестерни помещают в соляную ванну, имеющую расплав соли 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 разбобовых 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.

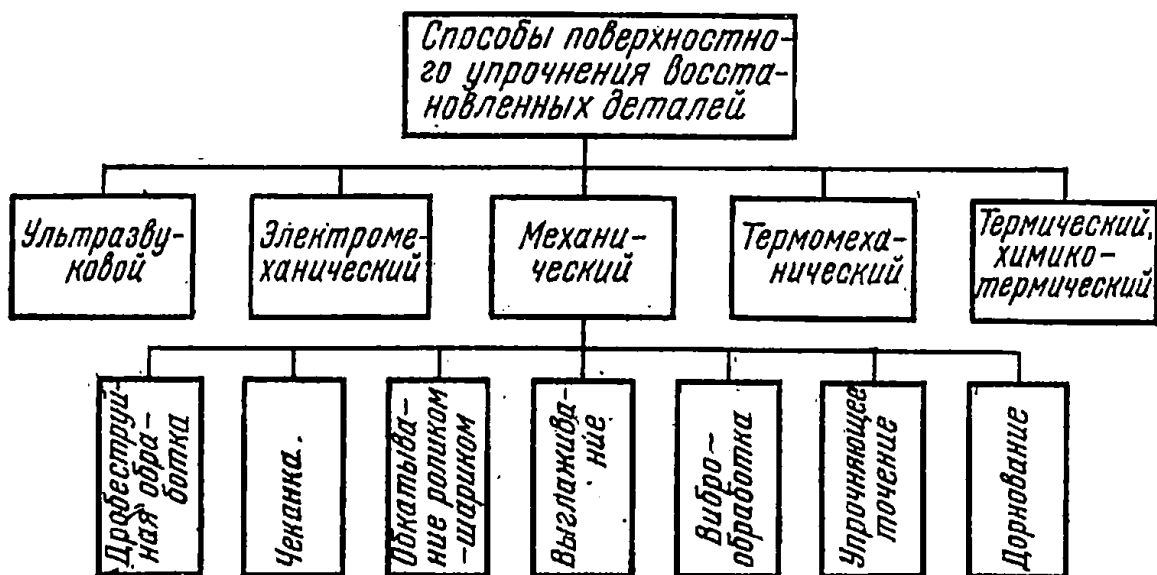


Рис. 95. Классификация способов поверхностного упрочнения восстановленных деталей.

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 ₂	Нп-30ХГСА	244	286
То же	Св-08Г2С	187	275
В аргоне (Ar)	Нп-30ХГСА	310	347
В смеси Ar+CO ₂	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)	ПП-ТН-250-0	268	332
То же	ПП-Г13Н4-0	238	414
»	ПП-У25Х17Т-0	417	570
»	ПП-3Х13Т-0	545	658
»	ПП-1Х14Т-0	511	579
»	ПП-25Х5ФМС-0	580	629
»	ПП-3Х5Г2М-0	496	599

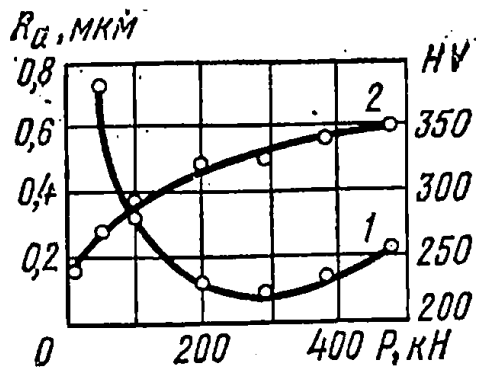


Рис. 96. Зависимость шероховатости (1) и твердости (2) поверхности детали от усилия P на шарик:

наплавка в CO_2 проволокой $Hn = 30XГСА$ $d = 20$ мм; $S = 0,2$ мм/об. Исходная шероховатость поверхности $\nabla 6$.

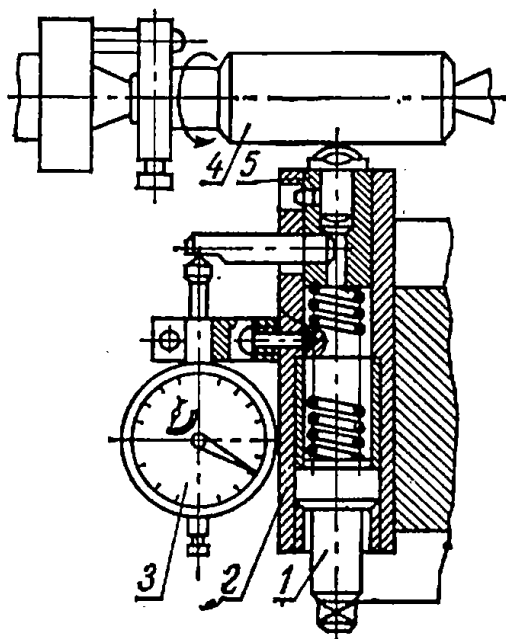


Рис. 98. Схема алмазного выглаживания пружинной державкой:

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

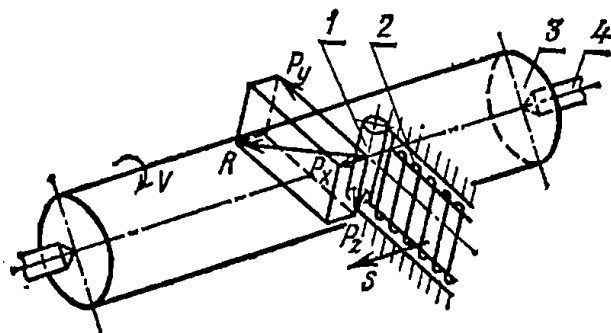


Рис. 100. Схема процесса выглаживания.

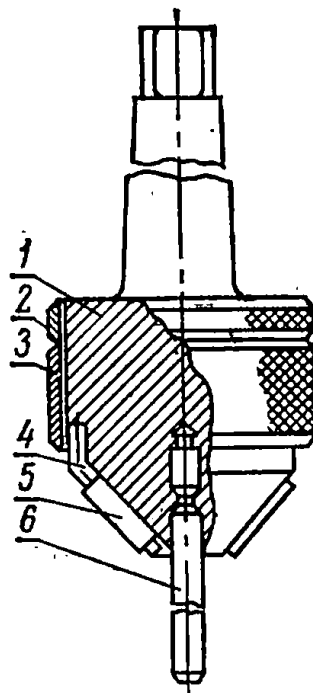


Рис. 97. Конический раскатчик для обработки фасок клапанных гнезд:

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

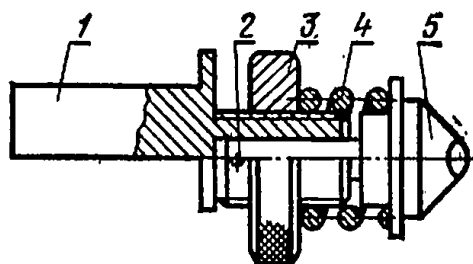


Рис. 99. Малогабаритная державка для алмазного выглаживания:

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

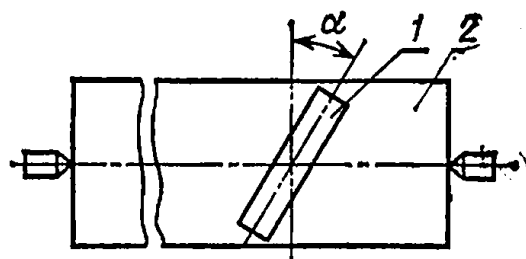


Рис. 101. Схема установки гладилки относительно детали.

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 ₂	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 ₂	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/м², 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-

тадлопокрытиями. Так, при алмазном выглаживании 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 выглаживания при помощи твердосплавных гладилок.

Схема процесса выглаживания 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 выглаживании 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 выглаживания на осциллограмме при обработке исследованных металлопокрытий получено

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

Осевая сила P_x в процессе выглаживания 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 выглаживания является радиальная сила P_y , отличающаяся от равнодействующей R лишь на 0,4 . . . 7,5%. Равнодействующая скорость выглаживания

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

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 выглаживании металлопокрытий пластическая деформация начинается, если

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

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

Глубина распространения пластической деформации в процессе выглаживания

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

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 κ , 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 вольфрамкобальтовый ВК-2, ВК-3М.

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 Ra, мкм		Микротвердость поверхности H100, ГПа		Глубина максимал- но упроченного слоя, мкм
							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
							1,4	0,2	3,4	5,7	70
Св-08	HRC 34 . . . 38	290 — 500	4,4 — 3,7	0,11	1,1 — 1,05	30 — 39	0,9	0,16	5,5	9,5	35
							1,1	0,4	4,2	7,2	35
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
							1,1	0,4	4,2	7,2	35
керамического АНК-18	HRC 40 . . . 44	510 — 590	4,4 — 3,8	0,07	0,83 — 0,73	28 — 27	0,9	0,2	3,2	7,7	35
							0,9	0,2	3,2	7,7	35
Осталивание	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
							1,4	0,1	3,1	5,1	31,5
	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.

Т а б л и ц а 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 ³	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).

Таблица 110. Режимы обработки деталей при ультразвуковом упрочнении

Параметры	Обозначение	Единица измерения	Величина
Статическое усилие прижима инструмента	$P_{ст}$	Н	400 . . . 500
Резонансная частота колебаний инструмента	f	кГц	18 . . . 24
Амплитуда колебаний инструмента	A	мкм	20 . . . 25
Скорость вращения детали	$v_{дет}$	м/с	0,9 . . . 1
Продольная подача инструмента	$S_{прод}$	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 микротвердость 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.

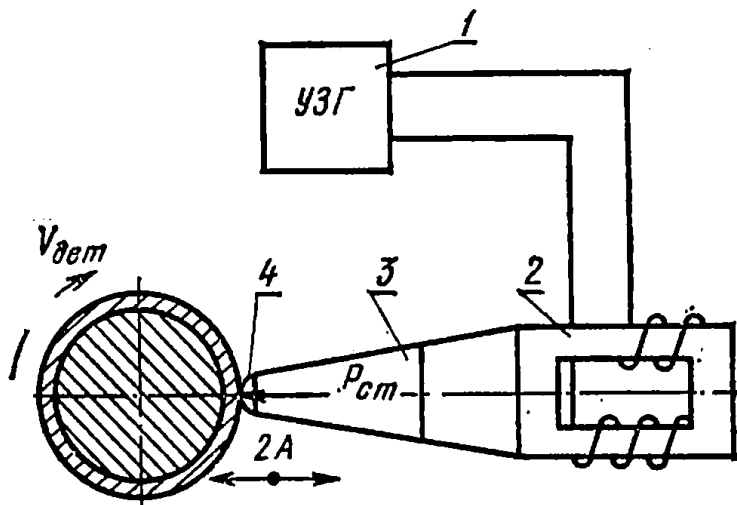


Рис. 102. Принципиальная схема ультразвуковой упрочняюще-выглаживающей обработки.

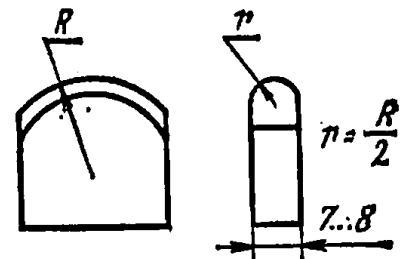


Рис. 103. Выглаживающая пластина.

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 β	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 шероховатости α	Коэффициент неоднородности обработки R	Радиус скругления впадин микронеровностей r'
Износостойкость	++++	++++	++++	+++	++++	++++	++	++	++	+	+++	++	++	++	+
Коэффициент трения	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	++	++	++	++	++	+
Усталостная прочность	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	++	++	++	++	++	+
Качество посадки	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	++	++	++	++	++	+
Коррозионная стойкость	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	++	++	++	++	++	+
Обтекаемость газами	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	++	++	++	++	++	+
Пылеудаляемость	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	++	++	++	++	++	+
Прочность и качество гальванических покрытий	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	++	++	++	++	++	+
Контактная жесткость	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	++	++	++	++	++	+
Отражаемость световых и других лучей	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	++	++	++	++	++	+
Теплоотражение	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	++	++	++	++	++	+
Свойства тонких пленок	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	++	++	++	++	++	+
Сопротивление схватыванию	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	++	++	++	++	++	+
Гидроплотность	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++	++	++	++	++	++	++	++	+


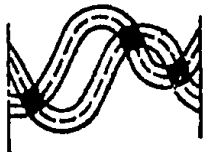
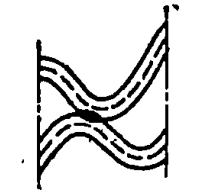
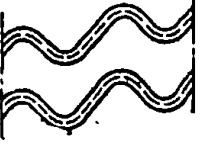
Эффективным средством улучшения эксплуатационных свойств восстановленных деталей является оптимизация микрорельефа виброобкатыванием.

Такие характеристики, как форма микронеровностей, определяемая величиной радиусов скругления выступов r и впадин r' и углом наклона их образующих β , 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' , β , $F_{оп}$, 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;

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

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

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

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

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;

$$i = \frac{n_3}{n_{\text{дв.х}}}.$$

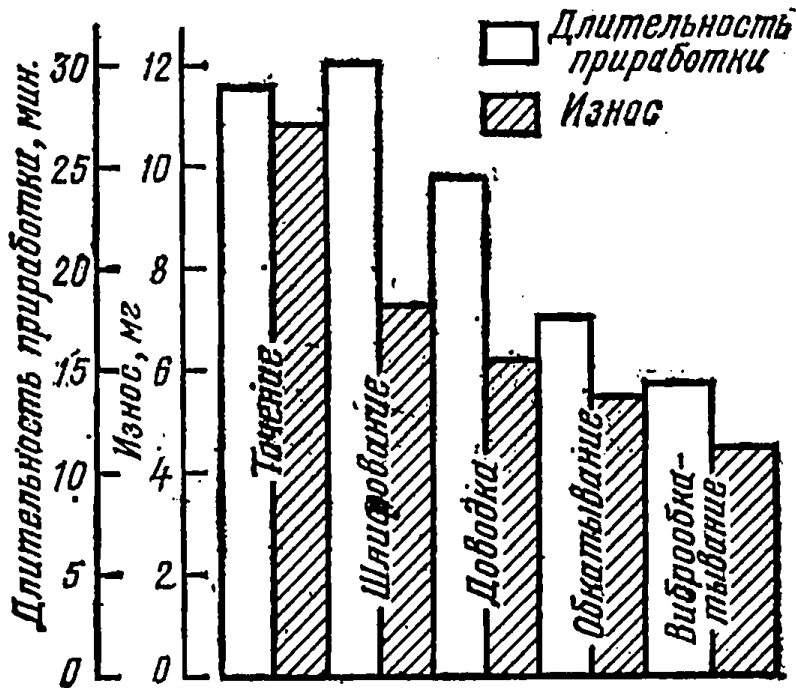


Рис. 104. Диаграмма зависимости длительности приработки и прирабочного износа от вида обработки трущихся поверхностей.

Количество выступов (пятен контакта), приходящихся на квадрат площадью 25×25 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;

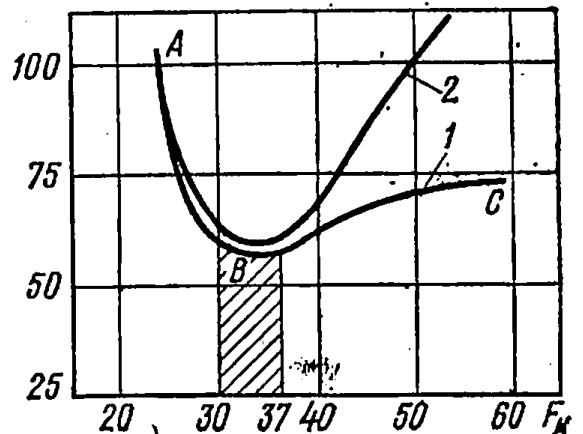
образование микрорельефов с радиусами выступов и впадин в сотни раз большими, чем при точении, шлифовании и доводке;

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, закалки, нормализации и отжига сталей

Марка стали	Нормализация	Закалка	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 закалки 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 закалке сталей, содержащих 0,35...0,7% углерода (табл. 114). Пламенная поверхностная закалка 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 закалка 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 . .	10^8	10^6	10^5	10^4	$2 \cdot 10^3$	$0,5 \cdot 10^3$
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 закалке можно приближенно определить по цветам каления (табл. 116). Более точно температуру определяют пирометром. Чугунные и стальные детали для повышения прочности и износостойкости подвергают закалке с последующим отпуском.

От 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 закалки.

Таблица 114. Режимы пламенной поверхностной закалки сталей

Марка стали	Температура закалки, °С	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
55П1	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 _{C1} (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.

Таблица 116. Цвет закаливания

Цвет закаливания	Температура детали, °C	Цвет закаливания	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 износостойчивости. 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.

Ц и а н и р о в а н и е — 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 τ глубина слоя h , насыщенного углеродом и азотом, при цианировании может достигать следующих значений:

τ , 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
τ , 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.

А з о т и р о в а н и е — 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.

А л и т и р о в а н и е — 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).

Х р о м и р о в а н и е — процесс поверхностного насыщения стальных деталей хромом для повышения коррозионной стойкости, ока-

линоустойкости, 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 CrCl_2 и CrCl_3 , для жидкого хромирования — BaCl_2 , CaCl_2 или MgCl_2 , к которым добавляют 15...30% CrCl_2 или феррохром. Для получения слоя 0,05...0,15 мм хромирование ведут в твердых порошках (1100°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 стойкости и износостойкости. Для силицирования в твердых порошках применяют ферросилиций, карбид кремния или их смеси с добавкой 2...5% NH_4Cl . Для газового силицирования используют тот же состав, но через смесь пропускают хлор для образования SiCl_4 . Силицирование в твердых порошках длится 2...24 ч для получения слоя 0,02...0,8 мм (1150°C). Газовое силицирование длится 2...5 ч для получения слоя 0,3...0,9 мм (980°C).

Б о р и р о в а н и е — поверхностное насыщение бором для повышения твердости, износостойкости и коррозионной стойкости. Различают два вида борирования. Борирование при электролизе расплавленной буры (деталь служит катодом; плотность тока 0,1...0,2 А/см²) и жидкое борирование: а) 78% BaCl_2 + 22% 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 стойкости на истирание. Процесс протекает в расплавленных слоях: а) состав нейтральной части ванны: 45% KCl + 55% Na_2SO_4 ; состав активной части ванны: 2% NaCNS + 6% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$; б) 80% $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ + 20% 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 σ_{-1} , кг/мм ²	
	после наплавки	после наплавки и закалки
Углекислый газ (CO ₂)	17	40
Аргон (Ar)	24	49
Раздельные струи Ar+CO ₂	25	48
Смесь Ar+12% CO ₂	22	46
Смесь Ar+3% O ₂	21	49

Предел усталостной прочности σ_{-1} для эталонных образцов, изготовленных из стали 45, составляет в нормализованном состоянии 26,5...26,6 кг/мм² и в закаленном с нагревом т. в. ч. состоянии — 51...52 кг/мм². Закалка с нагревом т. в. ч. аналогичных образцов, наплавленных вибрирующим электродом в среде охлаждающей жид-

кости, повышает их усталостную прочность с 8,28 кг/мм² до 47,3 кг/мм² 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.

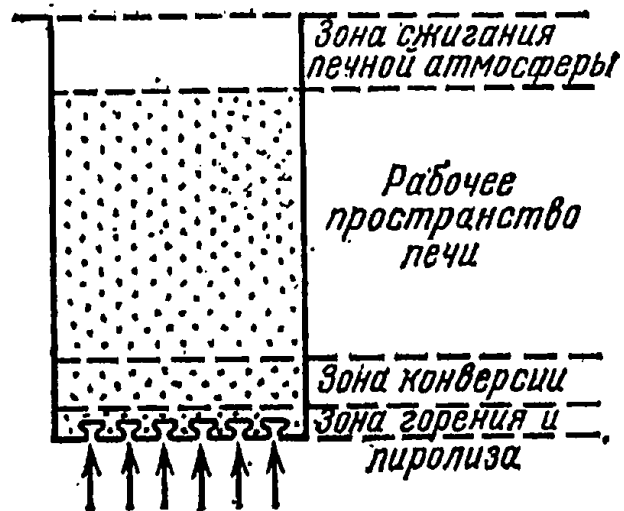
Нитроцементация позволяет получить глубокие диффузионные слои с оптимальным поверхностным содержанием в них углерода и азота при кратковременной выдержке деталей в печи (табл. 122).

Т а б л и ц а 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, %
20X	870	1,5	1,5	0,25	0,82	0,75...0,82	7
25XIM	870	1,5	1,5	0,2	0,75	0,81...0,87	6
25XГТ	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 ($t_n = 870^\circ \text{C}$, $\alpha = 0,31$, $\alpha_{\text{кат}} = 0,2...0,3$ 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 осталиваем 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).

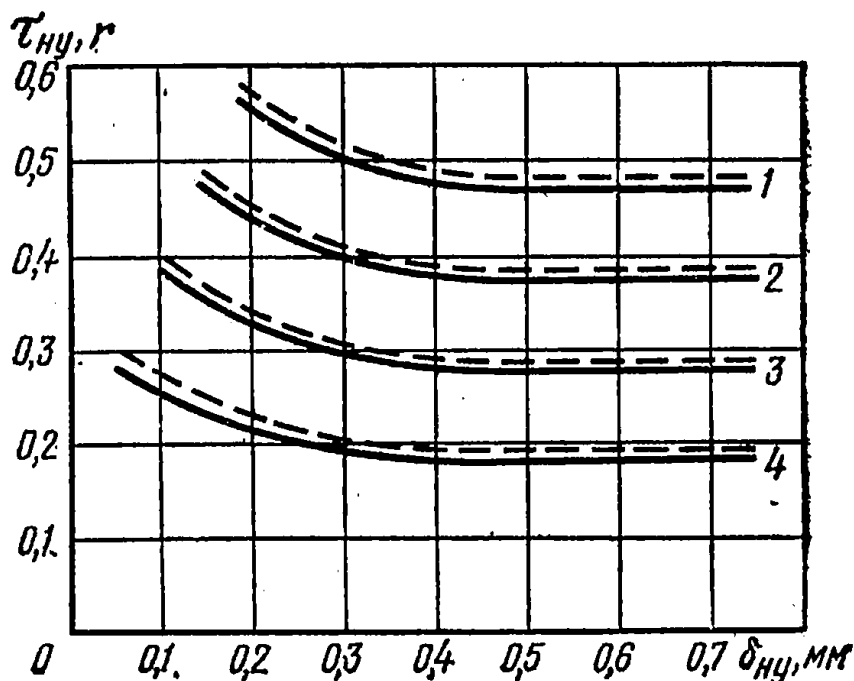


Рис. 107. Зависимость продолжительности процесса насыщения восстанавливаемых деталей от глубины гальванопокрытия и толщины нитроцементированного слоя для режима:

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

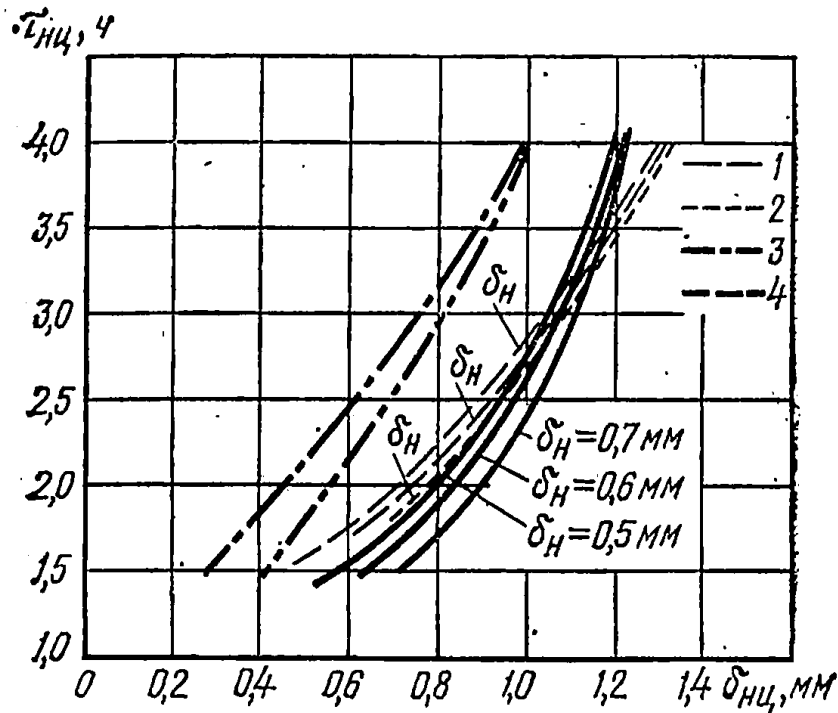


Рис. 108. Зависимость продолжительности процесса насыщения новых (3 и 4) и восстановленных (1 и 2) деталей от глубины нитроцементированного слоя $\delta_{нц}$ и толщины наплавленного металлопокрытия $\delta_{н}$ для режима:
1 и 3 — одноступенчатого; 2 и 4 — двухступенчатого.

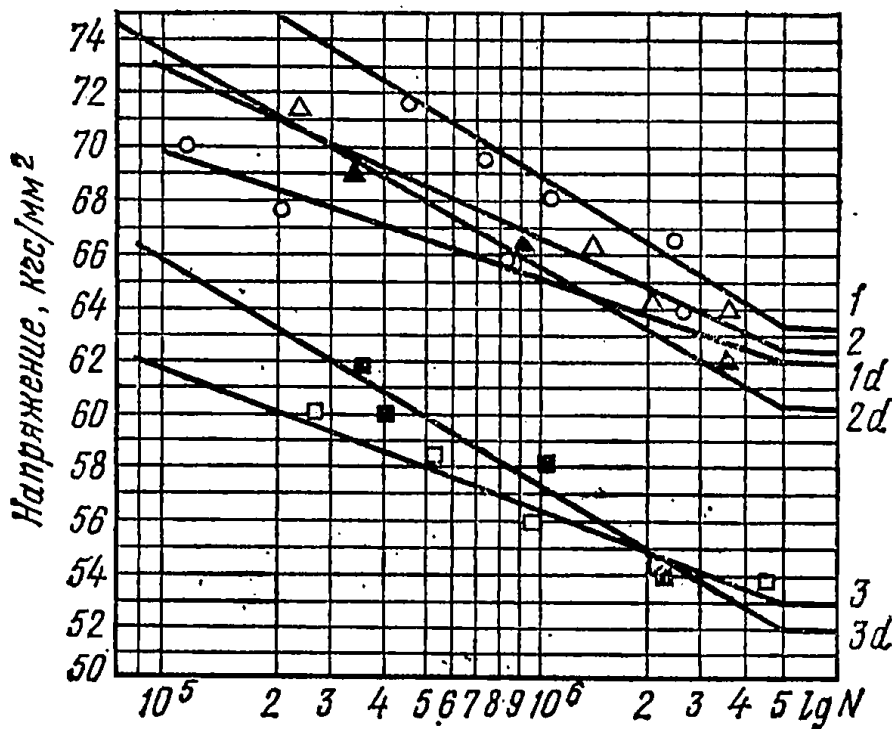
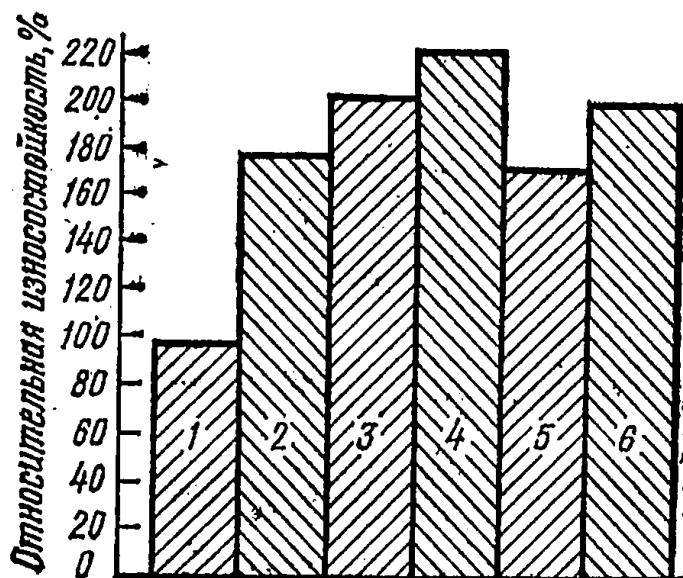


Рис. 109. Кривые выносливости:

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. ч. (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 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/мм².

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/мм² 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/мм².

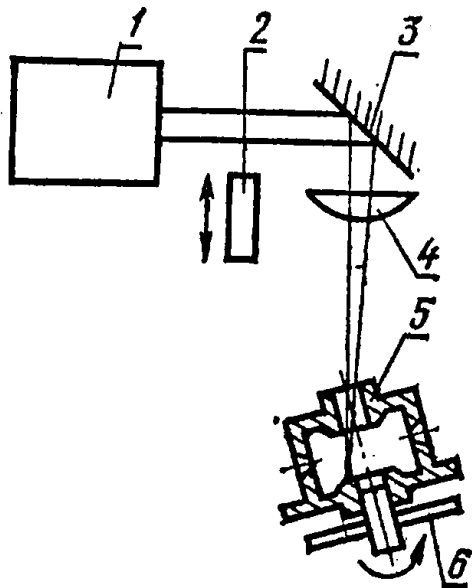


Рис. 111. Схема обработки детали газовым лазером на CO_2 :

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

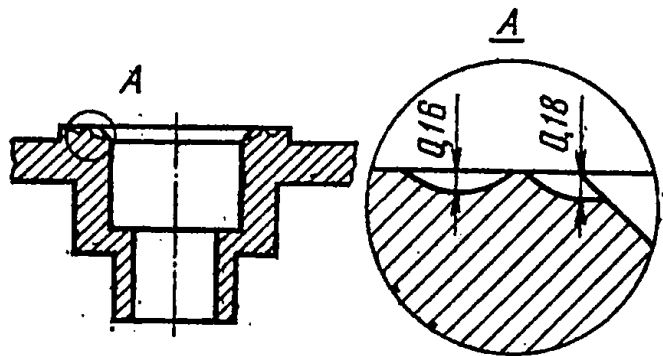


Рис. 112. Поперечное сечение обработанной опорной поверхности.

Оптимальный режим обработки достигается при плотности мощности лазерного излучения $(7...8,5) \cdot 10^3$ Вт/см²; максимальная твердость феррита 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 поводок 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

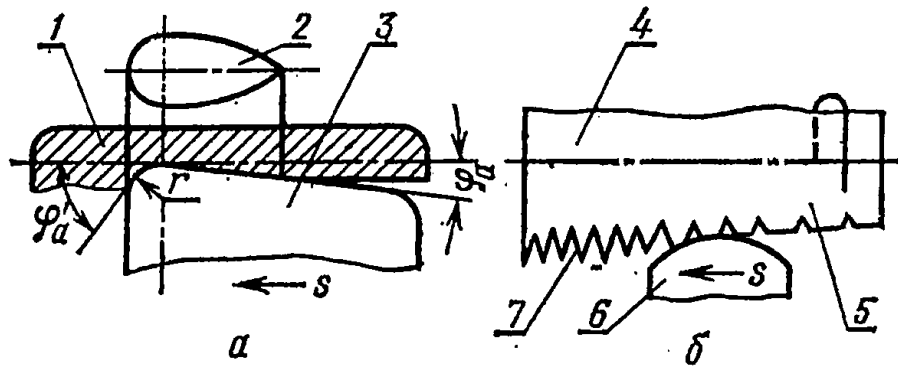


Рис. 113. Образование каплевидного отпечатка (а) и схема сглаживания исходных микронеровностей (б).

деформируются и сглаживаются, при этом поверхностный слой упрочняется. Режимы электромеханической обработки является: 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 φ_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-

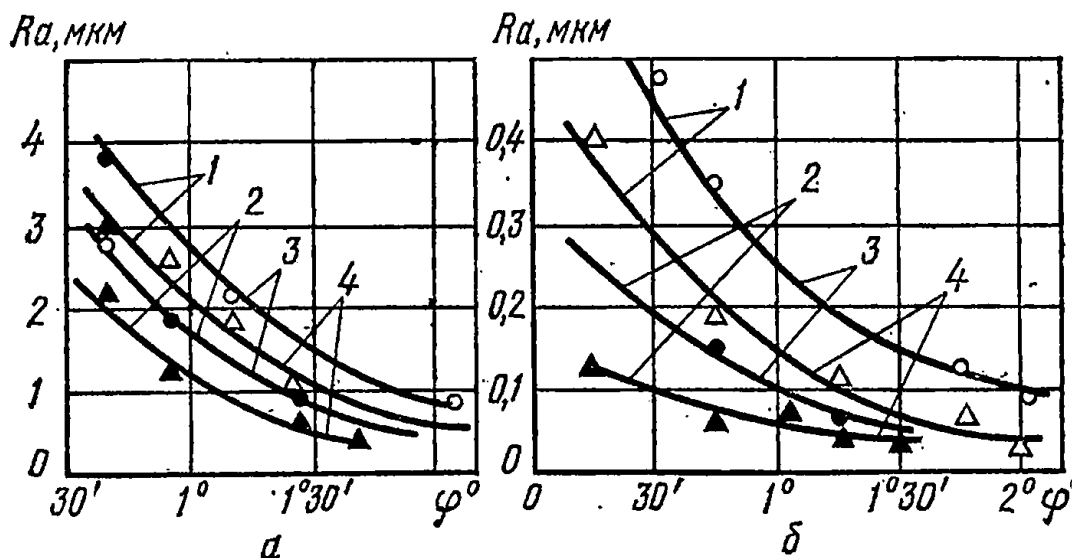


Рис. 114. Влияние геометрии деформирующего ролика на шероховатость поверхности при электромеханической обработке; предварительная обработка — точение:

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

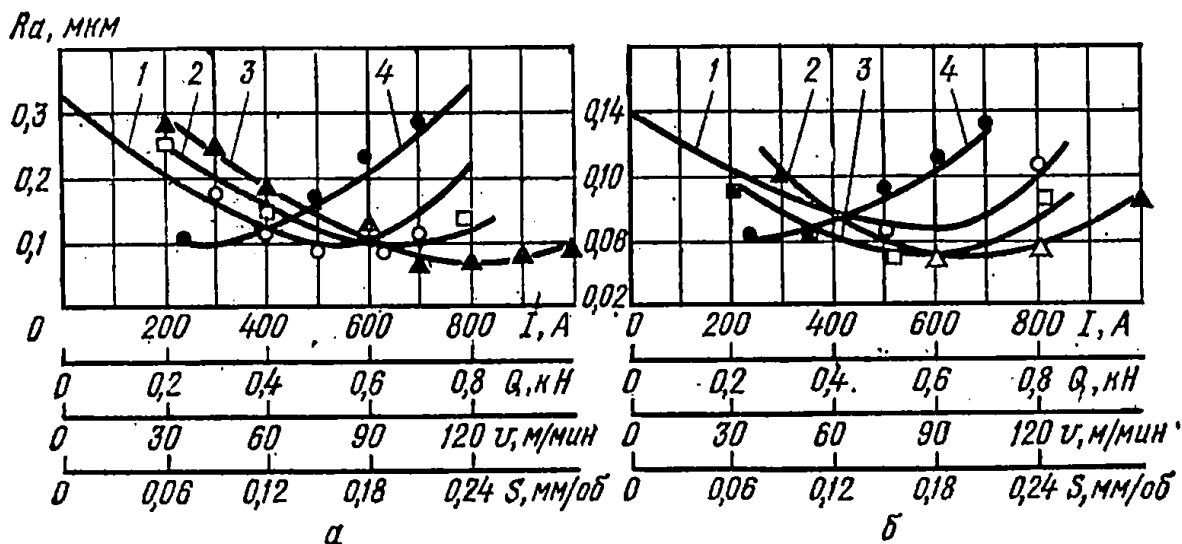


Рис. 115. Влияние режимов электромеханической обработки на шероховатость поверхности; предварительная обработка — точение:

$a - Ra_{\text{пр}} = 8 \text{ мкм}$; $b - Ra_{\text{пр}} = 1,3 \text{ мкм}$; 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 P18 (HRC 62...64), доводят алмазной пастой на деревянном

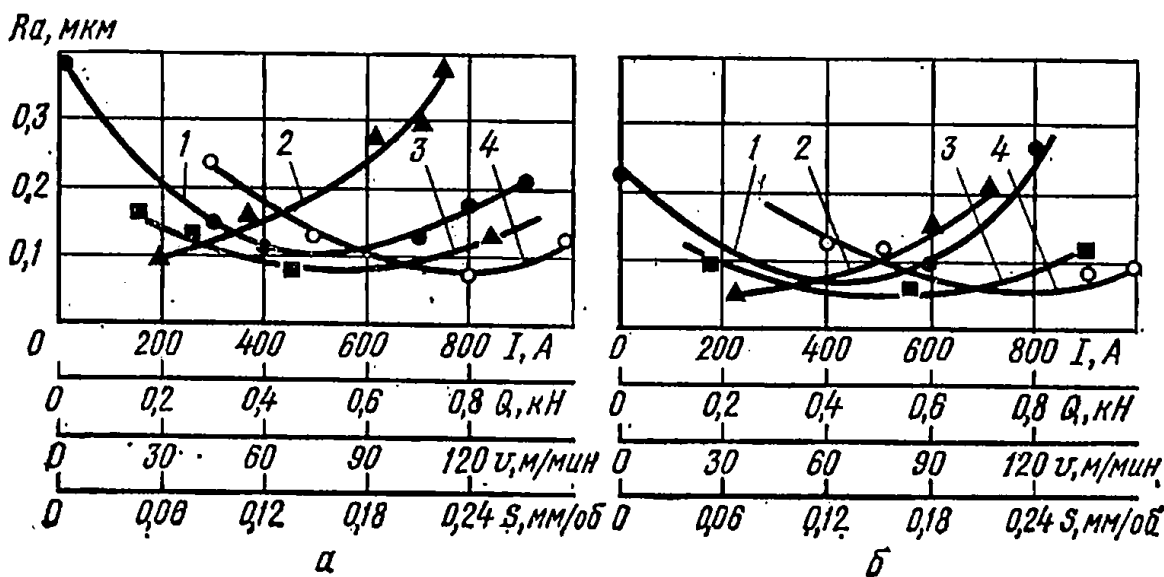


Рис. 116. Влияние режимов электромеханической обработки на шероховатость поверхности; предварительная обработка — круглое шлифование периферией абразивного круга:

$a - Ra_{\text{пр}} = 2,2 \text{ мкм}$; $b - Ra_{\text{пр}} = 0,9 \text{ мкм}$; 1 — $f(I)$; 2 — $f(v)$; 3 — $f(Q)$; 4 — $f(S)$.

притире до $R_a = 0,1...0,04$ 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 $R_a = 0,05...0,16$ 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

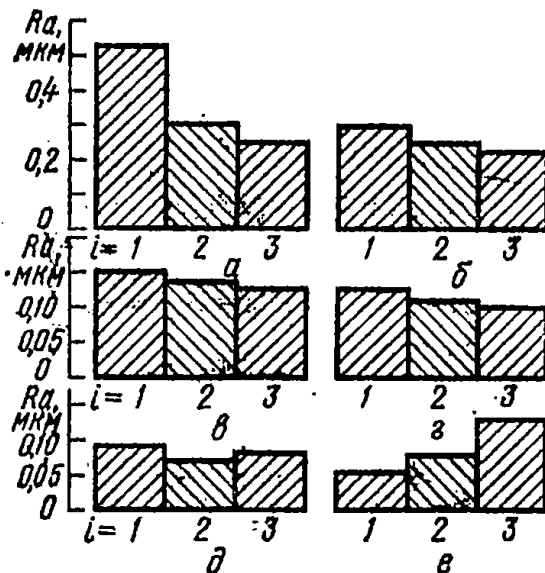


Рис. 117. Зависимость шероховатости поверхности от числа рабочих ходов инструмента при электромеханической обработке ($I=500$ А; $v=40$ м/мин; $S=0,07$ мм/об; $r=1,2$ мм; $\varphi_a=1030$):

$a - Ra_{\text{пр}}=8$ мкм; $Q=0,3$ кН; $b - Ra_{\text{пр}}=1,8$ мкм; $Q=0,3$ кН; $c - Ra_{\text{пр}}=8$ мкм; $Q=0,8$ кН; d, e — предварительная обработка кругов-шлифование; $Ra_{\text{пр}}=0,7$ 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 (V 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 $I_{\text{св}}$ 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

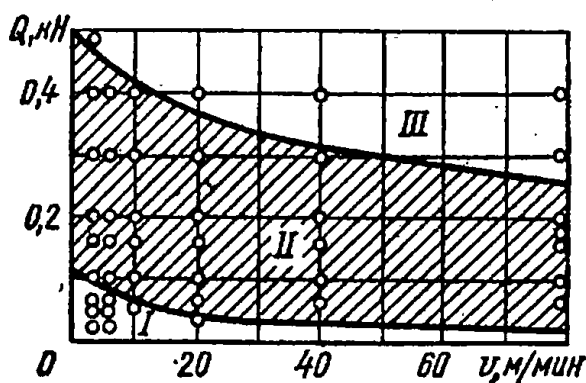


Рис. 118. Влияние давления Q и окружной скорости v на качество поверхности. Наплавка проволокой Нп-30ХГСА в CO_2 ; режим ЭМУ:

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

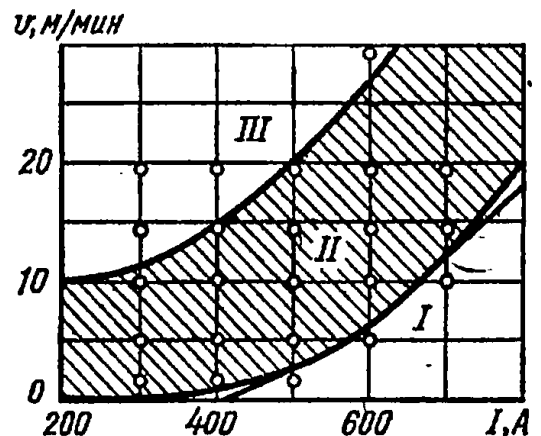


Рис. 119. Влияние силы тока I и окружной скорости v на качество поверхности. Наплавка проволокой Нп-30ХГСА в CO_2 ; режим $Q=50$ кН; $R=10$ мм; $r=5$ мм; $S=0,2$ мм/об; $n=1$.

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-

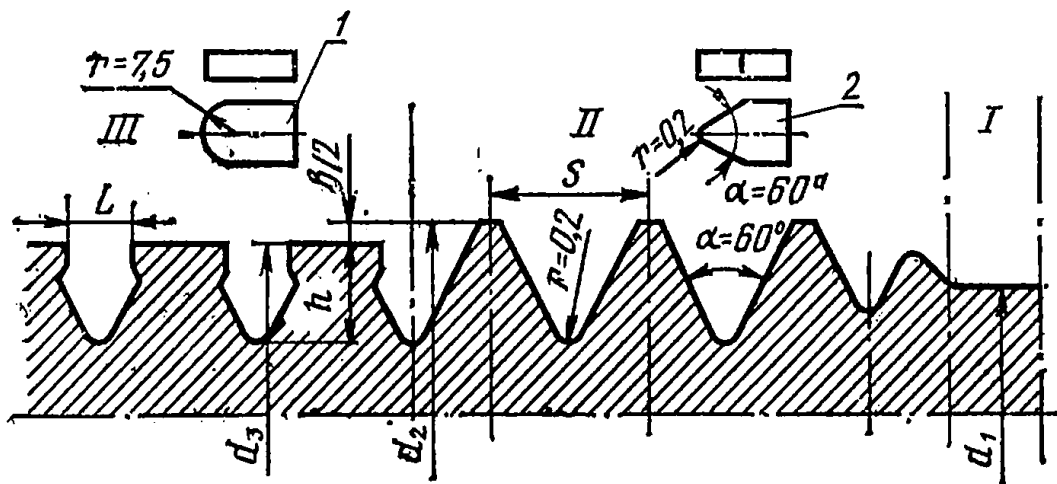


Рис. 120. Схема образования профиля поверхности:

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.

Электромеханическая 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.

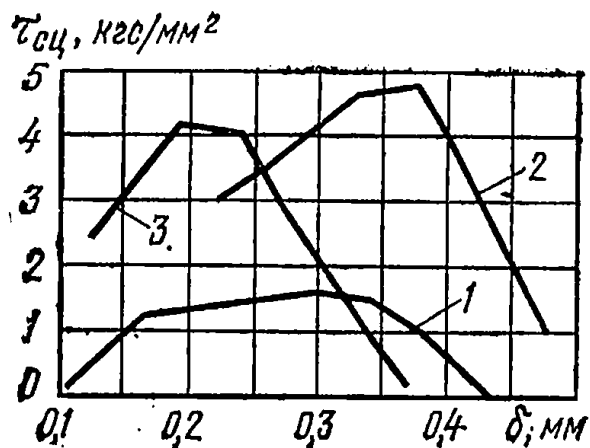
Практически замер ширины замка затруднен, поэтому на основании зависимости $L/S=f(\delta)$, т. е., взаимосвязи параметров замка и величины прикатки вершин резьбы $\delta/2$, можно построить зависимость прочности сцеплений $\tau_{сц}$ от δ (рис. 121), т. е. $\tau_{сц}=f(\delta)$, где $\delta=d_2-d_3$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

Электромеханическая 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 δ 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 износоустойчивости применим процесс ЭМУ. Задача заключается в том, чтобы поверхностный слой сделать однородным по структуре

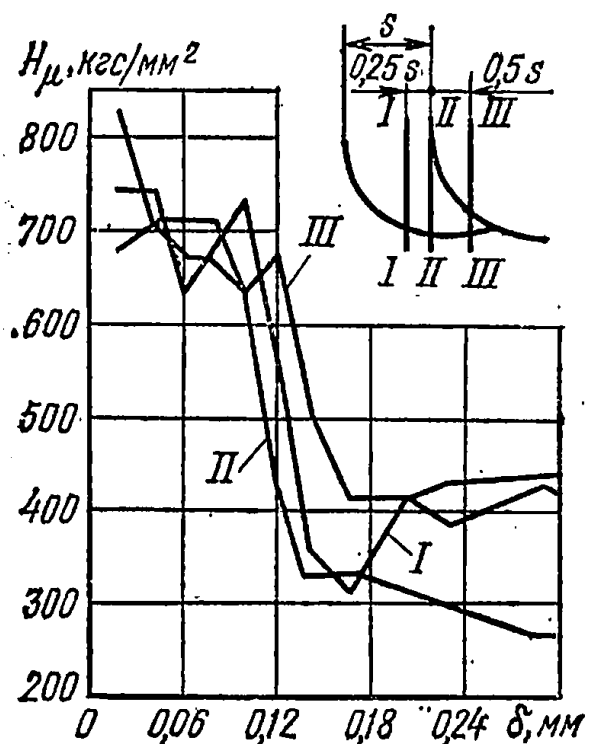


Рис. 122. График изменения твердости в зависимости от ЭМУ по глубине наплавленного слоя (режим обработки:

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

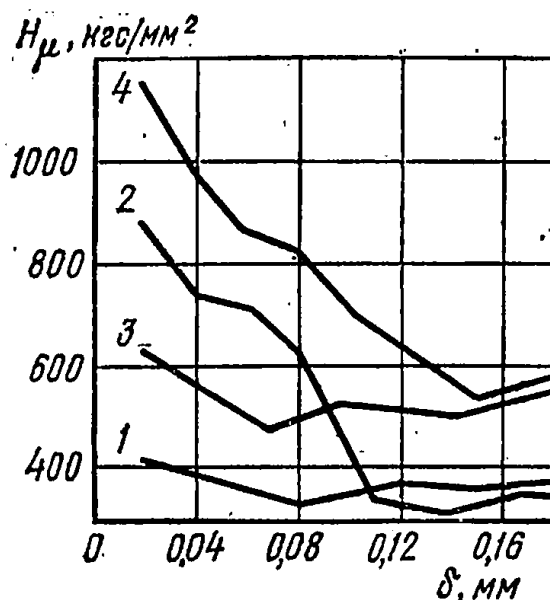


Рис. 123. График изменения твердости по глубине слоя металла, наплавленного под слоем флюса:

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	Св-08А	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		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 ²	Глубина упрочнения, мм	Предел усталостной прочности	
					МН/м ²	%
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/м², а неупрочненной — при нагрузке 57 МН/м². 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° , длина вспомогательной режущей кромки в 1,5...2 раза больше

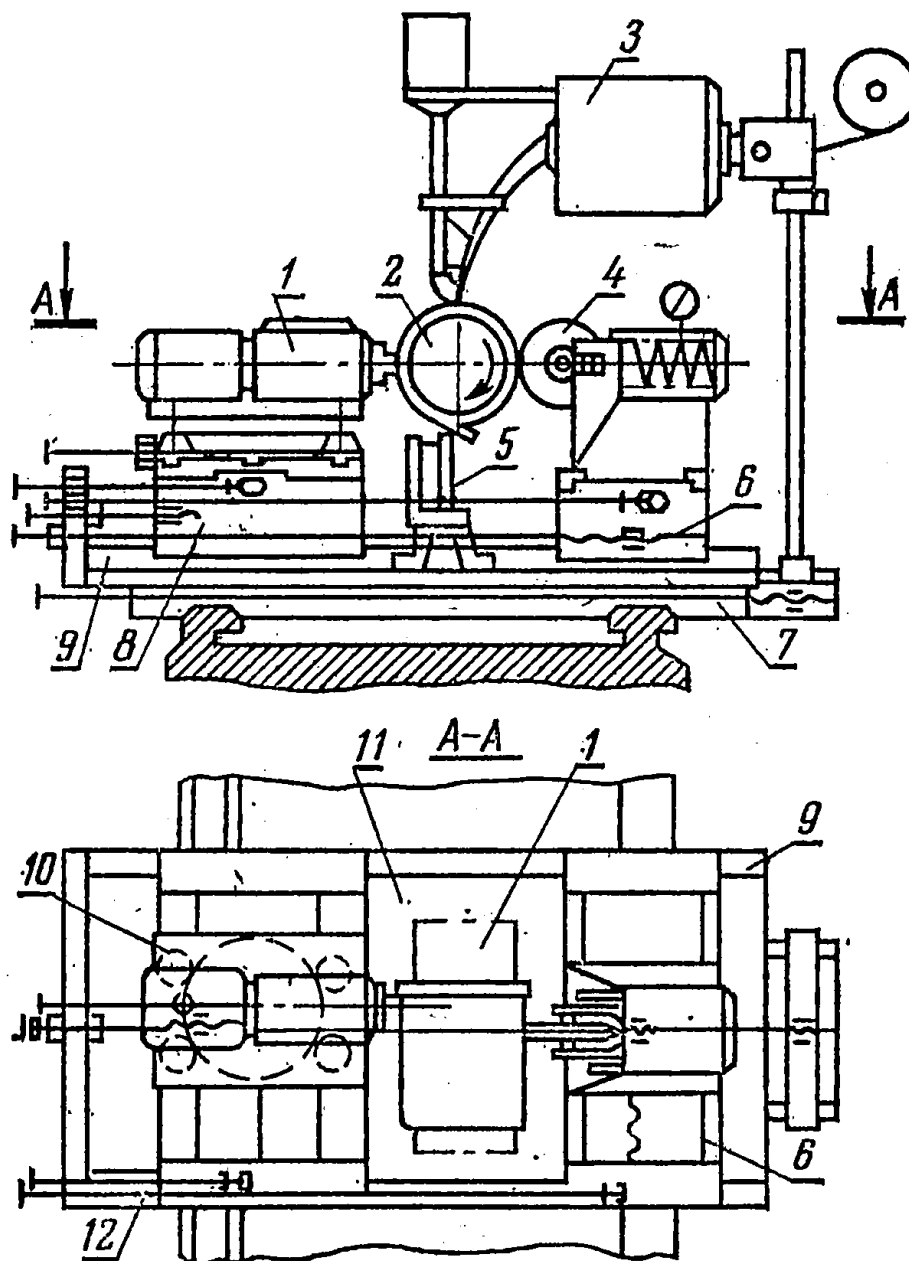


Рис. 124. Схема установки для наплавки цилиндрических деталей под флюсом с одновременным фрезерованием и накаткой роликом:

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° , задний угол 7° , задний угол на вспомогательной режущей кромке 11° , угол наклона режущей кромки 11° , 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 накаты 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

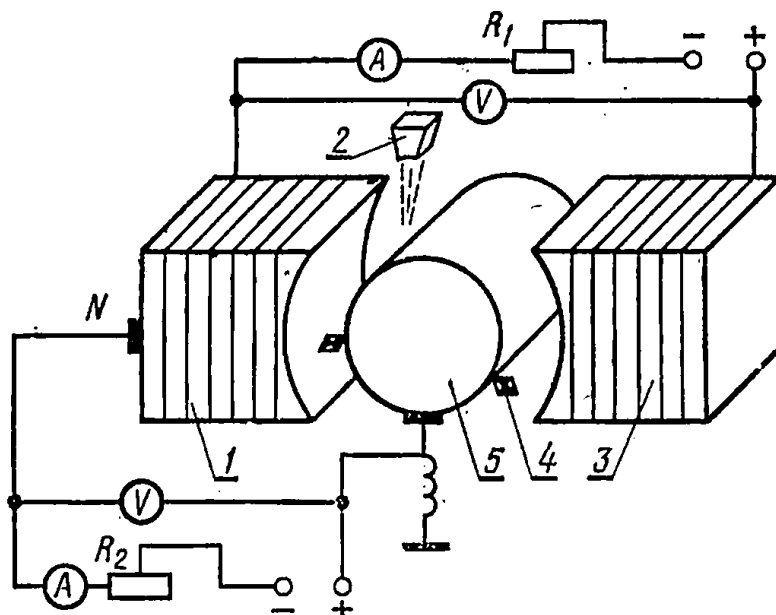


Рис. 125. Принципиальная схема восстановления и упрочнения тел вращения электроферромагнитным способом.

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 ² /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.

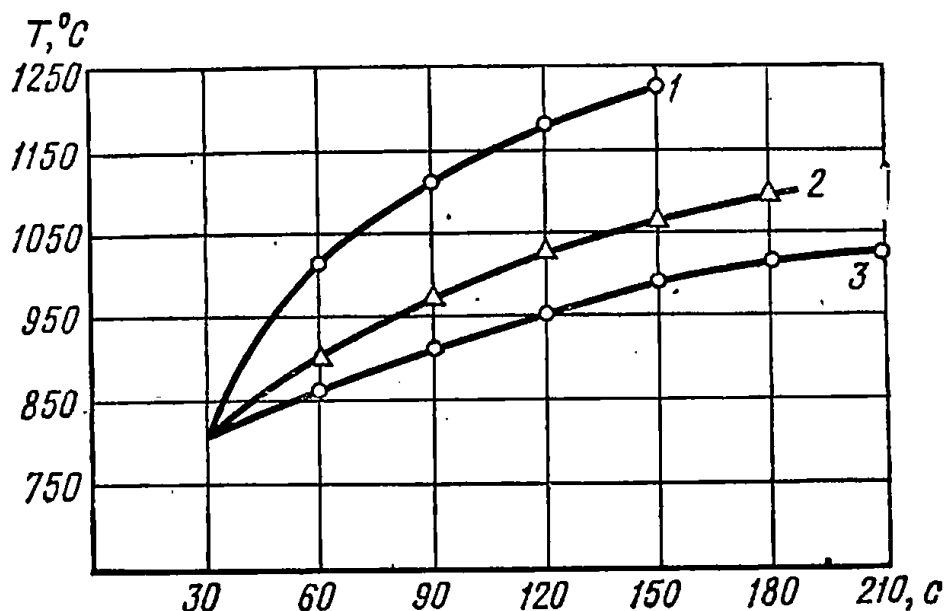


Рис. 126. Динамика изменения ковочных температур на линии установки ударника; диаметр детали: 1 — 50 мм; 2 — 70 мм; 3 — 78 мм.

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

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

где a — глубина упрочнения, мм;

HB — твердость слоя, кг/мм²;

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

ρ — 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,
 $a_3 = 1,48 a_1$.

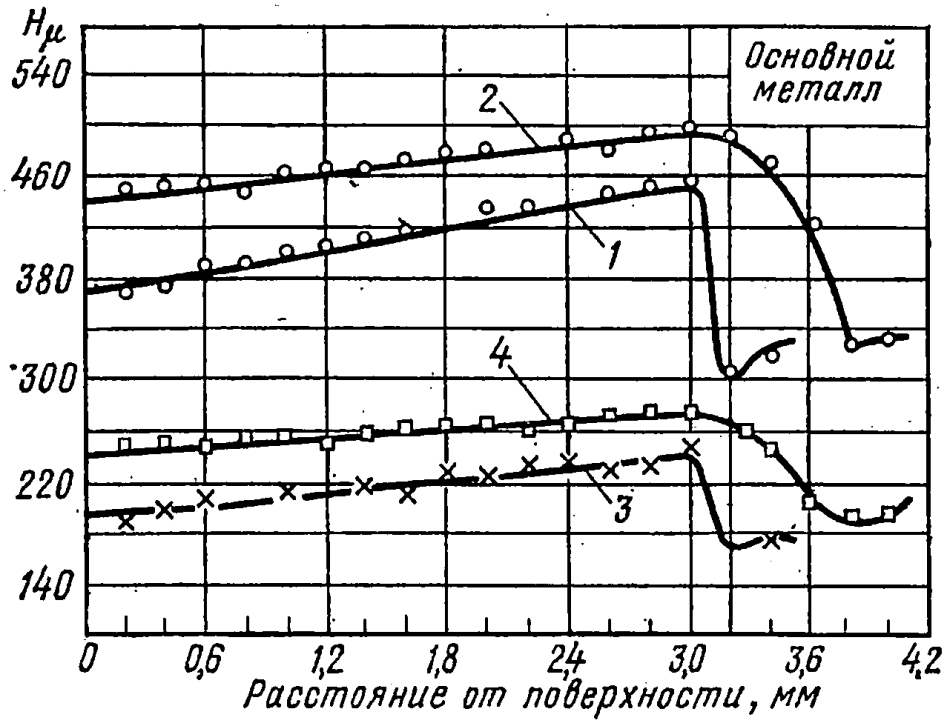


Рис. 127. Микротвердость по глубине наплавленного слоя.

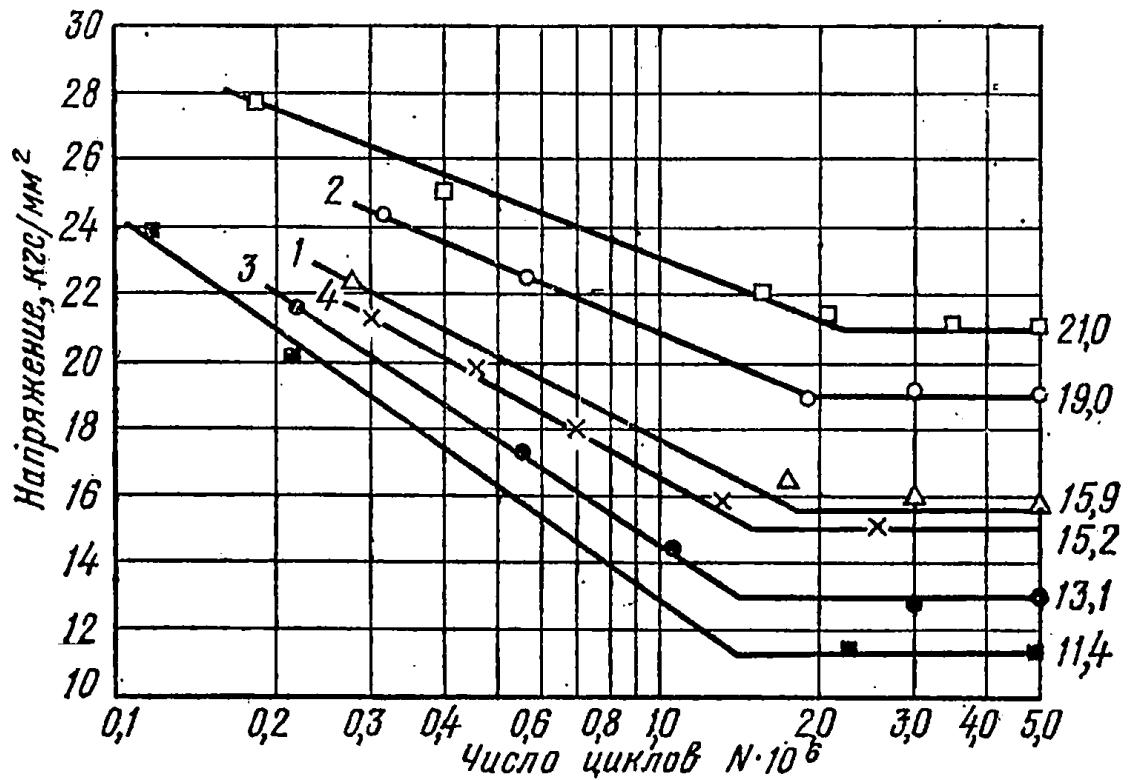


Рис. 128. Усталостная прочность наплавленных образцов.

□ — 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.

Проковка 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 наплавленной 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

Проковка 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 НРС 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/мм², а для неупрочненной — $\sigma_n = 15,9$ кг/мм², 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

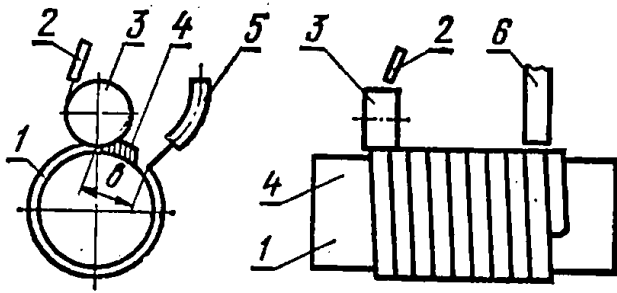


Рис. 129. Схема термомеханического упрочнения «холодным» роликом:

1 — деталь; 2 — охлаждение ролика; 3 — деформирующий ролик; 4 — наплавленный валик; 5 — мульдштук; 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).

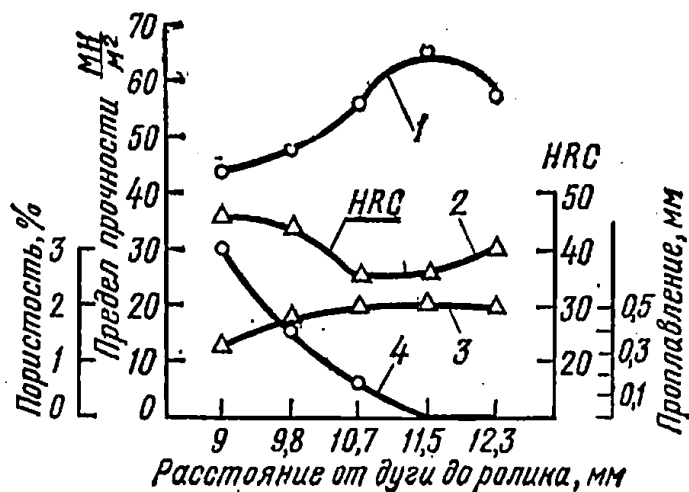
При проведении термомеханического упрочнения в процессе наплавки столбчатые зерна аустенита металлопокрытия деформируются и раздробиваются. Прослойки между зернами частично разрушаются. При последующих полиморфных превращениях из дисперсного аустенита образуются дисперсный сорбит, тростит или мартенсит 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 плавного 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 плавного 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	
		С	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 ₂ 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 НRC.

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 ₂ 4...5,5	MgO 5,5...7,5	CaO 6,5	Al ₂ O ₃ 4,5	Fe ₂ O ₃ 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 гидродрифов 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-

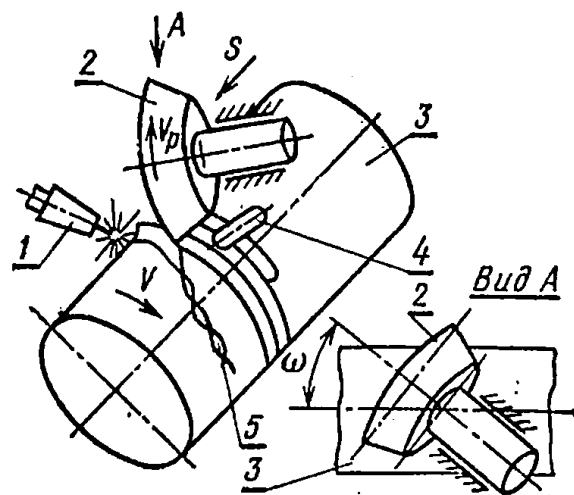


Рис. 131. Схема ротационного упрочняющего резания металлопокрытия в процессе вибродуговой наплавки:

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 ω . 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 ω_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 ω 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°). 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, неперпендикулярность 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 ϵ_{zb} .

Одним из основных факторов, влияющих на определение припуска является его дефектный слой $C_{\text{д}}$ (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

$$2Z_{\text{в}} \geq \sigma_a + 2(H_a + C_{\text{д}}) + \Sigma \Delta a + \epsilon_{zb}, \quad (69)$$

где σ_a — допуск на размер предшествующего перехода, мм;

H_a — наибольшая высота поверхностных микронеровностей, мм;

При асимметричном припуске

$$Z_{\text{в}} \geq \sigma_a + H_a + C_{\text{д}} + \Sigma \Delta a + \frac{\epsilon_{zb}}{2}, \text{ мм}. \quad (70)$$

В тех случаях, когда поверхностный наращенный слой восстанавливаемой детали не является дефектным при симметричном припуске

$$2Z_{\text{в}} \geq \sigma_a + 2H_a + \Sigma \Delta a + \epsilon_{zb}, \quad (71)$$

Рис. 132. Схема разреза восстанавливаемой детали с образованным на ней припуском и дефектным слоем:

1 — дефектный слой; 2 — качественный слой; 3 — металл восстанавливаемой детали.

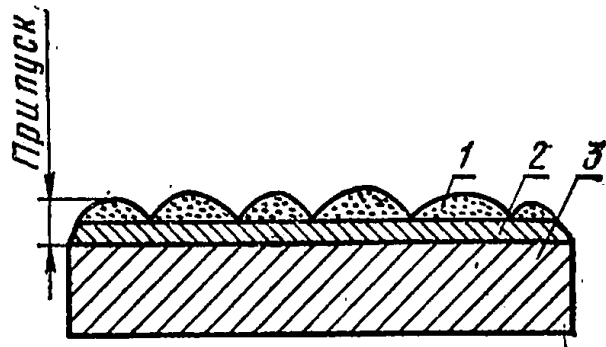


Таблица 131. Величина дефектного слоя при нанесении металла различными способами в процессе восстановления деталей

№ п. п.	Метод восстановления	Глубина дефектного слоя, мм
I	Металлизация:	
I ₁	плазменно-дуговая	0,02...0,05
I ₂	электродуговая	0,5...1
I ₃	газовая	0,02...0,05
I ₄	высокочастотная	0,025...0,05
II	Наплавка:	
II ₁	электродуговая	
II ₂	автоматическая под слоем флюса	0,2...0,5
II ₃	порошковыми проволоками	1,2...2,4
II ₄	в среде защитных газов	0,4...0,8
II ₅	» » водяного пара	0,5...1
II ₆	электроимпульсная	0,2...0,4
II ₇	вибродуговая	0,2...0,5
II ₈	ручная (электродами)	0,5...1
II ₉	плазменная	0,05...0,1
II ₁₀	индукционная	0,15...0,3
II ₁₁	газовая	0,25...0,5
II ₁₂	электрошлаковая	1...2
III	Электролитическое осаждение:	
III ₁	хромирование	0,02...0,03
III ₂	железнение (осталивание)	0,03...0,05
III ₃	никелирование	0,02...0,03
IV	Нанесение полимерных материалов:	
IV ₁	напыление	0,35...0,7
IV ₁	газопламенное	0,02...0,05
IV ₂	в электростатическом поле	0,02...0,06
IV ₃	в псевдооживленном слое	0,15...0,21
IV	литье под давлением	1...2,5
V	Заливка жидким металлом	

при асимметричном припуске

$$Z_B \geq \sigma_a + H_a + \Sigma \Delta a + \frac{\epsilon_{2b}}{2} \quad (72)$$

Формула толщины материала, наносимого на симметрично изношенные детали, будет

$$A_{сл} = \Delta u + 2Z_B, \quad (73)$$

а для несимметрично изношенных

$$A_{сл} = \Delta u + Z_B. \quad (74)$$

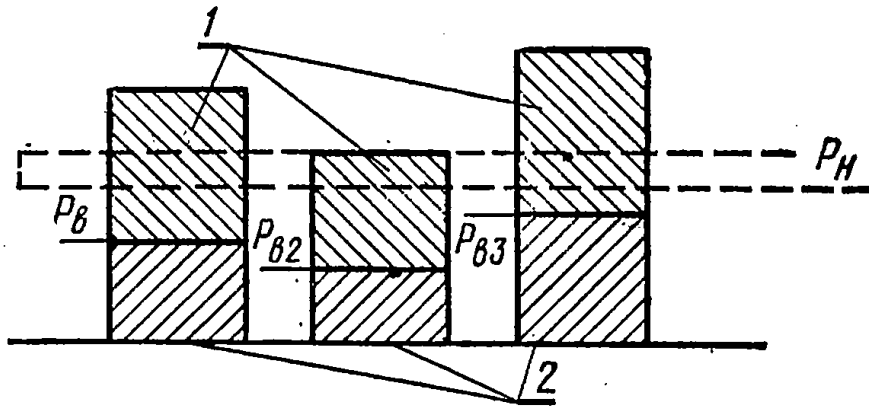


Рис. 133. Схема нанесения одинаковых по толщине покрытий (1) на восстанавливаемую деталь (2) при различной величине ее износа.

Таблица 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

Таблица 133. Минимальный припуск на механическую обработку, создаваемый при гальваническом способе восстановления деталей

Вид обработки	Припуск на обработку, мм	
	предварительную	окончательную
Бесцентровое шлифование	$2Z=0,05+0,9\delta$	$2Z=0,072+0,9\delta$
Круглое шлифование в центрах	$2Z=0,07+0,9\delta$	$2Z=0,099+0,9\delta$
Чистовая расточка или внутреннее шлифование	$2Z=0,07+0,063\sqrt[3]{d}+0,9\delta$	$2Z=0,099+0,063\sqrt[3]{d}+0,9\delta$

Примечание. d — диаметр ремонтируемой поверхности; δ — допуск, мм, на выполнение предшествовавшей 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 ремонтной 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

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	1,7	1,7	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	1,7	1,9	1,7	—
» 0,63 » 1,60	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,0	2,0	—
» 1,60 » 2,50	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,2	2,2	—
» 2,50 » 4,00	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,3	2,5	2,5	2,5	3,1
» 4,00 » 6,30	1,5	1,6	1,7	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4	2,6	2,6	2,6	3,2
» 6,30 » 10,00	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,6	2,8	2,8	2,8	3,4
» 10,00 » 16,00	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	3,0	3,0	3,0	3,6
» 16,00 » 25,00	2,1	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,0	3,2	3,2	3,2	4,1
» 25,00 » 40,00	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,1	3,3	3,5	3,5	3,5	4,5
» 40,00 » 63,00	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,5	3,7	4,0	4,0	4,0	5,1
» 63,00 » 100,00	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	3,8	4,0	4,4	4,4	4,4	5,5
» 100,00 » 125,00	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,7	3,8	4,1	4,3	4,8	4,8	4,8	—
» 125,00 » 160,00	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,5	4,7	5,2	5,2	5,2	—
» 160,00 » 200,00	4,0	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,7	4,9	5,5	5,5	5,5	—

Ремонт деталей вдавливанием

До 0,25	1,0	1,2	1,2	1,4	1,6	1,6	1,6	—	—	—	—	—	—
Свыше 0,25 до 0,63	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,0	2,0	2,1	2,3	2,5	2,5	2,5	—
» 0,63 » 1,60	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,2	2,3	2,5	2,7	2,7	2,7	—
» 1,60 » 2,50	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,5	2,5	2,7	2,8	3,0	3,0	3,0	—
» 2,50 » 4,00	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	2,7	3,0	3,2	3,4	3,4	3,4	—
» 4,00 » 6,30	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	2,9	3,2	3,4	3,6	3,6	3,6	—
» 6,30 » 10,00	2,3	2,4	2,5	2,7	2,9	3,1	3,1	3,4	3,6	3,8	3,8	3,8	—
» 10,00 » 16,00	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,3	3,3	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	—
» 16,00 » 25,00	2,7	2,8	2,9	3,1	3,3	3,5	3,5	3,8	4,0	4,3	4,3	4,3	—
» 25,00 » 40,00	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5	3,8	3,8	4,1	4,3	4,6	4,6	4,6	—
» 40,00 » 63,00	3,2	3,3	3,4	3,6	3,8	4,1	4,1	4,6	4,8	5,1	5,1	5,1	—
» 63,00 » 100,00	3,7	3,8	3,9	4,1	4,3	4,6	4,6	4,9	5,1	5,5	5,5	5,5	—
» 100,00 » 125,00	4,0	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	4,9	5,3	5,5	6,0	6,0	6,0	—
» 125,00 » 160,00	4,4	4,5	4,6	4,8	5,0	5,3	5,3	5,9	6,3	7,0	7,0	7,0	—
» 160,00 » 200,00	5,1	5,2	5,3	5,5	5,7	6,0	6,0	6,6	7,0	8,2	8,2	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

$$e_{\min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{P_{i-1}^2 + e_i^2}, \quad (75)$$

где Rz_{i-1} — глубина задиров 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 σ_s), уменьшением относительного удлинения δ и восприимчивости к наклепу.

При соотношении пределов прочности нормализованной стали 45 (σ_B) и наплавленного, например, проволокой Св-08Г2С под флюсом АНК-18 металла (σ_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 t , 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°C он начинает резко снижать твер-

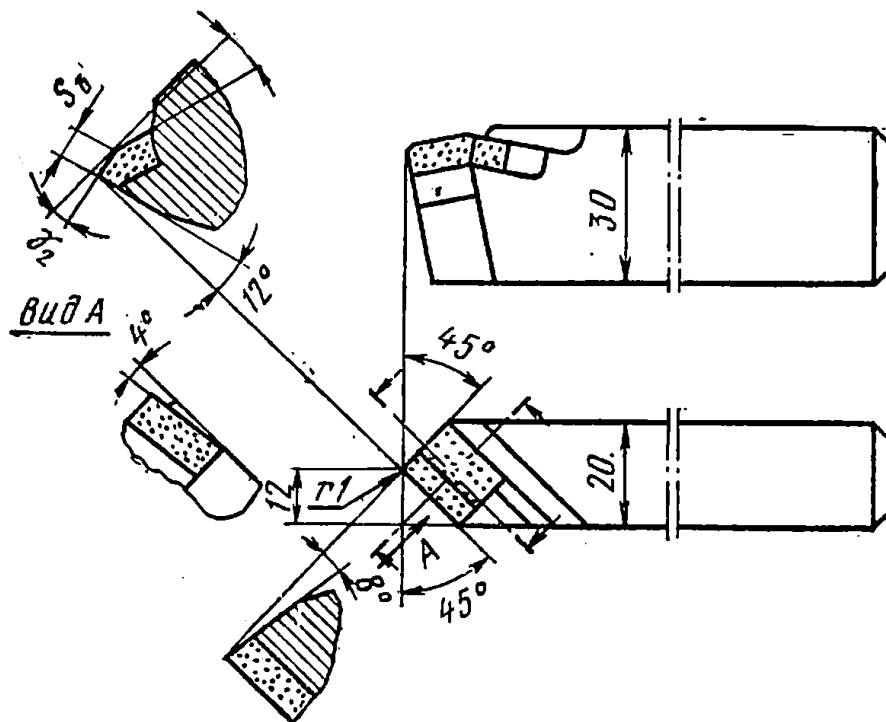


Рис. 134. Геометрия режущей части резца для точения наплавленного металла. Для чернового точения $\gamma_2 = -15^\circ$, для чистового $\gamma_2 = -10^\circ$.

дость. Например, при 800°C сормайт имеет твердость НВ 170; при 900°C — НВ 120 и при 1050°C НВ 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 $450\text{...}500^\circ\text{C}$. Режимы резания: $v = 15\text{...}20$ м/мин; $t = 1,5\text{...}2$ мм; $S = 0,3\text{...}0,5$ 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 $r=1,5$ 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 μ 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-

Т а б л и ц а 136. Режимы резания и геометрические параметры инструмента при механической обработке пластмасс

Материал	Материал инструмента	Режимы обработки				Углы заточки инструмента, град			Примечание
		Глубина резания, мм	подача S, мм/об (мм/зуб)	скорость резания v, м/мин	главный передний углы (углы при вершине сверла 2φ)	главный угол наклона винтовой канавки сверла (винтового зуба цилиндрической формы) φ	Угол наклона винтовой канавки сверла (винтового зуба цилиндрической формы) φ		
Капрон	Сталь Р18, Р9 Твердый сплав ВК8 Твердый сплав ВК3.	—	0,1...0,2 0,2	100...300 —	10...12 10	8 10... 15 16	— —	Частота обработки поверхности V7...V8 Черновая обработка Чистовая обработка	
		—	0,07...0,42	314	3	—	—		
Полиэтилен	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	— —	Частота обработки поверхности V7...V8 Черновая обработка Чистовая обработка	
		—	0,05...0,2 0,15...0,3 0,1	100...200 50...70 40...85	16 10 12	20 10 5...8	— — —		
Волокнит Состав на основе эпиксидной смолы	Сталь Р18 Твердый сплав ВК8 Т15К6	—	0,05...0,2 0,15...0,3 0,1	100...200 50...70 40...85	16 10 12	20 10 5...8	— — —	Частота обработки поверхности V7...V8 Черновая обработка Чистовая обработка	

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 эпиксидной смолы	Торцовая фреза, твердый сплав ВК8	—	0,1	До 100	20	20	—

Сверление цилиндрическим спиральным сверлом

Капрон	Сверло $d=2...3$ мм, сталь Р18	—	0,1...0,2	40	60	8	2
Полиэтилен	Сверло $d=1...2$ 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 эпиксидной смолы	Твердый сплав ВК8	—	0,3	40...50	70...90	12...15	12...15

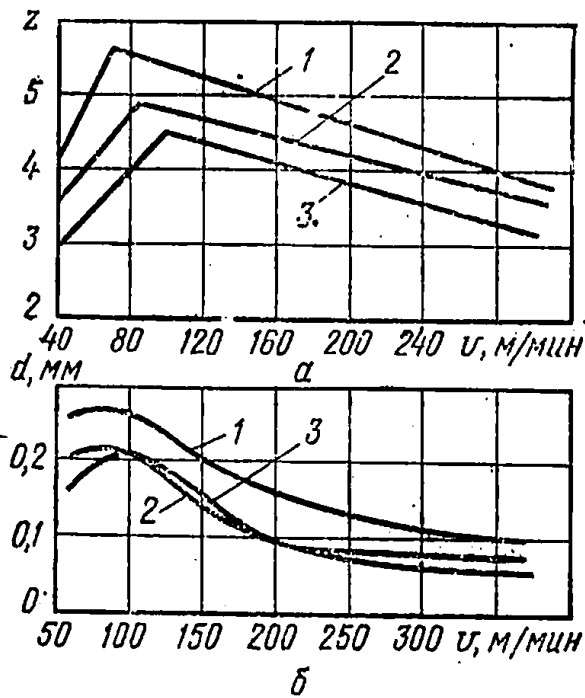


Рис. 135. Влияние скорости резания на усадку (а) и величину контакта стружки с передней поверхностью инструмента (б):
1 — Т30К4; 2 — алмаз; 3 — лейкосапфир.

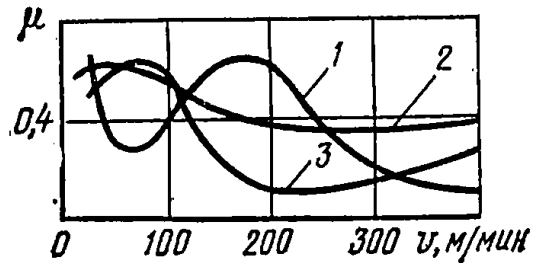


Рис. 136. Влияние скорости резания на коэффициент трения:
1 — лейкосапфир — алюминиевый сплав Д16Т; 2 — твердый сплав Т30К4 — сталь 45; 3 — лейкосапфир — сталь 45.

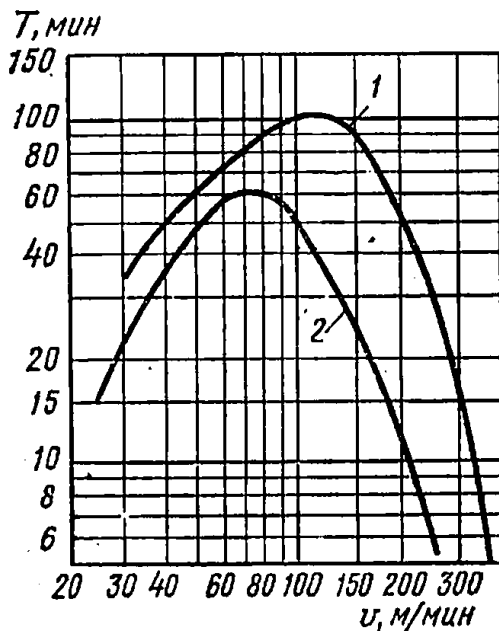


Рис. 137. Зависимость стойкости резцов из лейкосапфира (1) и твердого сплава Т30К4 (2) от скорости резания при точении спеченного порошкового материала со структурой перлита и небольшого количества феррита.

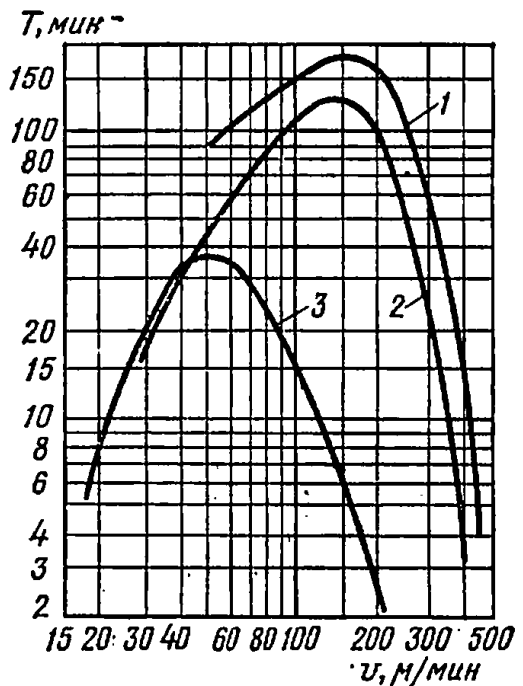
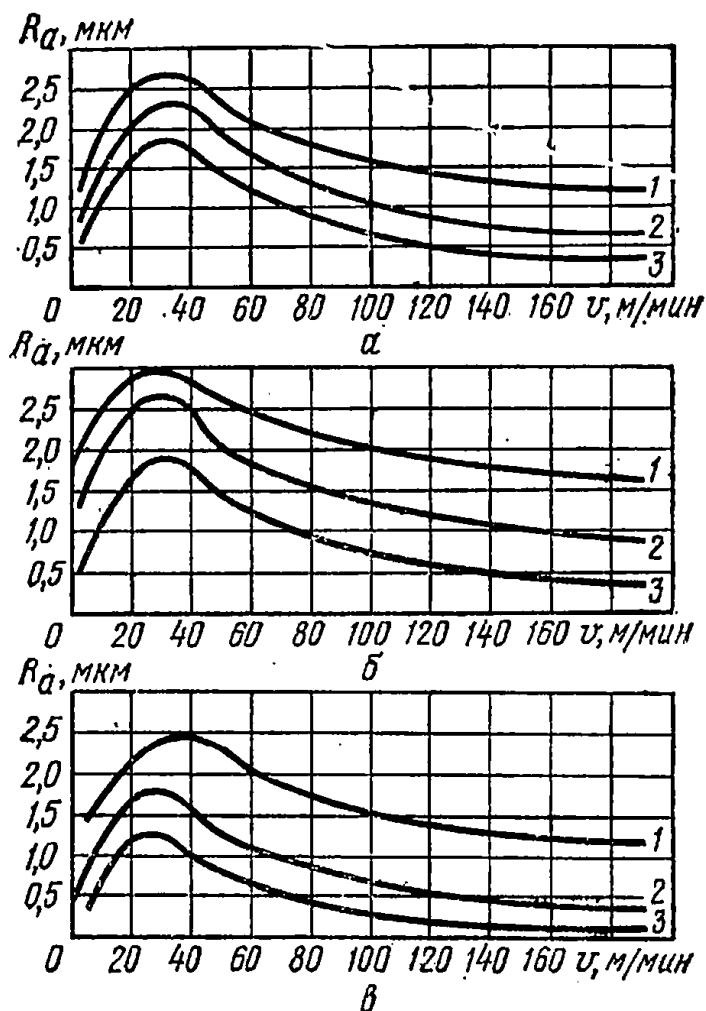


Рис. 138. Влияние скорости резания на стойкость резцов из лейкосапфира при точении:
1 — спеченный порошковый материал со структурой феррит; 2 — сталь 45; 3 — спеченный материал со структурой тонкопластинчатого и сорбитообразного перлита.

Рис. 139. Влияние скорости резания на шероховатость обработанной поверхности спеченного материала:

a — 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 ϕ . Увеличение угла γ в зоне положительных передних углов значительно уменьшает температуру резания, как и увеличение заднего угла α — в пределах 2...12°. Отрицательные передние углы и углы α 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

$$\theta = C v^{0,4} S^{0,08} t^{0,06} n_3^{0,1}, \quad (81)$$

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 $h_{звс}=0,4$ 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 $60...130^\circ$, 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

Таблица 137. Номенклатура кругов

Алмазные круги		
переменная зернистость	переменная концентрация алмазов	переменная связка
АСП6К6-100 АСП12К6-100 АСП25К6-100 АСП40К6-100	АСП25К6-50 АСП25К6-100 АСП25К6-150	АСП25К1-100 АСП25К6-100 АСО25Б3-100 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/мм² и $H_{50} = 500$ кгс/мм²) 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/мм²

$$R_z = \frac{644,2 S^{2,58}}{r^{0,35}}, \quad (84)$$

для покрытий с $H_{50} = 480 \dots 520$ кгс/мм²

$$R_z = \frac{32,2 S^{1,27}}{r^{0,466}}. \quad (85)$$

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/мм² и абразивным — для мягких покрытий с $H_{50} < 300$ кгс/мм².

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 , мм³/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 сормайтa $Q_M=7$ см³/мин, $C^1=0,196$ коп/см³;
 для УС-25 $Q_M=4$ см³/мин, $C^1=0,337$ коп/см³;
 для ФБХ-6-2 $Q_M=4,5$ см³/мин, $C^1=0,308$ коп/см³;
 для ПГ-ХН80СРЗ $Q_M=3$ см³/мин, $C^1=0,41$ коп/см³.

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, мм³/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 наплавленного 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 $1/3...1/2$ 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.

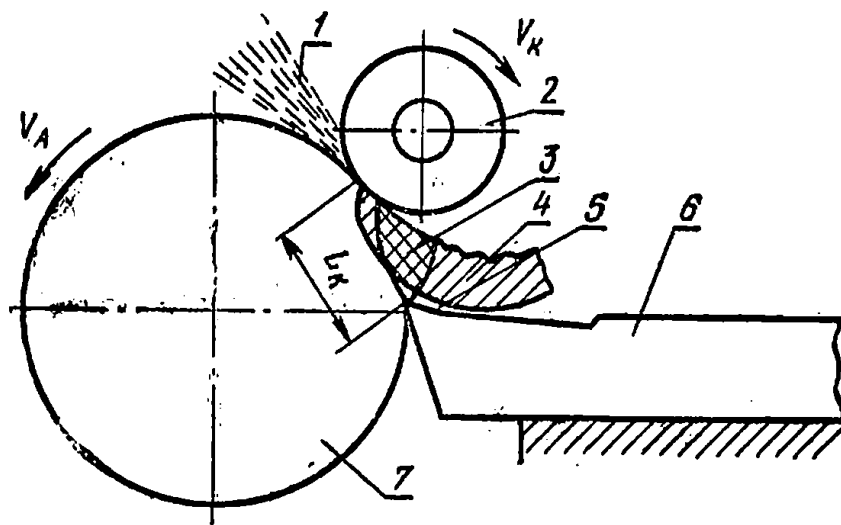


Рис. 140. Схема абразивно-лезвийного способа обработки:

1 — металл-абразивный 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 — съём металла в минуту резцом, г/мин;

$$Q_l = \gamma v S t_l, \quad (88)$$

здесь γ — плотность обрабатываемого металла, г/см³;

v — скорость резания, м/мин;

S — подача, мм/об;

t_l — глубина резания, мм;

$Q_{ш}$ — съём 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, НВ=170...220; М1/Си и М1 для серого закаленного чугуна СЧ 21-40, НРС=38...45; М1/Си для стали 45, НВ=190...200, ОП25 и М1 для стали 45, НРС=51...53 и МСЗ 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 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/см²;

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 — выжигание 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.

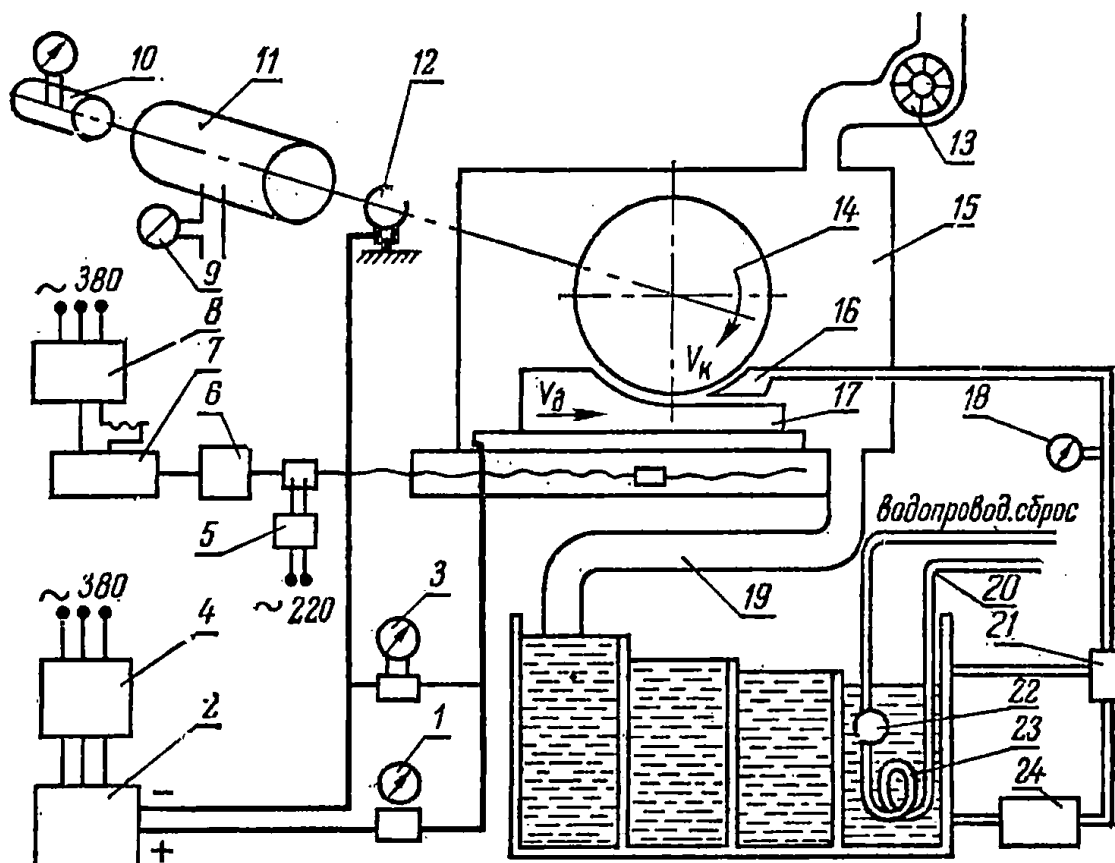


Рис. 141. Схема установки электрохимического шлифования:

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.

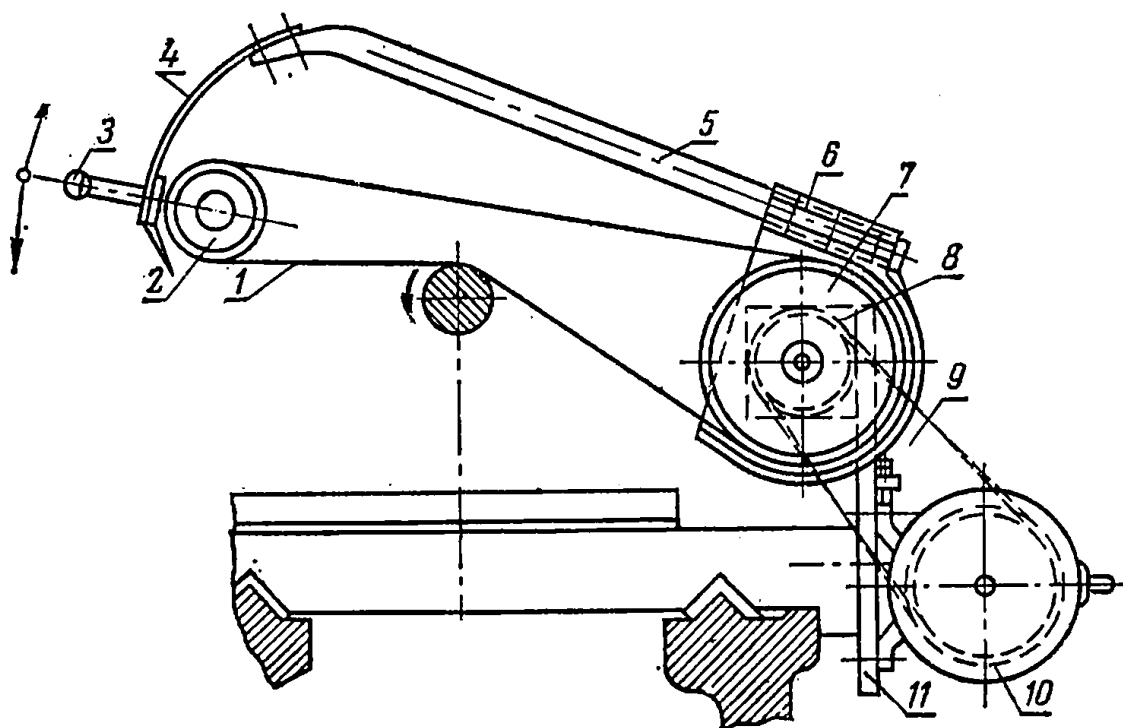


Рис. 142. Полировальная головка.

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 ²
скорость перемещения электродов	0,25...0,8 мм/с
давление	60...80 кПа
интенсивность съема металла	1000...10 000 мм ³ /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 ²	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 ²	1100	1300	1 400...2 100	—
Предел прочности на изгиб, МН/м ²	37	15	9...10	3
Предел прочности на сжатие, МН/м ²	—	—	—	10
Плотность, г/см ²	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 ²	1940... 2300	10 000	3 000... 10 000	3800
Предел прочности на изгиб, МН/м ²	3,8...6,8	3	5...10	—
Предел прочности на сжатие, МН/м ²	21	20	—	—

Таблица 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

—	12	160...125	—	90	180...150	40	100	180...150	45
10	45	125...100	55	100	150...125	40	—	—	—
8	45	100...80	55	120	125...106	40	120	125...106	44
—	45	80...63	55	150	106...65	40	150	106...90	49
6	40	—	55	—	—	—	180	90...75	47
5	40	63...50	55	130	90...63	40	220	75...63	47
4	40	50...40	55	220	75...53	40	—	—	—
3	40	40...28	—	—	—	—	—	—	—

Т а б л и ц а 141. Маркировка кругов по твердости

Обозначения твердости	Шкала твердости						
	мягкий	среднемягкий	средний	среднетвердый	твердый	весьма твердый	черезвычайно твердый
Принятые в СССР:							
на керамической	М1, М2	СМ1, СМ2	С1, С2	СТ1, СТ2	Т1, Т2	ВТ1, ВТ2	ЧТ1, ЧТ2
бакелитовой связке	—	СМ, СМ1,	С, С1, С2	СТ, СТ1,	Т, Т1,	—	—
на вулканитовой связке		СМ2		СТ2	Т2		
Принятые в США, Англии	Н, I, J	К, α	М, N,	О, Р, Q	Р, S	Т, U	V, W, X, Z

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 α -модификации, но в отличие от рубина почти не содержит примесей. Используют лейкосапфир для изготовления резцов, шлифовальных кругов и паст.

Анализируя физико-механические характеристик эльбора-Р, лейкосапфира, рубина, алмаза и твердых сплавов (табл. 139), нетрудно заметить, что по некоторым свойствам (предел прочности на изгиб, теплоемкость, 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); микропорошки (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 борт 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.

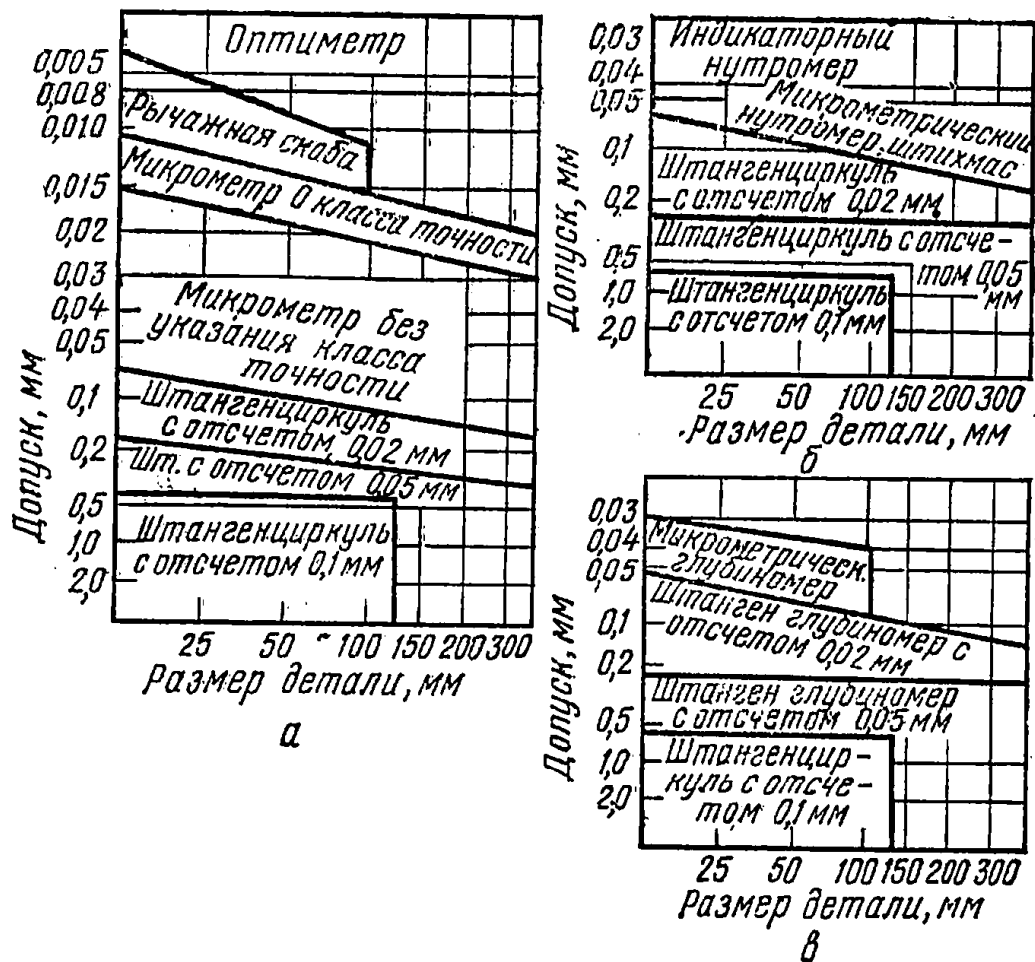


Рис. 143. Номограммы для выбора измерительных средств: а — для валов; б — для отверстий; в — для глубины пазов.

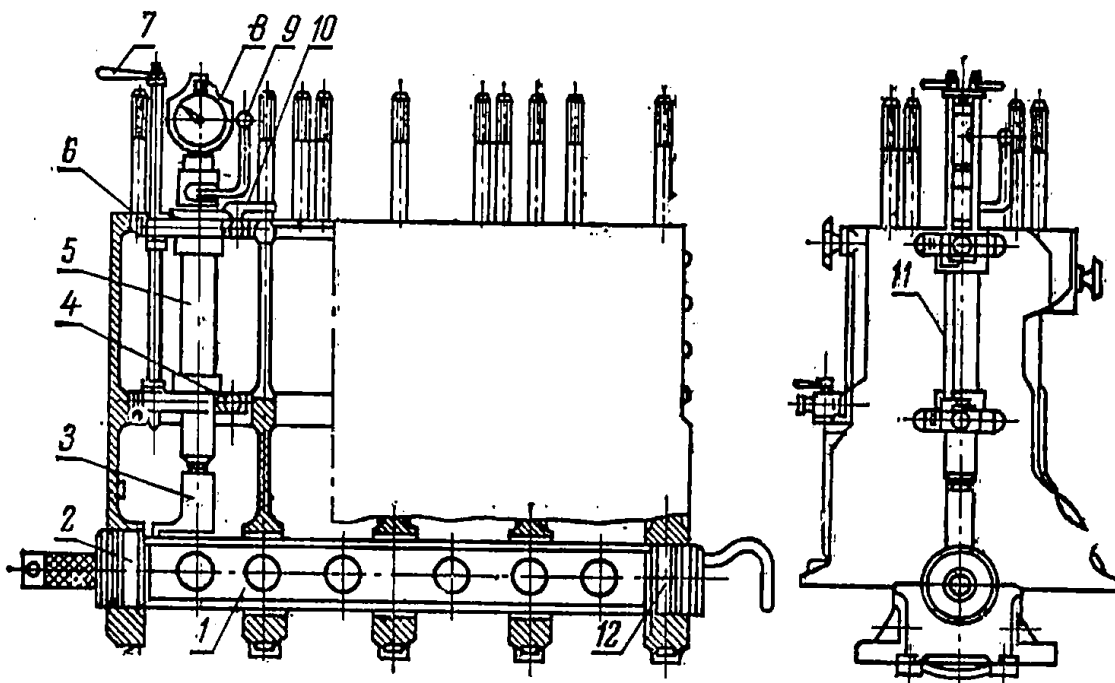
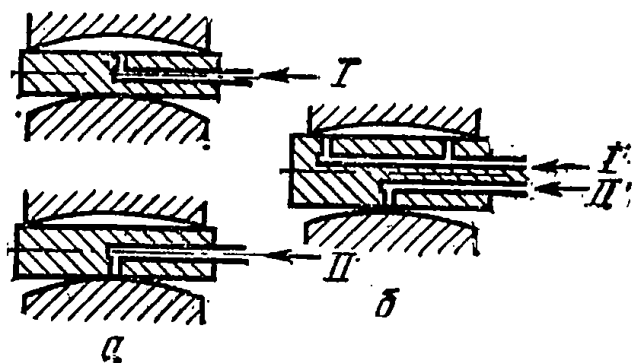


Рис. 144. Приспособление для измерения неперпендикулярности осей цилиндров КИ-4638:

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 вычислить как разность показаний для двух точек по шкале прибора. Для коротких отверстий больше подходит пробка с тремя 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 шатунa	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).

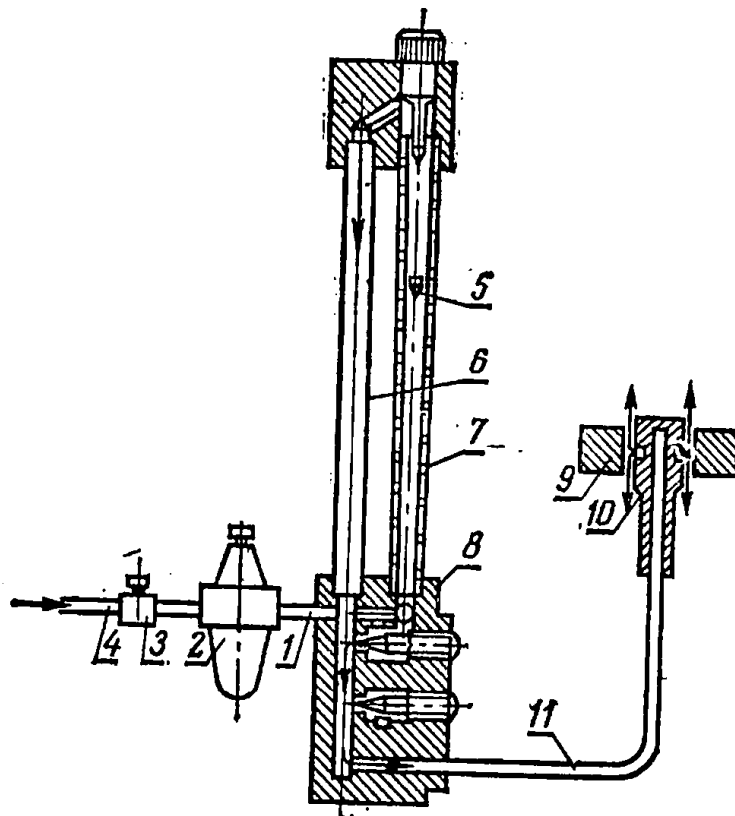


Рис. 146. Схема пневматического длиномера с пробкой для внутренних измерений:

1, 4, 11 — шланги; 2 — блок фильтра со стабилизатором; 3 — кран; 5 — поплавок; 6 — трубка; 7 — коническая стеклянная трубка; 8 — сухарник; 9 — изделие; 10 — пробка-калибр.

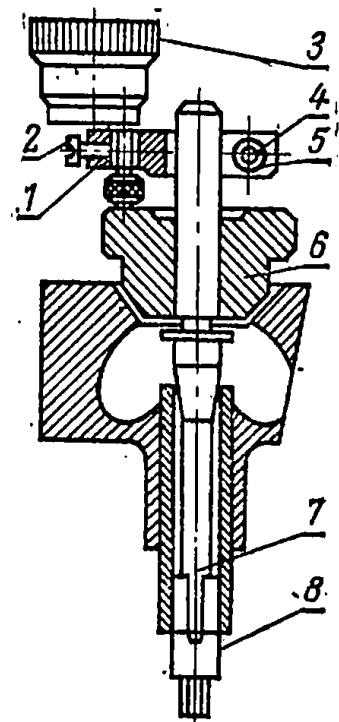
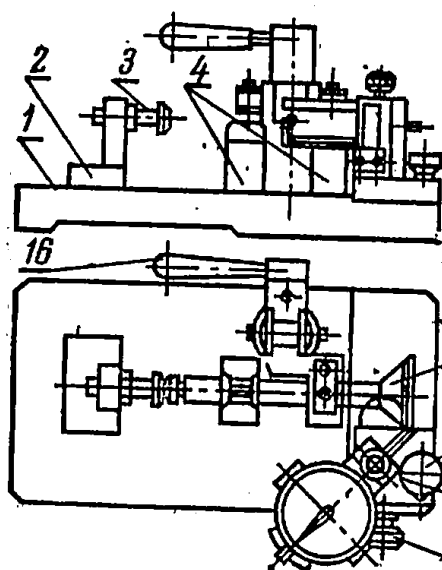


Рис. 147. Приспособление для измерения биения фасок:

1 — втулка; 2, 4 — винты; 3 — торцовый индикатор часового типа; 5 — зажим; 6 — кольцо; 7 — ось; 8 — цанга.



Клапан выхлопной

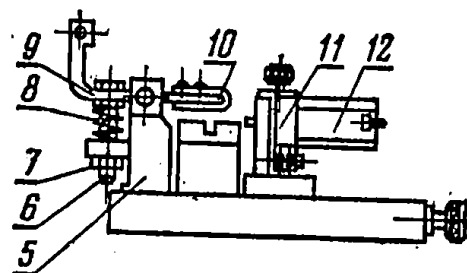


Рис. 148. Схема приспособления для контроля клапанов:

1 — плита; 2, 5 — стойки; 3 — упор; 4 — призмы; 6 — болт, М10×45; 7 — контргайка; 8 — пружина; 9 — ось; 10 — прижим; 11 — подвижная стойка; 12 — индикатор; 13, 14 — стопорные 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

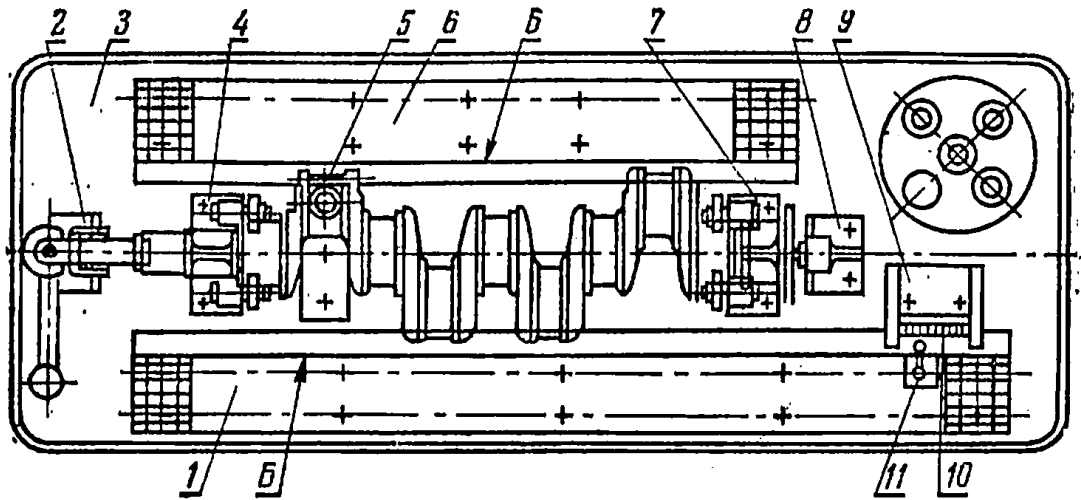


Рис. 149. Схема приспособления для контроля коленчатого вала:
 1, 3, 6 — плиты; 2 — прижим; 4, 7 — призмы; 5 — опора; 8 — упор; 9 — та-
 рировочная стойка; 10 — диск; 11 — стойка с индикатором.

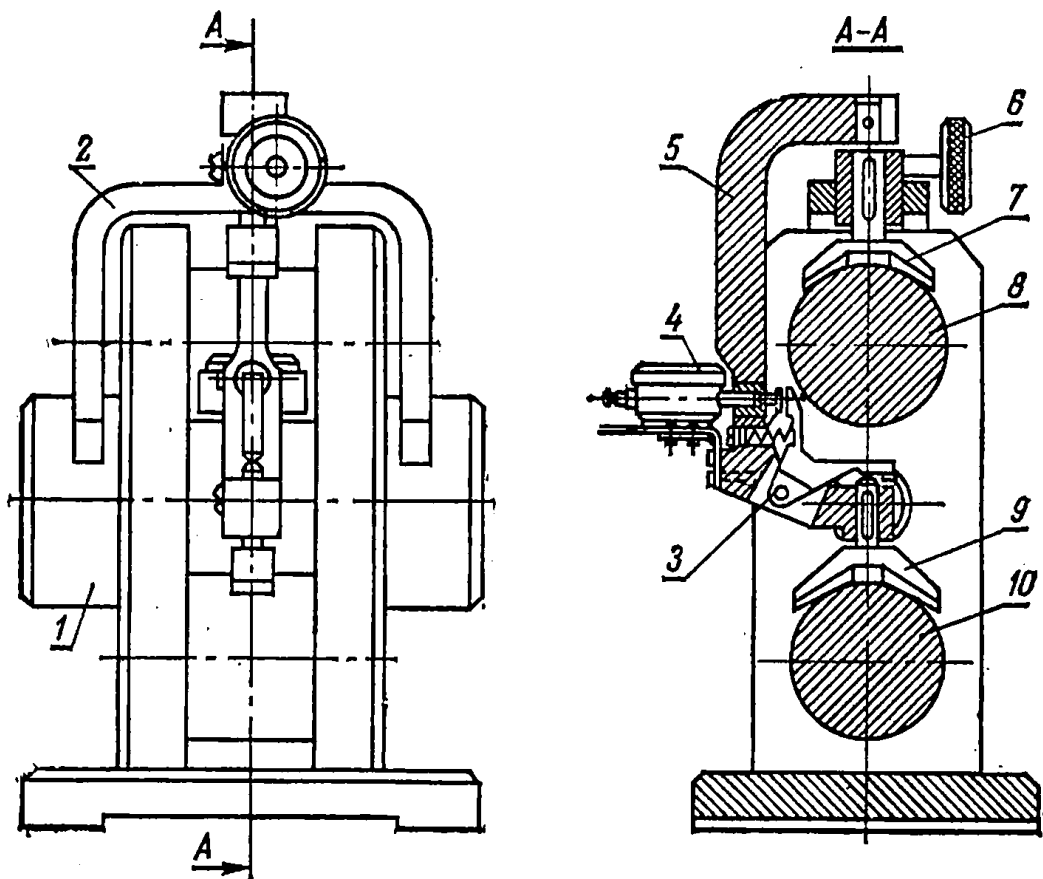


Рис. 150. Схема индикаторного приспособления для контроля ра-
 диуса кривошипа коленчатого вала:

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-
 движная 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
Передаточное 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±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.

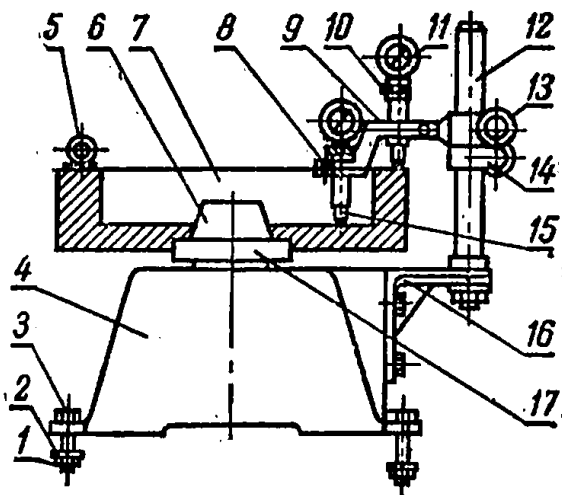


Рис. 151. Приспособление для контроля маховика двигателя СМД-14:

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.

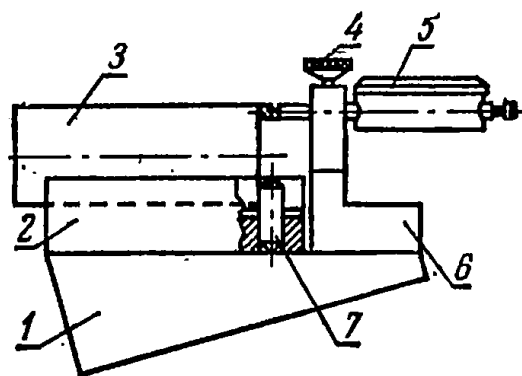


Рис. 152. Приспособление для контроля биения торца поршневых пальцев:

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 поршня двигателя СМД-14, основного размера 14-0305-1А ($\varnothing 120_{-0,12}^{+0,18}$) и ремонтного размера 14-0305-1АР ($\varnothing 120,7_{-0,18}^{+0,12}$).

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).

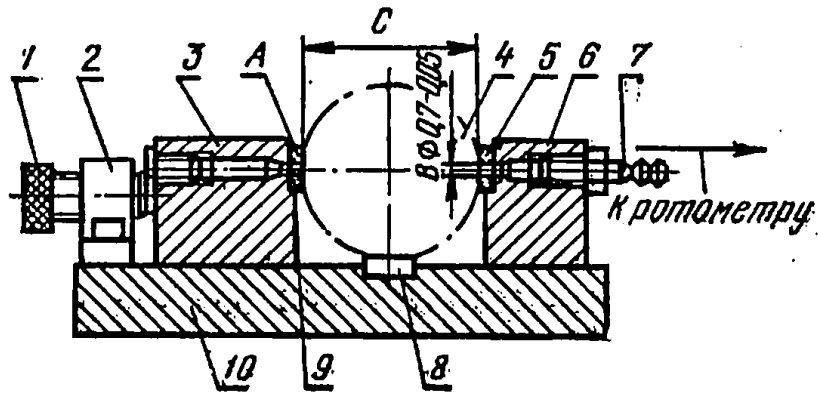
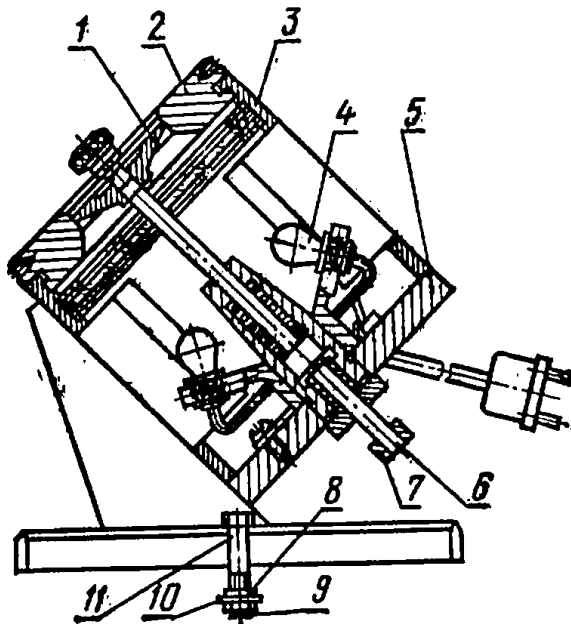


Рис. 153. Приспособление для проверки наружного диаметра пальцев:

1 — микровинт; 2 — стойка; 3 — подвижная боковина; 4 — палец; 5 — пластина из твердого сплава; 6 — неподвижная боковина; 7 — штангерь; 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

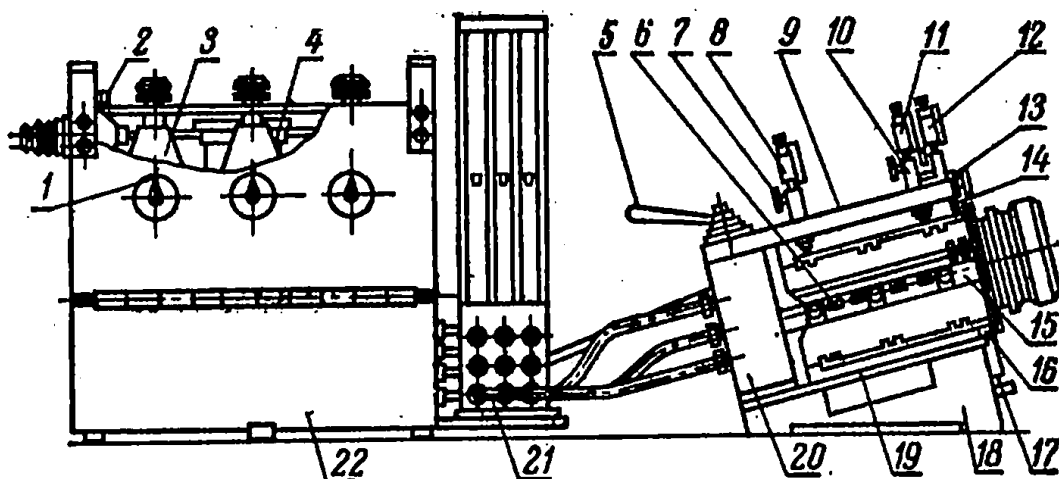


Рис. 155. Устройство приспособления для контроля гильз цилиндров:

1 — манометр давления стабилизатора; 2 — кран двухходовой; 3 — блок фильтра со стабилизатором; 4 — фильтр-влажностоотделитель; 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 Угломеры с нониусом	Для проверки и размет- ки прямых углов Для измерения углов контактным методом с отсчетом по нониусу	ГОСТ 3749—77 ГОСТ 5378—66
Меры угловые (плитки) Линейки синусные узкие, широкие	Для измерения углов Для точной проверки плоских угловых ка- либров	ГОСТ 2875—75 ГОСТ 4046—71
<i>Инструменты для измерения резьб</i>		
Кольцы резьбовые нере- гулируемые: проход- ные и непроходные Пробки резьбовые	Для измерения наруж- ных цилиндрических резьб Для измерения внутрен- них цилиндрических резьб	ГОСТ 1774—71 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 полупроводниковый ДФП-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	Для линейных и угловых измерений деталей в прямоугольных и полярных координатах Пределы измерения длин, мм; в направлении: продольном 0...200 поперечном 0...100 Пределы измерения углов 0...360 град

Наименование приборов	Краткая характеристика, назначение
<i>Приборы для измерения твердости деталей</i>	
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 закалки деталей Диапазон измерений HRC 25...65 Диаметр контролируемого участка 5 мм
<i>Приборы для определения шероховатости поверхности</i>	
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						
	С	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	
—	—	—	25	Деталей из малоуглеродистой стали в среде CO ₂ 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	
0,3... 0,6	—	—	25...27	Изношенных поверхностей опорных катков, колес ведущих, направляющих. Наплавка открытой дугой Деталей средней твердости: шкивов остановочного тормоза, осей катка, направляющего колеса, осей коленчатой барабана тормозного. Наплавка открытой дугой
	—	0,25	—	
—	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 землеройных машин, работающих в условиях интенсивного абразивного износа без ударов Деталей ходовой части гусеничных машин, валов, осей, тормозных шкивов, роликов рольгангов, крановых колес
—	—	0,7	Под флюсом АН-348А 35...40	40...42	
—	—	0,8	40...44	60...62	
—	—	1,2	Под флюсом АН-20 40...46		Деталей, работающих в условиях абразивного износа Цапф, балансиров осей коленчатых, осей катков

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	
—	—	—	65...68	Деталей, работающих в абразивной среде
—	—	0,6	Под флюсом: АН-60 АН-20П АН-26П 52...58	Деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного износа с умеренными ударами
—	—	—	Под флюсом: АН-26П 46...50	Деталей, работающих в условиях абразивного износа с ударными нагрузками: ножи бульдозеров и грейдеров, детали автомобилей и тракторов Опорных роликов, натяжных 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		1,8...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 _{общ} 3,7...4	—	—	—	—	—	—	—

металла, %		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	—
-----------	-----------------	-----------	-------------	---	------	------	---

Таблица 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 I 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		Крупногабаритных деталей машин, опорных катков, направляющих колес, осей заднего моста и других деталей ходовой части тракторов Барбанов тормозов, шкивов, осей коленчатых, балансиров, корпусных деталей, кронштейнов
Под флюсом: АН-348А —23 АН-60 —30 АНК-18 —45 В среде CO ₂ —18		

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

Таблица 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 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 ₂ —30 В потоке воздуха —33 Под флюсом: АН-28 —44 В среде CO ₂ —48...50		54...59 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 HV после наплавки	Область применения
Al	S	Ti	P		
0,7... 1,0	—	0,4... 0,6	—		Для холодной сварки чу- гунных деталей с неболь- шой толщиной стенок. Сварка открытой дугой Для полугорячей сварки чугуна с толщиной стенок не менее 15 мм с предвари- тельным подогревом до 300...400° С
0,6... 0,9	—	0,4... 0,6	—		

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
Прутки чугуна марки А ГОСТ 2671—72	3,0...3,5	3,0...3,4	0,5...0,8	0,08	0,2...0,4
Прутки чугуна марки Б ГОСТ 2671—72	3,0...3,5	3,5...4,0	0,5...0,8	0,08	0,3...0,5
Прутки чугуна 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 полугорючей 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				
	Li ₂ CO ₃	CaCO ₃	H ₃ BO ₃	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 HB наплавленного металла	Область применения
S и P	Mo		
0,03 металла	—	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
0,03	—	250...290 В III и IV слоях наплавки	
—	—	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
≤0,035	0,26... 0,7	300...390	Для наплавки изношенных деталей из высокоуглеродистых сталей

Продолжение

металла, %			Твердость HRC наплавленного металла	Область применения
B	S	P		
			≥ 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
B	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
---------------	-----------------	------	--	--

Продолжение

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 ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Na ₂ O и K ₂ O	CaF ₂	не бо	
							Fe ₂ O ₃	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 ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Na ₂ O и K ₂ O	CaF	не бо	
							Fe ₂ O ₃	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

Т а б л и ц а 150. Алюминиевый чугун для широкослойной наплавки

Материал	Состав в %						Назначение	Характеристика
	провода Св-08 ГОСТ 2246-70	комплекс- ный моди- фикатор	графит- серебри- стый	автоми- невый 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	

Т а б л и ц а 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, топливopодов и т. д. Для лужения и пайки контактных поверхностей электрических приборов, реле и др. Для лужения и пайки медной проволоки Для пайки деталей, чувствительных к перегреву Для лужения и пайки электроаппаратуры, обмоток электрических машин Для лужения и пайки радиаторов Для пайки радиаторных трубок, обмоток, лужения и пайки белой жести Для лужения и пайки свинцовых деталей Для лужения и пайки листового цинка, радиаторов Для лужения и пайки радиаторов Припой широкого назначения Для лужения и пайки деталей, работающих при повышенных температурах, для лужения трубчатых радиаторов Для шпатлевки кузовов автомобилей, для пайки белой жести, закатанных швов
ПОС10	268	299	
ПОС61М	183	192	
ПОСК50-18	142	145	
ПОССу61-05	183	189	
ПОССу50-0,5	183	216	
ПОССу40-0,5	183	235	
ПОССу35-0,5	183	245	
ПОССу30-0,5	183	255	
ПОССу25-0,5	183	266	
ПОССу40-2	185	229	
ПОССу25-2	185	260	
ПОССу18-2	186	270	
ПОССу15-2	184	275	
ПОССу10-2	268	285	
ПОССуб-1	275	308	
ПОССу4-6	244	270	

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-кремневые*	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/м ³	Температура воспламенения на воздухе, °С	Наименьшая теплопроводность при 20° С и 760 мм р. ст., ккал/м ³	Сотношение между кислородом и горючим 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 плазмообразующих газов, используемых в ремонтном производстве

Газ	Сорт	Химический состав, % по объему						Содержание водяных паров при 20° С и 0,1 МПа г/м ³ , не более
		N	O	Ar	He	CO ₂		
Углекислый газ (ГОСТ 8050—76)	Сварочный	—	—	—	—	99,5	0,184	
	Пищевой	—	—	—	—	98,8	Не нормируется	
	Технический	—	—	—	—	98,5	То же	
Азот (ГОСТ 9293—74)	Высший I	99,994	0,005	—	—	—	0,005	
	II	99,5	0,5	—	—	—	0,07	
	III	99,0	1,0	—	—	—	—	
Аргон (ГОСТ 10157—73)	Высший I	97,0	3,0	—	—	—	—	
	II	0,008	0,001	99,99	—	0,001	Согласно специальной пробе, 0,01	
	B	0,01	0,003	99,98	—	0,005	0,03	
Гелий чистый (МРТУ51-04—62)	A	0,04	0,005	99,95	—	0,005	0,03	
	B	0,02	0,005	—	99,96	0,007	0,008	
	B	0,05	0,005	—	99,94	0,010	0,020	

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Таблица 155. Оборудование для восстановления деталей сваркой, наплавкой и металлизацией

Оборудование	Назначение	Краткая характеристика					производительность
		длина восстанавливаемой детали, мм	диаметр восстанавливаемой детали, мм	габариты, мм	масса, кг		
Установка газопламенного напыления ОКС-5531-ГОСНИТИ	Восстановление деталей типа «вал» газопламенным напылением	До 1700	До 190	3530×1240×1560	870	До 3 кг/ч порошка	
Станок напыляющий ОКС-11233-ГОСНИТИ	То же	До 800	До 100	2870×850×1390	760	До 3 кг/ч порошка	
Универсальная наплавочная плазменная установка, чертеж 9129	Восстановление деталей типа «вал» и плоскостей плазменной наплавкой	До 1200	25...350	3160×1200×1880	1050	До 9 дм ² /ч	
Станок наплавочный ОКС-11231-ГОСНИТИ	Восстановление деталей типа «вал» плазменной наплавкой	До 800	20	2225×1235×1815	830		
Установка для наплавки ОКС-14408	Восстановление роликов опорных тракторов класса тяги 3тс	—	До 350	3250×1605×1900	1580	До 25 шт. в смену	
Станок наплавочный ОКС-11200-ГОСНИТИ	Восстановление колес направляющих тракторов класса тяги 3тс	—	До 350	1775×1505×2360	1430	40...50 шт. в смену	
Установка для наплавки ОКС-9105	Восстановление направляющих тракторов класса тяги 3тс	—	До 600	1610×920×500	500	15...20 шт. в смену	

Оборудование	Назначение	Краткая характеристика				
		Длина восстанавливаемой детали, мм	Диаметр восстанавливаемой детали, мм	габариты, мм	масса, кг	производительность
Станок наплавочный ОКС-11237-ГОСНИТИ	Восстановление направляющих и натяжных колес гусеничных тракторов	—	До 800	1050×1320× ×2850	1230	13...20 шт. в смену
Станок наплавочный ОКС-11230-ГОСНИТИ	Восстановление деталей типа «вал» методом контактной электроимпульсной наплавки лентой или порошковыми материалами	40...140	До 800	2225×1255× ×1315	900	16,5...20,4 дм ² /ч (толщина наплавки 0,2...0,5 мм)
Установка наплавки посадочных мест валов, осей и отверстий, чертеж 5588	Восстановление посадочных мест, валов, осей и отверстий	Валов 20...200 отверстий 70...150	До 1250	2730×880× ×1280	900	До 36 дм ² /ч
Станок наплавочный ОКС-11232-ГОСНИТИ	Восстановление деталей типа «вал» электродуговой широкоослойной наплавкой в среде углекислого газа	20...100	До 800	2230×1070× ×1360	1350	40 колечек осей в смену
Станок электрометаллизационный ОКС-11234-ГОСНИТИ	Восстановление деталей типа «вал» методом электрометаллизационного напыления	80...400	До 800	2300×1540× ×1255	610	5 кг/ч проволоки

Станок оплавливающий ОКС-11235-ГОСНИТИ	Оплавление аргано-дуговой сваркой металлизационного покрытия деталей типа «вал»	30...100	До 800	2515×1300× ×1700	630	До 10 дм ² /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	До 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 покрытия ОКС-5350-ГОСНИТИ	Восстановление деталей типа «вал» способом приварки металлического слоя	До 1700	До 150	3100×1300× ×1875	1200	До 40 см ² /мин
Вибродуговая наплавочная головка ОКС-6569-ГОСНИТИ	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 наплавки валов	Восстановление валов наплавкой	До 1300	До 500	2700×1220× ×2850	1700	

Оборудование	Назначение	Краткая характеристика				
		длина восстанавливаемой детали, мм	диаметр восстанавливаемой детали, мм	габариты, мм	масса, кг	производительность
Станок У-653 наплавочный универсальный	Восстановление наружных поверхностей цилиндрических деталей	До 1300	До 800	2720×1220×2850	1740	
Станок У-654 двухпозиционный наплавочный универсальный	Для наплавки катков, тягелых колес		До 800	2720×1220×2850	1800	

Т а б л и ц а 156. Технические данные сварочных полуавтоматов

Тип полуавтомата	Способ защиты дуги	Диаметр электродной проволоки, мм	Номинальный сварочный ток при ГВ=60%, А	Скорость подачи электрода, м/ч	Способ регулирования вана роста подачи	Габариты подающего устройства, мм	Масса подающего устройства, 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
A1230M	→	0, 8...1, 4	315	145...680	П/с	364×290×130	10	1, 5; 2, 5	ВДГ-302
A1114M	Без внешней защиты	1...1, 4	315	106...428	П/с	364×290×130	10, 5	1, 5; 2, 5	ВДГ-302
A1197C	Защитный газ	1, 6... 2(3, 2)	500	92...920	С	960×660×560	35	3	ВДУ-504
A1197П	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
A765	Самозащитные порошковые проволоки	2...3, 5	500	72...720	С	760×500×550	20	3	ПСГ-500
A1530	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
A1503П	→	1, 2... 2(3, 5)	500	120...760	П	550×360×200	23	3	ВДГ-601

30 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	Газариты 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			

Т а б л и ц а 158. Технические данные источников сварочного тока для механизированной дуговой сварки плавящимся электродом

Тип источника сварочного тока	Номинальный 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, кВ·А	Кэффициент 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 регулирования тока, А	Напряжение дуги, В	Напряжение холостого хода, В	Первичное напряжение, В	Частота вращения 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
<i>Источники для сварки постоянным током — преобразователи</i>										
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 ³ /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 тока, 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 металлаторов

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, м ³ /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 металлаторов

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

Продолжение

Показатели	ЭМ-3	ЭМ-9	ЭМ-6	МЭС-1
Расход сжатого воздуха, м ³ /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

Т а б л и ц а 163. Техническая характеристика машинных генераторов

Марка агрегата	Марка высоко-кочастотного 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	—

Т а б л и ц а 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 ⁵	1400+2800× ×2300
ЛГЗ-46		100	40...50	350... 500 кГц	1400×1350× ×2200
ЛГЗ-60		100	60	2,0... 2,5×10 ⁵	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 осадки	Р РП	Р РП	Р РП	Р РП	Р РР	Р РР	П ЭМ
Усилие, кН: зажатия осадки	5 1,20	0,63 0,16	5 0,7	25 20	50 32	75 50	100 63
Производительность, сварок/ч	200	200	150	120	100	60	80
Максимальное сечение низкоуглеродистой стали при сварке, мм ² : сопротивлением непрерывным оплавлением оплавлением с подогревом	50 — —	28 — —	78,5 — —	120 300 —	— 300 700	— 600 1400	— 1000 2000

* 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 максимальный	10 25	16 36	22 50	32 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, кВ·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, кв. 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***	—	РСЦ-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-160I	16	60	5	1,6	400	100	50	—	—
МШ-2001-1	20	130	8	2,3	800	105	70	—	—
МШ-320I	32	310	12	3,5	800	105	70	—	—

* При цикле с проковкой — максимальное ковочное усилие.

** Машинны радиального типа.

*** Полный ход электрода: рабочий и дополнительный.

Т а б л и ц а 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 ⁻³ ...10 ⁻⁵	ЛЗ-67	1610×1070×1775
СДВУ-15-1	∅350, H = 500	1500	0,135...168	10 ⁻⁴	ЛЗ-67	1050×830×2305
СДВУ-15-2	320×345×500	1500	4,50...210	2·10 ⁻⁴	ЛЗ-67	2350×970×2335
СДВУ-12	∅50, H = 100	1100	3,50...5	5·10 ⁻⁵	ЛЗ-17	1270×720×1400
СДВУ-30	∅460, H = 430	1900	350	10 ⁻⁴ ...5·10 ⁻⁵	ЛЗ-13	6100×1200×3350
СДВУ-7	∅25...35	1400	9,50...24	10 ⁻³ ...10 ⁻⁴	ППВ 100/800 на 100 кВт	1700×1100×1810
СДВУ-24	∅155...340	—	—	5·10 ⁻⁶ ...5·10 ⁻⁷	—	350×680×1440
СДВУ-32	∅185, H = 155	—	2,48...90,5	5·10 ⁻⁶	ЛЗ2-67	1050×830×205
СДВУ-17	320×345×500	1400...1500	—	1·10 ⁻⁴	—	—
СДВУ-40	∅250, масса деталей до 100 кг ∅312, H = 300	1500	10	1·10 ⁻⁵	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 ⁻⁵	—	1050×720×2250
УДВС-КС-2	∅600, L = 800 H = 300, S = 1800 см ²	—	150 43,5	(2..4)10 ⁻⁴ 10 ⁻⁴	—	1500×850×1800 1400×800×1800
УДВС-ДТ	∅120, H = 180 ∅80, H = 100 ∅350, H = 440	1100 1300 1300	0,50...100 0,05...5 100	2·10 ⁻⁴ ...5·10 ⁻⁵ 2·10 ⁻⁴ ...5·10 ⁻⁵ 2·10 ⁻⁴	ИО6083 — —	1550×1000×2110 1530×1440×2010 —

Примечания: 1. H — высота; L — длина; S — площадь рабочего пространства. 2. УДВС-ДТ — для сварки газовых турбин.
3. СДВУ-32 — для сварки металлов и неметаллических материалов.

Т а б л и ц а 171. Электротермическое оборудование

Наименование, марка	Мощность, кВт	Максимальная температура, °С	Размеры рабочего пространства, мм	Назначение
Камерные электропечи сопротивления:				
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 электропечь сопротивления:				
СГВ-2.3/15-3М1	24	1500	200×300	Дегазация, пайка и другие процессы в вакууме
Электропечи-ванны:				
СВС-1,5.3.4/8,5М	35	850	150×300× ×400	Закалка стальных 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 высоколегированных сталей
СВГ-1,5.2/8,5М1	10	850	∅150×200	Закалка, цианирование и отжиг стальных деталей
СВГ-3,5.4/8,5М1	30	850	∅350×400	То же

Наименование, марка	Мощность, кВт	Максимальная температура, °С	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. Яловые 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 м³/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

<i>Предисловие</i>	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 металлизацией	96
Глава 4. Восстановление деталей пайкой	103.
Резка металла при восстановлении деталей	109
Глава 5. Восстановление деталей гальванопокрытиями	111
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
Глава 6. Восстановление деталей полимерными материалами	132
Восстановление деталей методом нанесения полимерных покрытий с комбинированным подслоем	140
Глава 7. Восстановление деталей из алюминиевых сплавов	141
Ручная электросварка	142
Газовая сварка без флюсов	142
Газовая сварка с использованием флюсов	143
Электродуговая сварка угольным электродом	143
Ручная аргоно-дуговая сварка	144
Глава 8. Восстановление чугунных деталей пайкосваркой	144
Глава 9. Способы восстановления чугунных деталей сваркой	146
Холодная сварка	146
Полугорячая сварка	150
Горячая сварка	152
Механизированная сварка чугуна самозащитной проволокой ПАНЧ-11 без подогрева	152
Глава 10. Слесарно-механические способы восстановления деталей	153
Способ ремонтных размеров	153
Восстановление резьбы	154

Глава 11. Технологические процессы восстановления основных деталей	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 широкоходной 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
Глава 12. Способы поверхностного упрочнения восстанавливаемых деталей	205
Глава 13. Термическая и химико-термическая обработки восстанавливаемых деталей	219
Упрочнение наплавленных деталей поверхностной закалкой	225
Упрочнение восстанавливаемых деталей нитроцементацией	228
Упрочнение восстанавливаемых деталей лазером	231
Электромеханическое упрочнение восстанавливаемых деталей	232
Глава 14. Совмещенные методы упрочнения и восстановления изношенных поверхностей деталей	243
Восстановление деталей наплавкой, совмещенной с ме-	

ханической обработкой и пластическим деформированием	243
Упрочнение восстанавливаемых деталей электроферромагнитным борированием	245
Упрочнение восстанавливаемых деталей проковкой после наплавки	246
Термомеханическое упрочнение деталей, наплавляемых виброугловым способом	249
Упрочнение стальных коленчатых валов наплавкой под слоем легирующего флюса с последующим азотированием	251
Восстановление деталей наплавкой, совмещенной с упрочняюще-размерной обработкой	253
Глава 15. Расчет величины слоя наносимого материала на изношенные поверхности деталей	254
Глава 16. Механическая обработка восстанавливаемых деталей	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
Глава 17. Инструментальные материалы, применяемые при точении восстанавливаемых деталей	276
Рекомендации по эксплуатации абразивного инструмента	280
Глава 18. Выбор метода и средства измерения восстанавливаемых деталей	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
Глава 19. Материалы, применяемые при восстановлении деталей	297
Сварочно-наплавочные материалы	297
Глава 20. Оборудование для восстановления деталей	325
Глава 21. Техника безопасности при восстановлении деталей	342
При газо-электросварочных и наплавочных работах	342
При работе в гальванических цехах	344
При работе с полимерными материалами	345
<i>Литература</i>	346