

ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Целесообразность восстановления деталей

1. Дефекты детали возникают в результате воздействия многих причин (давление, скорость трения, температура, материал деталей, качество поверхности трения, условия эксплуатации и т.д.) – это функция нескольких десятков переменных, однозначно решить которую невозможно. Поэтому **создание равнопрочного автомобиля**, у которого все детали выходят из строя одновременно, **невозможно даже теоретически**. Можно значительно увеличить ресурс, однако в конце регламентного цикла все детали будут значительно (от 10 до 100 %) разниться по своей дальнейшей пригодности.

2. **Износ пар трения после регламентного ресурса машины не превышает 0,5% от веса детали, т.е. свыше 99,5% материала**, на который затрачено первичных природных ресурсов в 100-150 раз больше веса самой детали, выводятся из оборота. Парадокс - затраченный на производство автомобиля материал **использован всего на 0, 5% !!!???**. Здесь следует отметить, что добываемые в настоящее время невозобновляемые природные ресурсы используются всего только на 1,5-2,0%. В лучшем случае 50-60% изношенных деталей поступает **в утиль**, для переработки которого опять требуются первичные природные ресурсы. При этом до 60% металла теряется при переплавке и обработке, а загрязнения окружающей среды снижается не более чем на 60%, в то время как в природе их в 5-10 раз больше, чем она может их локализовать.

Износ деталей в процессе эксплуатации очень незначителен (0,01...0,3 мм).

Износ δ, мм	0,01...0,07	0,07...0,14	0,14...0,21	0,28...0,35	>0.49
% от общего числа	44	33	13	5	5

3. На изготовление деталей затрачены природные, материальные, финансовые и трудовые ресурсы, которые, оказывается, использованы только на 0,5%. Таким образом, изношенные детали машин сохраняют в себе 99,5% первоначальной стоимости, которую можно реализовать восстановлением этих деталей.

4. Современные технологии позволяют восстанавливать изношенные детали до номинальных (и даже превышающих их) параметров с себестоимостью до 40% от новых, изготовленных из первичных материалов. Поэтому восстановленные детали на 100% и более обеспечивают заложенный конструкцией регламентный ресурс машины.

5. Расход первичных материалов при восстановлении снижается в 10-100 раз, поэтому количество загрязнений в снижается также в 10-100 раз. С учетом выбраковки части деталей (до 20%) количество загрязнений при реновации технического изделия снижается в 5-20 раз. Таким образом, восстановление изношенных деталей обеспечивает не только высокую технико-экономическую эффективность, но и ещё более высокую эколого-экономическую эффективность, которая в настоящее время приоритетна во всех сферах человеческой деятельности.

- Экономическая целесообразность – материальные, трудовые, энергетические ресурсы при восстановлении в 10...100 раз меньше, чем при изготовлении.
- Технологические работы в 4...6 раз меньше, чем при изготовлении.
- Техническая возможность восстановления до ресурса $\geq L$ м.р. автомобиля.
- Себестоимость восстановления на 70...90% меньше, чем себестоимость изготовления новой детали, т.е.

$$S_{BOCT} = (10...30\%) \cdot S_H$$

- Экологическая целесообразность – **загрязнения окружающей среды в 5-20 раз меньше**, чем при изготовлении.

В высокоразвитых странах — США, Англии, Японии, ФРГ — реновация автомобильных деталей в основном осуществляется на предприятиях-изготовителях автомобилей. В США удовлетворение потребности автотранспортных средств в запасных частях обеспечивается на 25 % в результате восстановления деталей. Восстановлением деталей занято около 800 фирм и компаний, к ним относятся как специализированные фирмы, так и фирмы, производящие комплектующие изделия для автомобилестроительных предприятий, в общем объеме продукции которых 10 — 40% приходится на выпуск восстановленных деталей. Ремонтным фондом служат детали со списанных автомобилей, которые поставляют фирмы-производители или фирмы, специализирующиеся на переработке негодных автомобилей [14, 16, 83, 89]. (Мегазаводы Танки – ролик)

Известно, что за рубежом реновационное производство различной техники распространено достаточно широко. В США, например, ремонтом техники занимается свыше 70 тыс. предприятий, в том числе, более 50% - различными видами ремонта автомобилей. Фирма «Caterpillar» построила в 2000 году завод в г. Коринф (штат Миссисипи) **по ремонту 4000 дизельных двигателей и блоков цилиндров в год с восстановлением 100% ресурса**. Цена отремонтированного двигателя не превышает половины цены нового двигателя. Эффект от ремонта и модернизации двигателей оказался настолько значительным, что «Caterpillar» создал новое отделение, выручка от деятельности которого в 2005 году составила уже 1 млрд. долларов.

Фирма «Рей Си Кол» в промышленных масштабах восстанавливает газотермическим напылением коленчатые валы и ремонтирует другую продукцию фирмы «Дизель Детройт Элиссон». Стоимость восстановленного вала в 5 раз ниже нового, а ресурс значительно выше.

Фирма «Рено» на трёх специальных заводах организовала восстановление агрегатов автомобилей в городах: Леман, Бийанкур и в пригороде Парижа - Шуази-Ле-Руа.

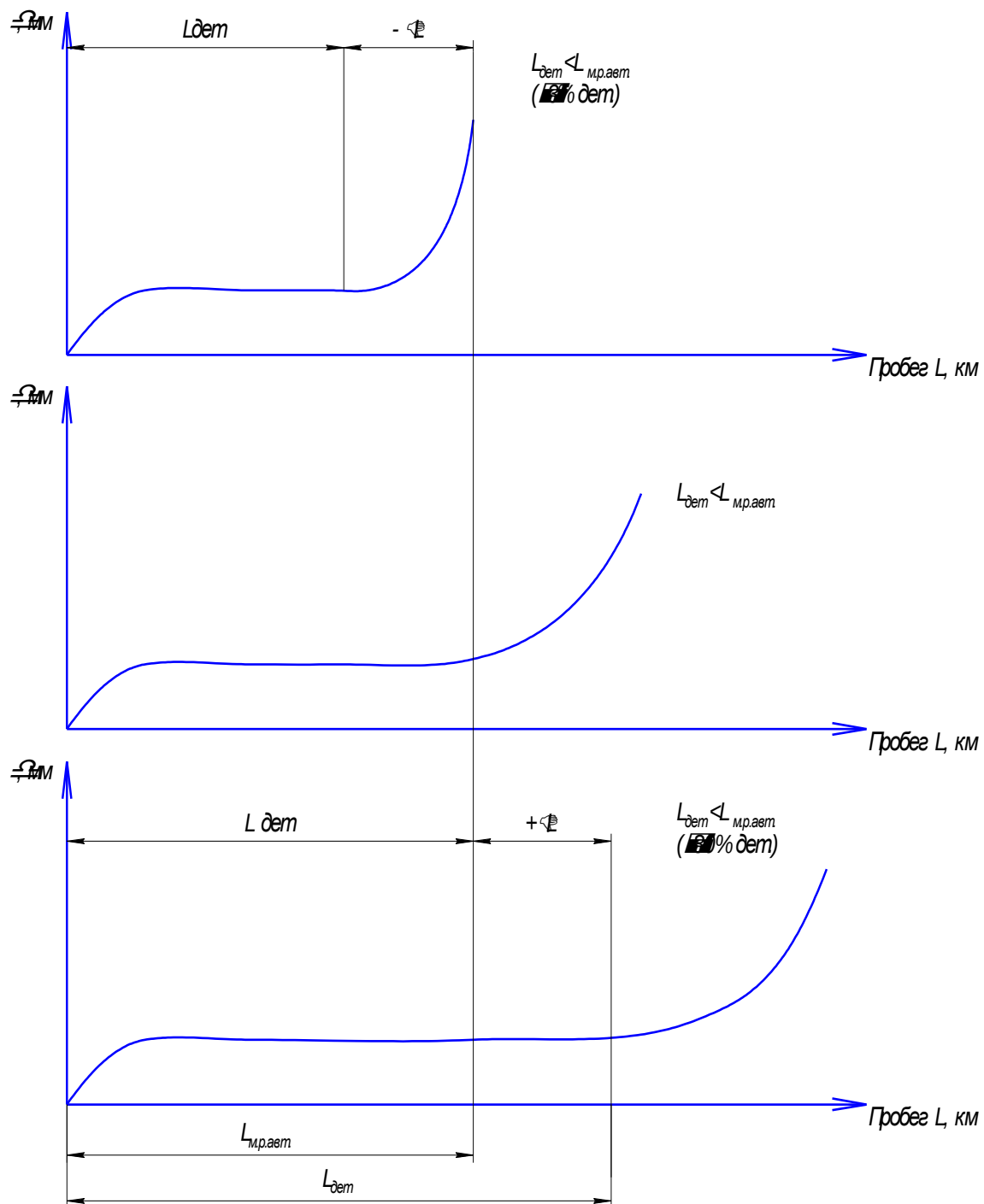
Реновационное производство на сегодня самое чистое и не имеет другой экологической альтернативы. Реализация концепции промышленной реновации большинства технических изделий, в том числе автомобилей, потребляющих около трети мирового производства черных металлов, позволит решить многие задачи по проблемам ресурсосбережения, загрязнения окружающей среды и глобального потепления.

Классификация изношенных деталей

I группа – Детали, которые выбраковываются до КР автомобиля

II группа – «идеальные» детали;

III группа – детали с остаточным ресурсом.

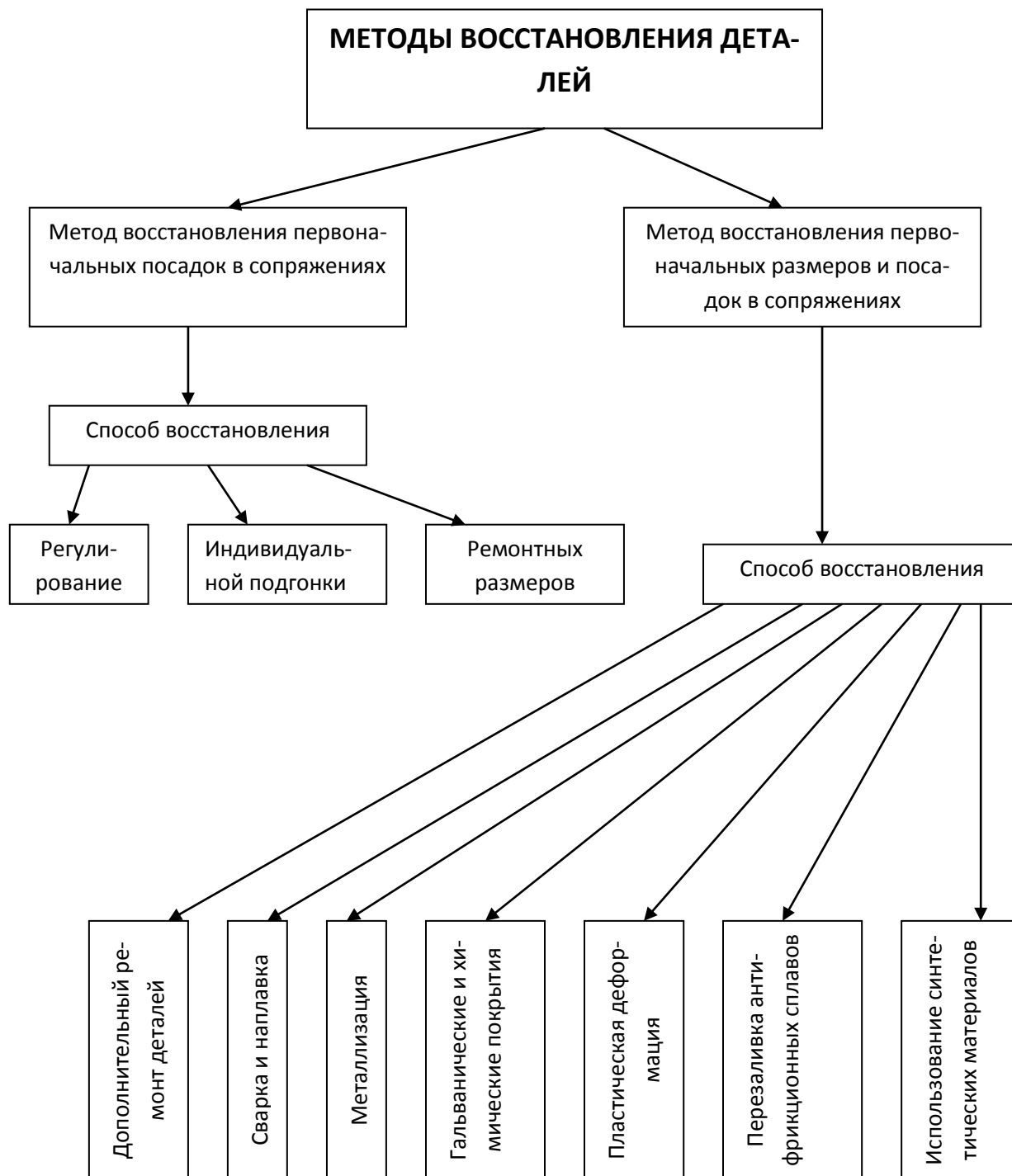


Классификация изношенных деталей

Основные требования к способам восстановления

1. Способ должен обеспечить восстановление первоначальных параметров детали;
2. Деталь не должна снижать показатели прочности и износостойкости;
3. Наносимый слой детали должен иметь хорошую сцепляемость с основой;
4. Механическая обработка после восстановления должна быть простой и нетрудоемкой;
5. Материалы для восстановления не должны быть дефицитными и дорогими;
6. Экономичность способа;
7. Экологичность восстановления.

Классификация методов и способов восстановления деталей



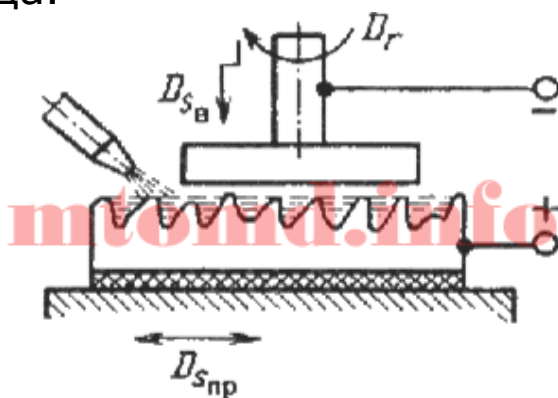
Способ ремонтных размеров (См. лаб. работы 2,18) предполагает обработку изношенной поверхности под следующий ремонтный размер и установку ремонтной детали. Этот способ хороший, простой, но требуется

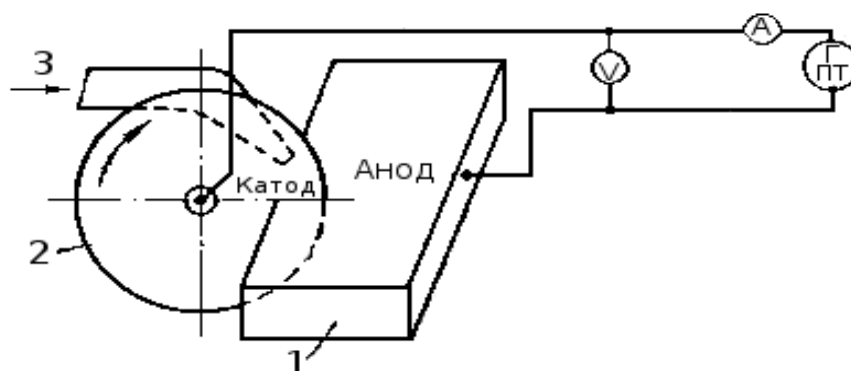
большое количество деталей различных ремонтных размеров.

Особенности механической обработки восстановленных деталей

1. Вся механическая обработка начинается с восстановления базовой поверхности (базирование по изношенной поверхности не допустимо).
2. Необходимо учитывать, что неравномерный износ детали обуславливает неравномерный припуск на обработку и снижение жесткости системы СПИД, что вызывает неточность размерную и пространственную.
3. В зависимости от способов восстановления режимы обработки одинаковых поверхностей детали могут быть различными.
4. Обязательно предполагается предварительная обработка до удаления следов износа.
5. В связи с необходимостью обработки твёрдых покрытий рекомендуется применять твердые сплавы типа ТК и ВК.
6. Особое внимание необходимо обращать на обработку Cr-поверхностей, когда при неправильных режимах возможно появление микротрещин под слоем хрома.
7. Для обработки твёрдых восстановленных поверхностей рекомендуется анодно-механическая обработка.

Сущность **анодно-механической обработки** состоит в том, что направленное **разрушение металла** происходит в результате анодного растворения, термического действия электрического тока и механического удаления продуктов распада.





Примерные режимы резания наплавленных поверхн.

Подача, мм/об	Черновое точение				Чистовое точение			
	1,0	2,0	3,0	4,0	0,2	0,5	0,7	1,0
	V при глубине резания t, мм							
0,15	-	-	-	-	138	123	115	110
0,3	29	28	27	26	77	71	67	65
0,5	15	15	14	14	50	45	44	42

Восстановление способом дополнительной ремонтной детали (ДР)

Сущность данного способа заключается в том, что с детали удаляется изношенный слой и на это место устанавливается дополнительная ремонтная деталь. При этом сохраняется номинальный размер. Окончательная обработка производится только после запрессовки или сварки.

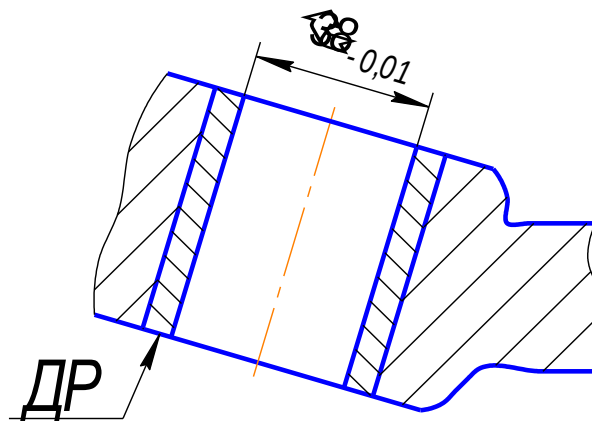
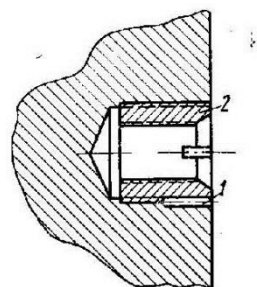


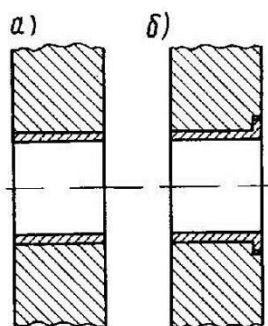
Схема способа восстановления дополнительной ремонтной деталью шкворня ЗИЛ-130

Усилие запрессовки:
$$F = p \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot f$$

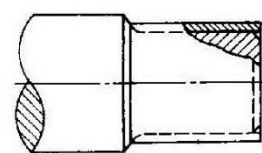
Таким способом восстанавливается даже шлицевой конец полуоси: шлицевой конец срезается, изготавливается дополнительная ремонтная деталь, приваривается встык и проводится окончательная механическая обработка.



Восстановление изношенных нарезных отверстий постановкой свертыша:
1 — стопорная шпилька;
2 — свертыш

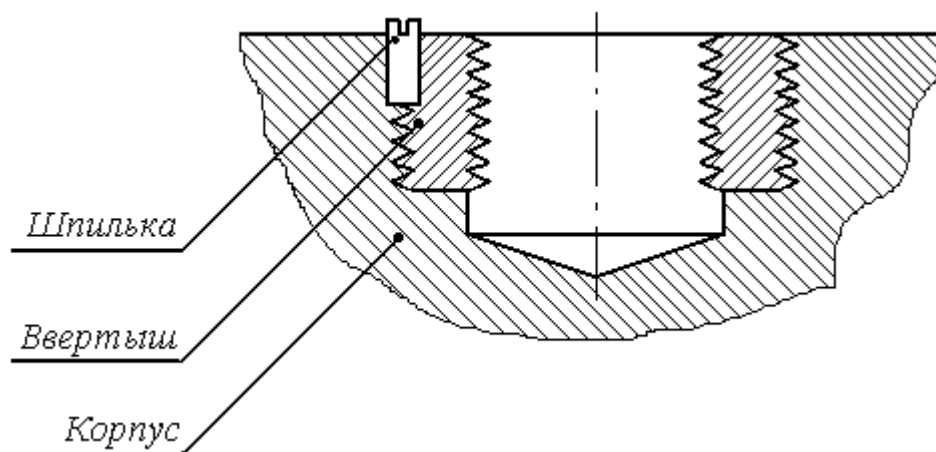


Восстановление изношенных гладких отверстий запрессовкой втулок:
а — без буртика; б — с буртиком



Восстановление изношенной концевой шейки вала напрессовкой втулки

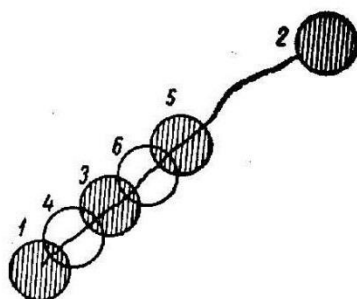
Ввертыш вместо изношенной езбы крепят стопорными шпильками или приклеивают.



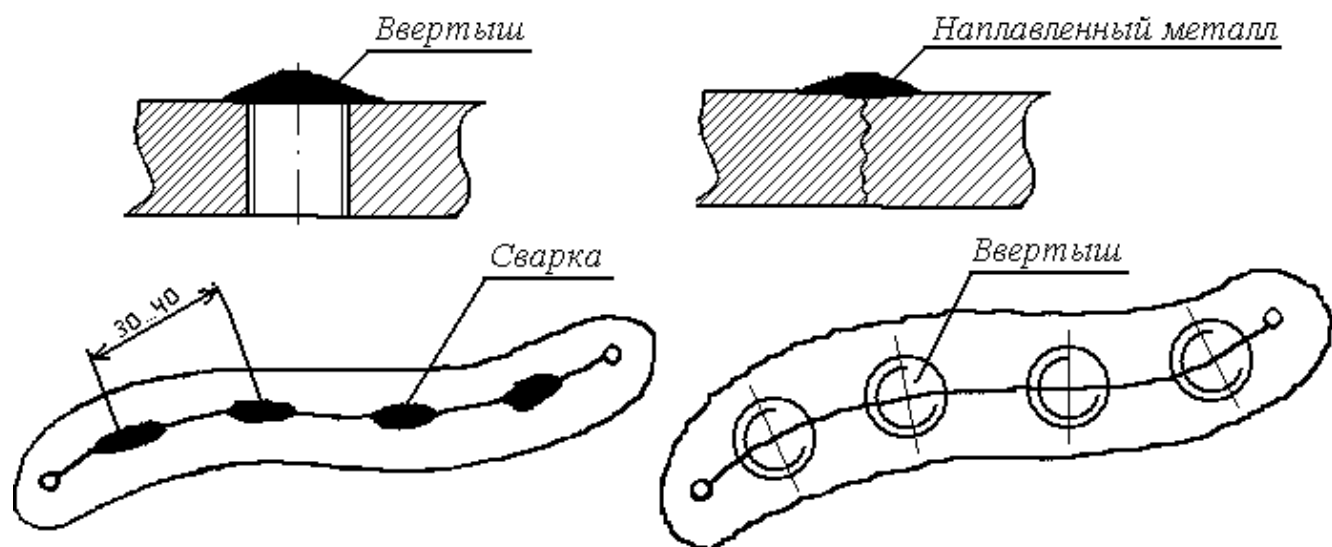
Штифтовка трещин

При восстановлении необходимо определить концы трещины и засверлить их. Затем нарезается резьба и за-
винчиваются штифты; их головки необходимо срезать. Так повторить по всей длине трещины, обеспечивая пере-
крытие штифтов.

По окончании срезанные штифты в трещине необхо-
димо расклепать.



Порядок
сверления отверстий
для штифтовки по
длине трещины



Способы сварки и наплавки

Достоинства способа:

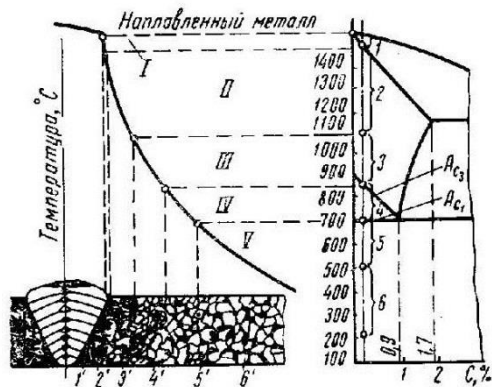
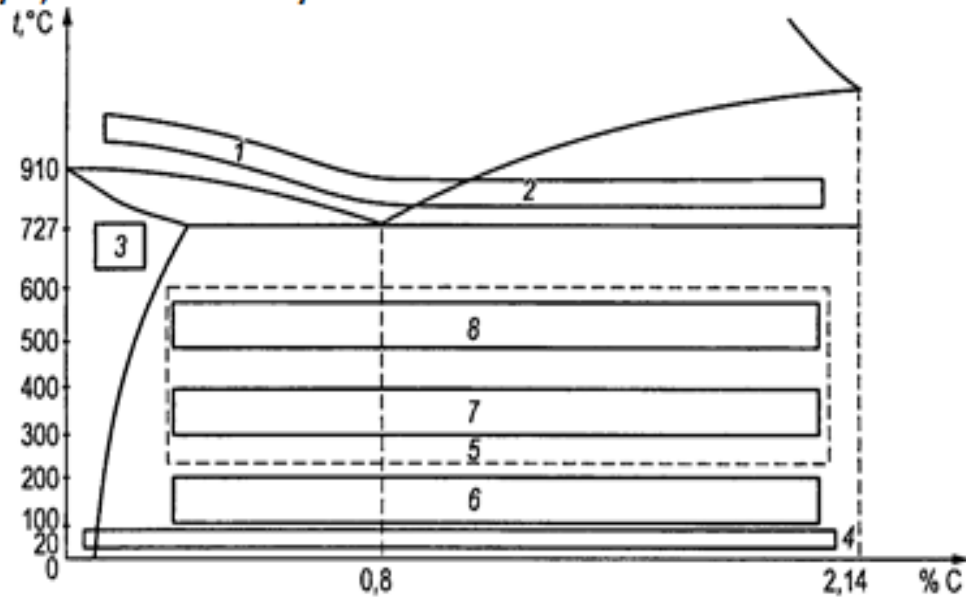
- + широкая универсальность; простота;
- + возможность использования различных материалов.

Недостатки:

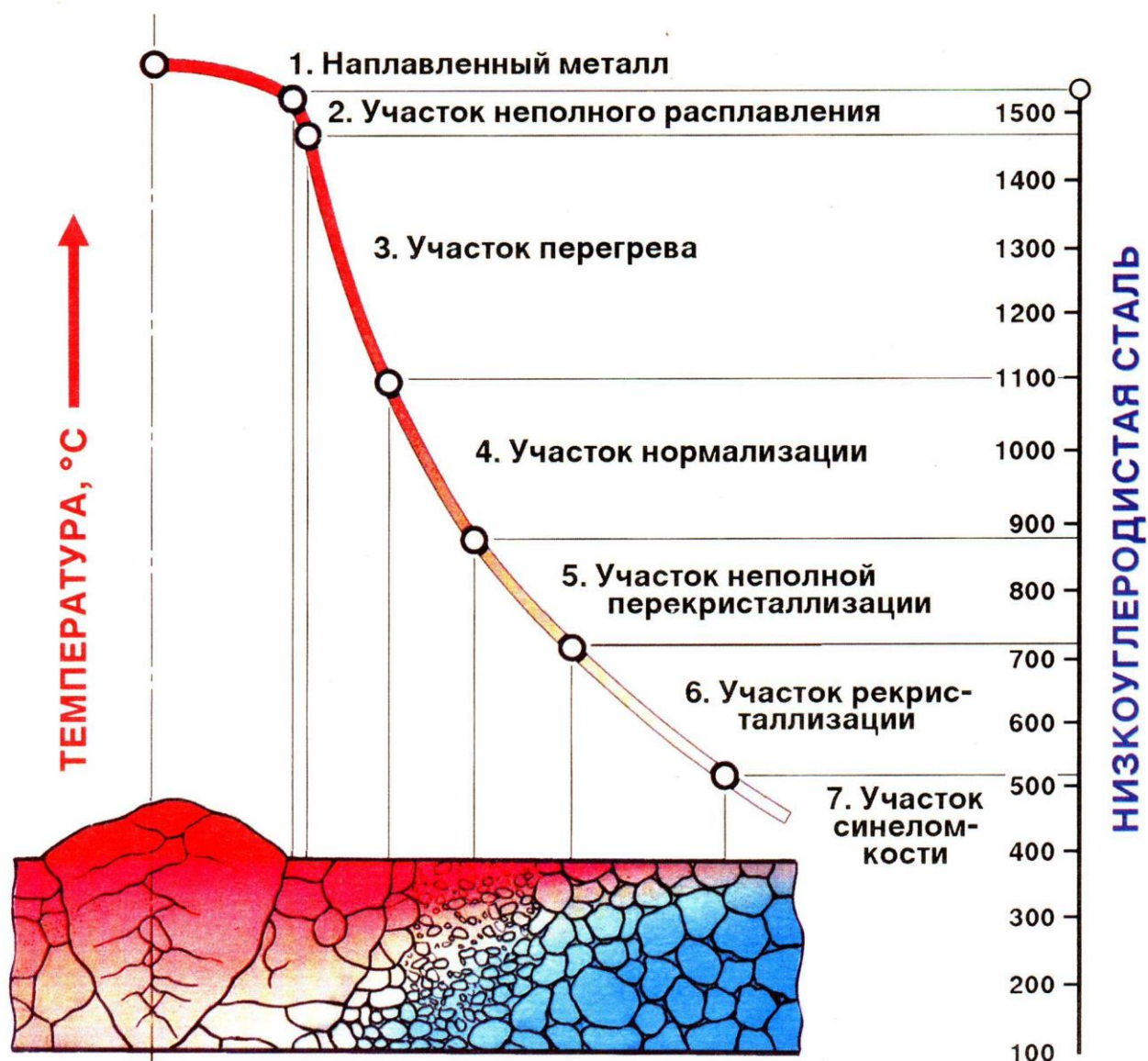
- структурные изменения *Мев* зоне сварки за счет высокой температуры, которые приводят к образованию окислов, нитридов, карбидов *Me*, появлению структурных изменений, внутренних напряжений, микротрещин и **снижению усталостной прочности**.
- детали, обеспечивающие безопасность движения, таким способом восстанавливать нельзя.

В процессе сварки в результате температурного воздействия появляются зоны термического влияния (**ЗТВ**) – это участок материала в зоне сварочного шва, который подвержен нагреву, в результате чего в этой зоне возникают структурные изменения, снижающие физико-механические свойства материала.

Участок диаграммы состояния Fe - C со значениями температуры различных видов термической обработки углеродистой стали: 1 - полная закалка с полиморфным превращением; 2 - неполная закалка с полиморфным превращением; 3 - закалка без полиморфного превращения; 4 - естественное старение; 5 - искусственное старение; 6 - низкий отпуск; 7 - средний отпуск; 8 - высокий отпуск



Участки зоны термического влияния при среднеуглеродистой стали:
 I — участок неполного расплавления; II — участок перегрева; III — участок нормализации;
 IV — участок неполной рекристаллизации; V — участок отпуска; I-6 и I'-6' — структура металла, соответствующая участкам I-V



ХАРАКТЕРИСТИКИ УЧАСТКОВ

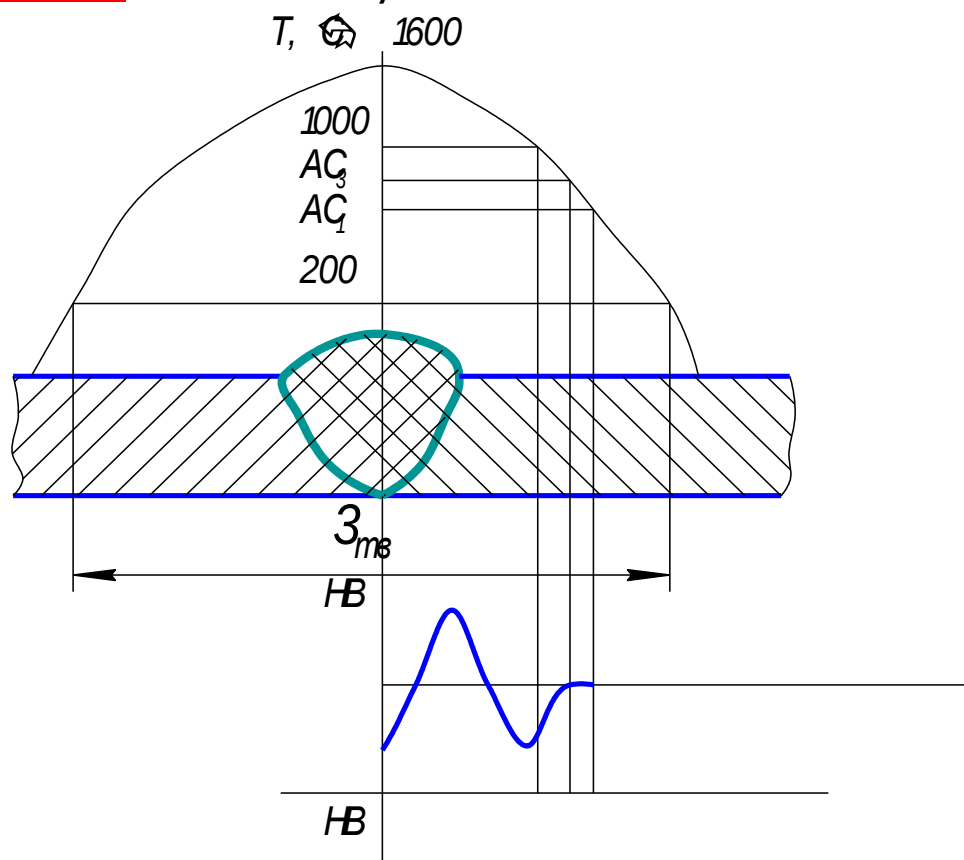
№	СТРУКТУРА МЕТАЛЛА	Температура, °C	Ширина, мм
1	Столбчатая, литая, с пониженными механическими свойствами	1530±5	1,2 ширина шва
2	Рост зерна, образование игольчатой структуры с повышенной хрупкостью	1530-1470	0,1-0,4
3	Крупнозернистое строение с пониженной ударной вязкостью и пластичностью	1470-1100	3-4
4	Измельчение зерна, повышение механических свойств	1100-880	0,2-4,0
5	Смешанное строение из мелких и крупных зерен с пониженными механическими свойствами	880-720	0,1-3,0
6	Восстановление формы и размеров зерен металла	720-510	0,1-1,5
7	Структурных изменений не имеет	510-200	0,8-12

1500...1000 – зона полного структурного превращения;

1000...Ac3 - зона нормализации и закали;

Ac3...Ac1 – зона неполного превращения;

Ac1...200 – зона отпуска



Изменение твердости в ЗТВ

Размеры ЗТВ

Вид сварки	ЗТВ, мм			Σ , мм
	Пере-грев	Нормали-зация	Неполное превраще-ние	
1. Электрод с качественным покрытием	2,2	1,6	2,2	6,0
2. Автоматическая	1,2	0,8...1,7	0,7	2,6
3. Газовая	21,0	4,0	2,0	27

4. Сварка в CO_2				1,0
5. Сварка в аргоне				0,5

Большое влияние на ЗТВ оказывает время воздействия сварки, условия сварки (флюс, шлак, сварочный газ), условия нагрева и охлаждения, а также легирующий состав.

СВАРИВАЕМОСТЬ СТАЛЕЙ

Свариваемость – это способность материалов образовывать качественное сварное соединение.

Стали с содержанием углерода до 0,3% свариваются без проблем, а с увеличением содержания углерода более 0,3% качество сварки ухудшается. Для обеспечения нормальной сварки таких сталей и чугуна необходимо наличие специальных технологических условий.

Хром в любом количестве образует тугоплавкие соединения и карбиды, снижая качество сварки.

Никель на качество сварки не влияет, он повышает пластичность *Me*.

Молибден способствует образованию закалочных структур, ухудшая качество сварки.

Ванадий и вольфрам усложняют сварку, образуя закалочные структуры.

Марганец при содержании менее 1,5% благоприятно влияет на качество сварки, при большем количестве приводит к образованию закалочных структур.

Титан (в сочетании с никелем) затрудняет сварку.

Сера и фосфор в очень небольших количествах (до 0,1%) затрудняют сварку.

Кремний при содержании до 0,8% никак не влияет на качество сварки, но при большем количестве способствует образованию закалочных структур и ухудшает сварку.

СВАРИВАЕМОСТЬ - способность металлов образовывать качественное сварное соединение, удовлетворяющее эксплуатационным требованиям

ЭКВИВАЛЕНТНОЕ СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА $C_{эк}$ - количественная характеристика свариваемости. Она определяется по формуле:

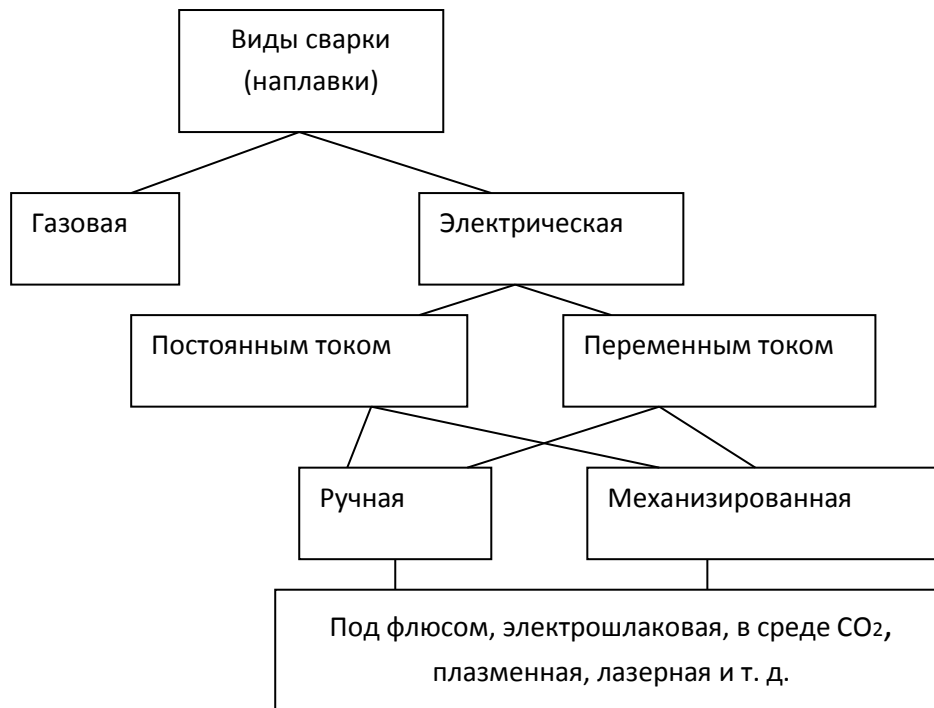
$$C_{эк} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15},$$

где C - содержание углерода, %;
Mn, Cr... - содержание легирующих элементов, %

ГРУППА СВАРИВАЕМОСТИ	$C_{эк}$ %	МАРКИ СТАЛЕЙ		
		Углеродистые	Легированные	Высоколегированные
I Хорошая	До 0,25 вкл.	ВСт1; ВСт2; ВСт3; ВСт4; Стали 08; 10; 15; 20; 25	15Г; 20Г; 15Х; 15ХА; 20Х; 15ХМ; 20ХГСА; 10ХСНД; 10ХГСНД; 15ХСНД	08Х20Н14С2; 20Х23Н18; 08Х18Н10; 12Х18Н9Т; 15Х5
II Удовлет- ворительная	Свыше 0,25 до 0,35 вкл.	ВСт5; Стали 30; 35	12ХН2; 12ХН3А; 20ХН3А; 20ХН; 20ХГСА; 30Х 30ХМ; 25ХГСА	30Х13; 12Х17; 25Х13Н2
III Ограниченная	Свыше 0,35 до 0,45 вкл.	ВСт6 Стали 40; 45	35Г; 40Г; 45Г; 40Г2; 35Х; 40Х; 45Х; 40ХМФА; 40ХН; 30ХГС; 30ХГСА; 35ХМ; 20Х2Н4МА	17Х18Н9; 12Х18Н9; 36Х18Н25С2; 40Х9С2
IV Плохая	Свыше 0,45	Стали 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85	50Г; 50Г2; 50Х; 50ХН; 45ХН3МФА; ХГС; 6ХС; 7Х3	40Х10С2М; 40Х13; 95Х18; 40Х14Н14В2М; 40Х10С2М

ГРУППА СВАРИВАЕМОСТИ	УСЛОВИЯ СВАРКИ
I	Без ограничений, в широком диапазоне режимов сварки независимо от толщины металла, жесткости конструкций, температуры окружающей среды
II	Сварка только при температуре окружающей среды не ниже - 5 °С, толщине металла менее 20 мм при отсутствии ветра
III	Сварка с предварительным или сопутствующим подогревом до 250 °С в жестком диапазоне режимов сварки
IV	Сварка с предварительным и сопутствующим подогревом, термообработкой после сварки

Классификация способов сварки и наплавки



Газовая сварка

Назначение – сварка и резка стальных, чугунных, титановых, алюминиевых деталей, тонколистового материала, деталей сложного профиля и др.

Применяются горючие газы:

- водород ($t=2000^{\circ}\text{C}$);
- пары бензина ($t=2800^{\circ}\text{C}$);
- пропан-бутан ($t=2500^{\circ}\text{C}$);
- ацетилен ($t=3000^{\circ}\text{C}$) – применяется очень широко.

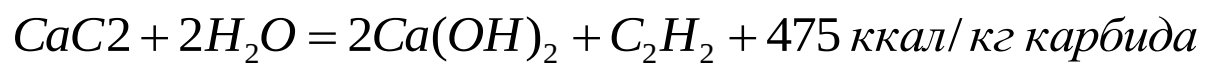
Газовое пламя бывает:

- окислительное (избыток O_2);
- восстановительное (избыток горючего газа);
- нейтральное (соотношение O_2 и горючего газа 1:1)

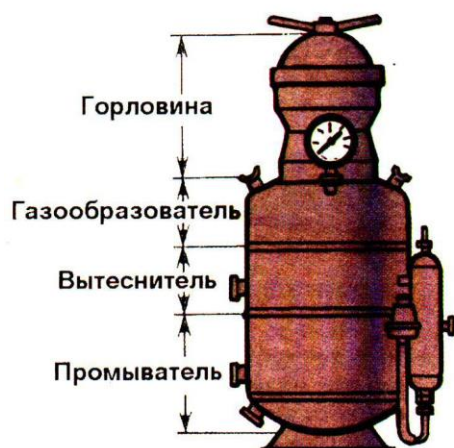
Восстановительное и нейтральное пламя используется при сварке, окислительное – при резке.

Горючие газы поставляются, как правило, в баллонах или вырабатываются в генераторах (ацетилен)

Химическая реакция, происходящая в ацетиленовом генераторе:

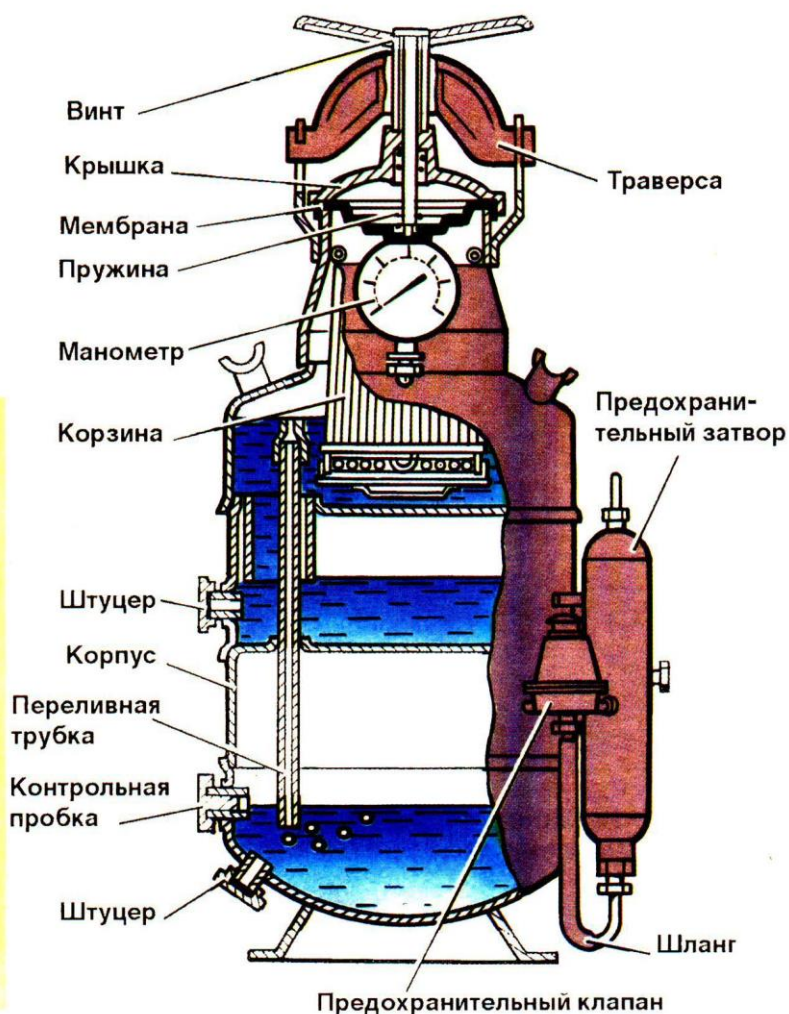


Ацетиленовый генератор - устройство для получения ацетилена (C_2H_2) путем взаимодействия карбида кальция с водой.
ВНИМАНИЕ: ацетилен образует с воздухом взрывоопасные смеси



ПОРЯДОК РАБОТЫ

1. Проводят внешний осмотр генератора, затвора, соединений
2. Заливают воду через горловину до уровня контрольной пробки
3. Загружают корзину карбидом кальция массой и грануляцией, соответствующими паспорту
4. Осторожно опускают корзину в генератор. При контакте с водой выделяется ацетилен, который вытесняет воздух из газообразователя (продувка)
5. Через 5-10 с крышку герметизируют, затягивая винт по часовой стрелке
6. В процессе образования ацетилена следят за показаниями манометра
7. При падении давления в генераторе его разряжают



ПРАВИЛА ОТКУПОРКИ БАРАБАНОВ С КАРБИДОМ КАЛЬЦИЯ



- При вскрытии барабана зубилом вырубку начинают со стороны, обратной продольному шву барабана. Зубило и молоток должны быть из материалов, не образующих искр

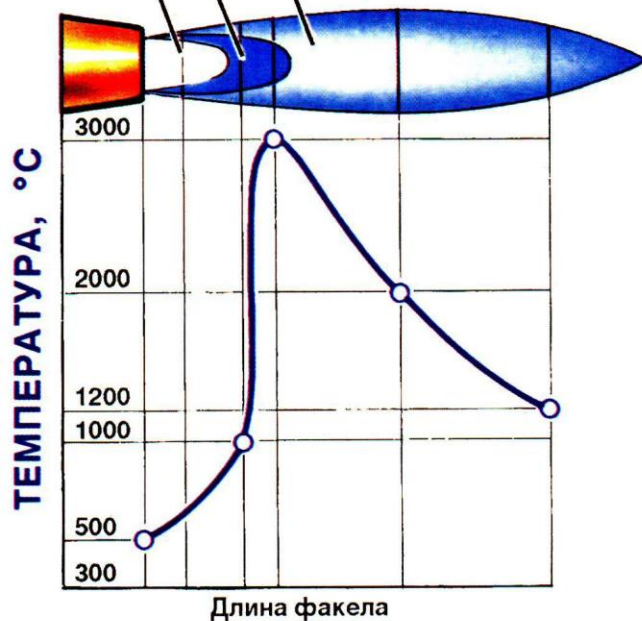
- При вскрытии барабана специальным ножом на место реза наносят слой тавота толщиной 2-3 мм

РАБОТАТЬ
В РУКАВИЦАХ И ОЧКАХ

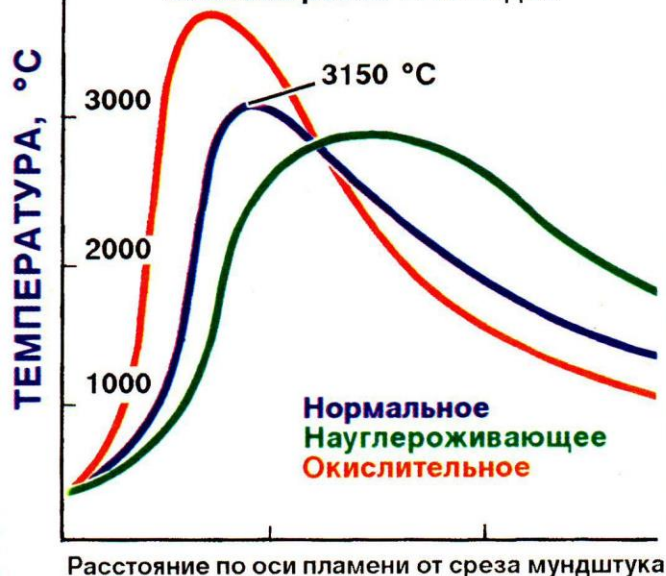
- Карбид кальция доставляют в герметичных бидонах. Допускается для разовой зарядки доставлять его в ведре, прикрытом брезентом или резиной

СТРОЕНИЕ ПЛАМЕНИ

Ядро - продукты распада ацетилена, сгорающие в оболочке ядра
Восстановительная зона - окись углерода и водород, раскисляющие сварочную ванну
Факел - область полного сгорания



Изменение температуры пламени различных видов



СОСТАВ ПЛАМЕНИ

Ацетилено-кислородное
 Пропан-бутан-кислородное
 Метан-кислородное

Максимальная температура, °C

3150
 2400
 2150

ВИДЫ ПЛАМЕНИ

● НОРМАЛЬНОЕ

соотношение ацетилена и кислорода от 1:1 до 1:1,1



Ядро - резко очерченное, цилиндрической формы с плавным закруглением, ярко светящейся оболочкой, четко выражены все три зоны. Используют для сварки большинства сталей, сплавов и цветных металлов

● НАУГЛЕРОЖИВАЮЩЕЕ

соотношение ацетилена и кислорода более 1:0,95 (избыток ацетилена)



Ядро теряет резкость очертания, на конце появляется зеленый венчик, восстановительная зона бледнеет и почти сливается с ядром. Факел желтеет. Используют для сварки чугуна, наплавки твердыми сплавами

● ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ

соотношение ацетилена и кислорода менее 1:1,3 (избыток кислорода)



Ядро конусообразное, укороченное, имеет менее резкие очертания, бледнеет. Пламя - синевато-фиолетовое, горит с шумом. Все зоны сокращаются по длине. Окисляет металл. Шов получается хрупким и пористым. Используют при сварке латуни

Расстояние, на котором достигается максимальная температура

2-6 мм от конца ядра
 2,5 длины ядра от среза мундштука
 3-3,5 длины ядра от среза мундштука

МОШНОСТЬ ПЛАМЕНИ - характеризуется количеством ацетилена, проходящего за 1 час через горелку, необходимым для расплавления 1 мм толщины свариваемого металла. Регулируется наконечниками и вентилями горелки

Для сварки и резки используют газовые горелки со сменными мундштуками (№0...7). При этом расход ацетилена:

№0 – 20...60 л/ч;

№7 – до 2000 л/ч. Для резки используются большие наконечники, чтобы получить избыток O_2 .

ПАРАМЕТРЫ РЕЖИМА



- Мощность пламени
- Вид пламени
- Диаметр присадочной проволоки

ВЫБОР ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ ПЛАМЕНИ

Мощность пламени выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла и его теплофизических свойств и регулируют подбором наконечника горелки

Номер наконечника горелки	000	00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Толщина свариваемой низкоуглеродистой стали, мм	0,05-0,1	0,1-0,25	0,2-0,5	0,5-1,0	1,0-2,0	2,0-4,0	4,0-7,0	7,0-11,0	11,0-17,0	17,0-30,0	30,0-80,0	св. 80,0

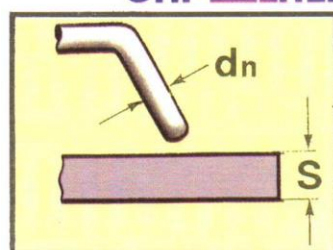
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИДА ПЛАМЕНИ

Вид пламени регулируют и устанавливают на глаз в зависимости от материала свариваемых деталей

- НОРМАЛЬНОЕ
- НАУГЛЕРОЖИВАЮЩЕЕ
- ОКИСЛИТЕЛЬНОЕ

ПОКАЗАТЕЛЬ		СВАРИВАЕМЫЙ МЕТАЛЛ							
		Углеродистая сталь	Легированная сталь	Чугун	Медь	Латунь	Алюминий и его сплавы	Цинк	Бронза
Удельный расход (л/ч) на 1 мм толщины металла	ацетилен	100-130	75	100-120	150-200	100-130	75	15-20	70-150
	кислород	110-140	80-85	90-110	165-220	135-175	80-85	20-25	80-165
Соотношение ацетилена и кислорода		1:1,1	1:1,1	1:0,9	1:1,1	1:1,3	1:1,1	1:1,1	1:1,1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАМЕТРА ПРИСАДОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ



Для сварки низко- и среднеуглеродистой стали диаметр присадочной проволоки определяют по формулам в зависимости от способа сварки и толщины металла

При левом способе

$$d_n = S/2 + 1 \text{ (мм)}$$

При правом способе

$$d_n = S/2 \text{ (мм)}$$

В качестве присадочного материала при сварке используют:

- стальные прутки Св08, Св10 и т.д.;
- чугунные прутки марки А и Б;
- алюминиевые прутки типа АО и АЛ.

При сварке используют флюсы:

Для стали - бура ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$);

Для алюминия – флюсы на основе LiCl (растворяют Al_2O_3).

Электрическая сварка

Производится способом неплавящегося электрода (способ Бенардоса Н.Н. – 1882 г.) и способом плавящегося электрода (способ Славянова Н.Г. – 1888 г.) за счет тепла электрической дуги.

Прямая полярность:

„-“ – электрод - 40% выделяемого тепла;

„+“ – деталь - 60% выделяемого тепла.

Обратная полярность:

„+“ – электрод;

„-“ – деталь. Применяется для снижения нагрева детали. Почему ??

Прямой полярности отдают предпочтение, потому что деталь быстрее расплавляется.

Обратная полярность применяется при сварке тонких деталей, а также деталей из легированной стали, наплавке и др., когда деталь нельзя перегревать.

При наплавке – всегда обратная полярность.

При постоянном токе достигается более высокое качество сварки, чем при переменном.

СВАРОЧНАЯ ДУГА

1

ВОЗНИКНОВЕНИЕ

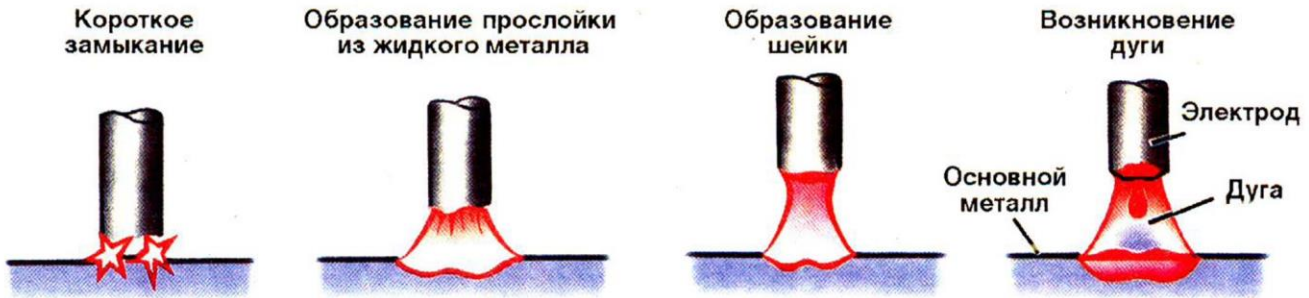
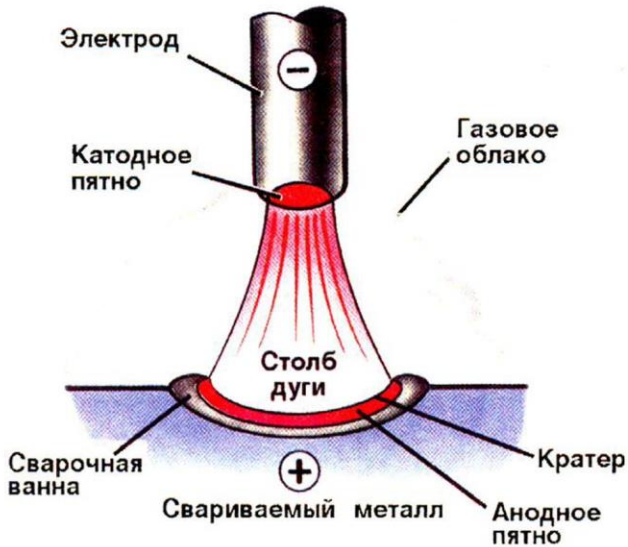


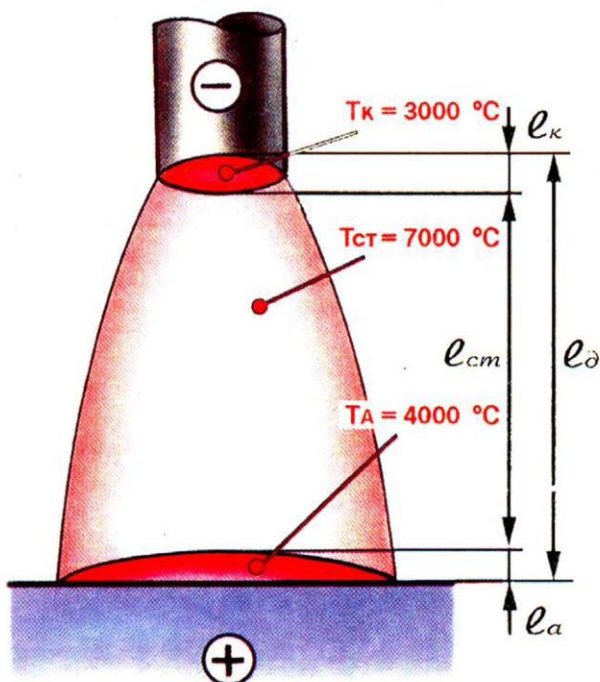
СХЕМА ГОРЕНИЯ



ПРОЦЕССЫ



СТРОЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ



l_k - катодная область

l_a - анодная область

l_{cm} - столб дуги

l_d - длина дуги

$l_d = l_a + l_k + l_{cm}$

$l_a \approx l_k = 10^{-5} \div 10^{-3} \text{ см}$

ТЕПЛОВАЯ МОЩНОСТЬ ДУГИ

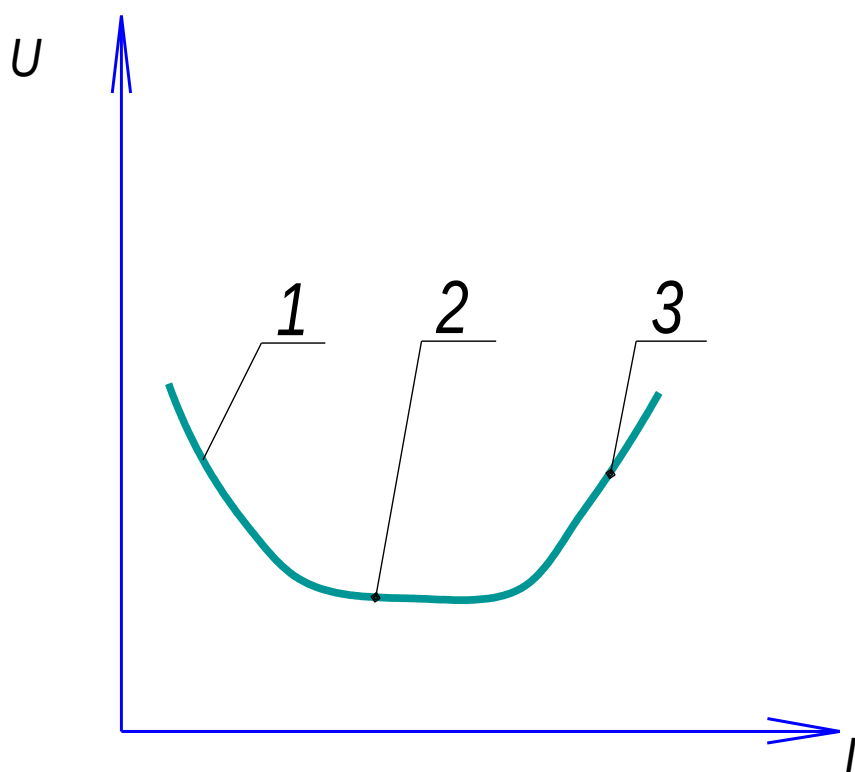
$$Q = 0,24 k I_{св} U_d,$$

где Q - тепловая мощность, кал/с;
 0,24 - коэффициент перевода электрических величин в тепловые, кал/Вт · с;
 k - коэффициент снижения мощности дуги при сварке на переменном токе (0,7-0,97);

$I_{св}$ - сварочный ток, А;

U_d - напряжение на дуге, В

Электрическая дуга характеризуется статической вольтамперной характеристикой $U_g=f(I)$.



Статическая В-А характеристика электрической дуги:

1 – падающая; 2 – жесткая; 3 – возрастающая.

$U_d = a + bL_d$ – падение напряжения в эл. дуге.

a и b – постоянные коэффициенты,

L_d – длина дуги, от которой зависит постоянство протекающего тока, т. е. качество сварки.

Устойчивость горения дуги зависит от соответствия внешней характеристики источника тока В-А характеристике дуги:

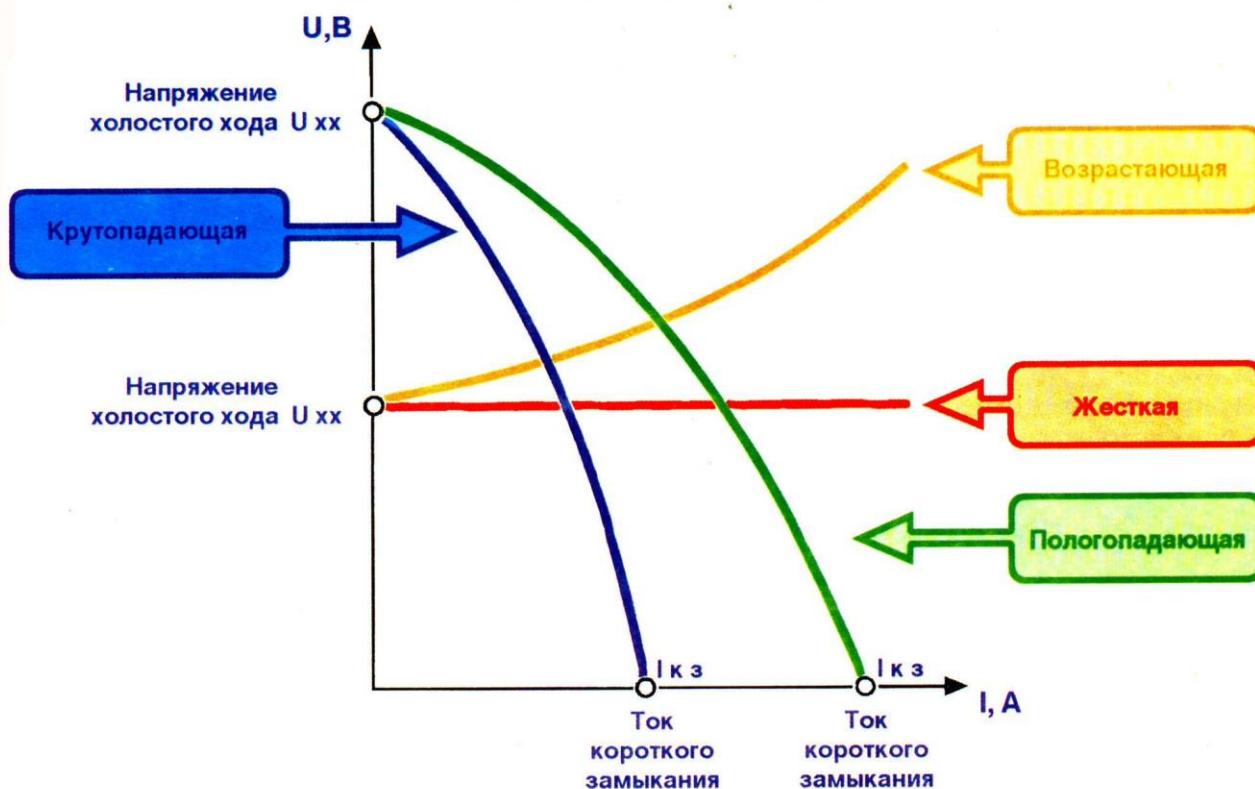
ручная сварка – крутопадающая характеристика.

механизированная сварка – жесткая хар-ка.

сварка в среде CO_2 и Ar – возрастающая.

ВНЕШНИЕ ВОЛЬТАМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ ДУГИ

5



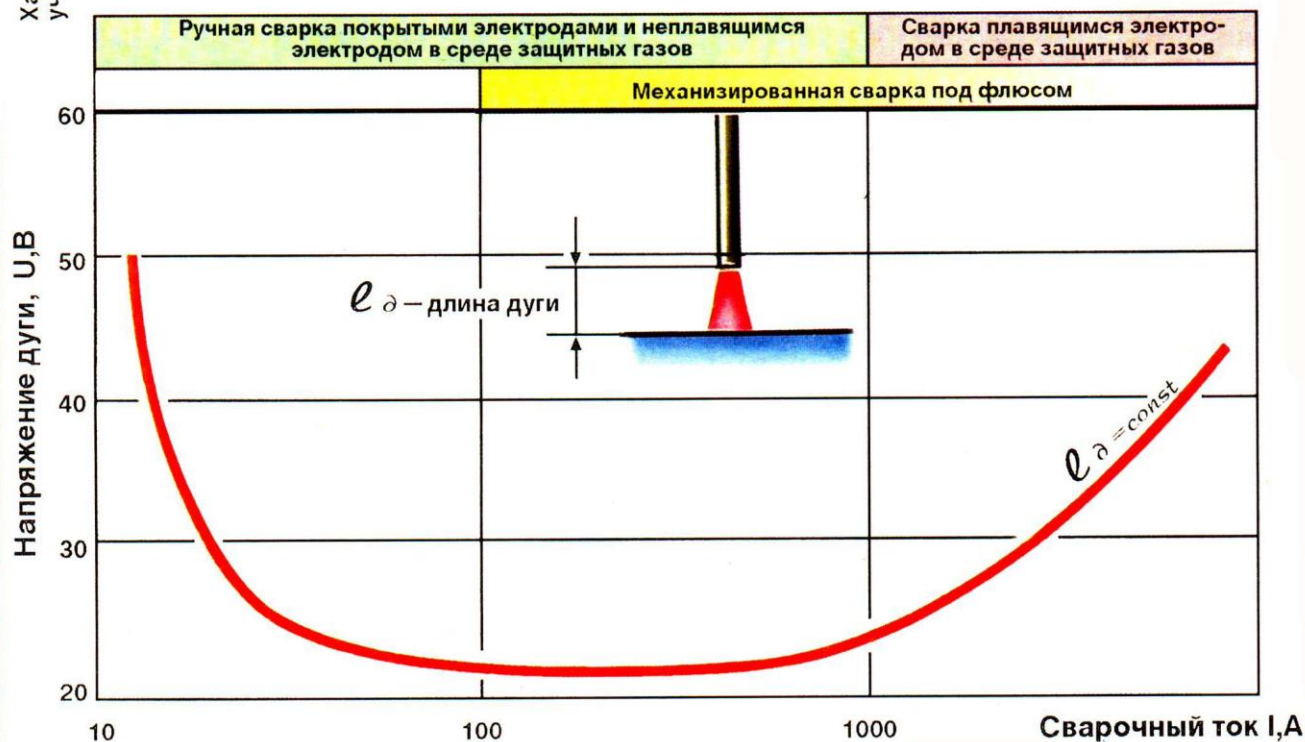
СТАТИЧЕСКАЯ ВОЛЬТАМПЕРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СВАРОЧНОЙ ДУГИ

Характеристика участка кривой

ПАДАЮЩАЯ. С увеличением тока напряжение резко падает, так как увеличивается площадь сечения столба дуги и его электропроводность

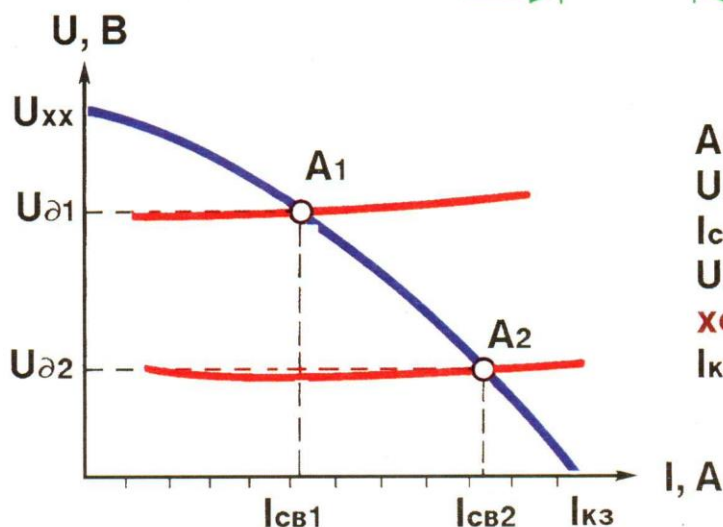
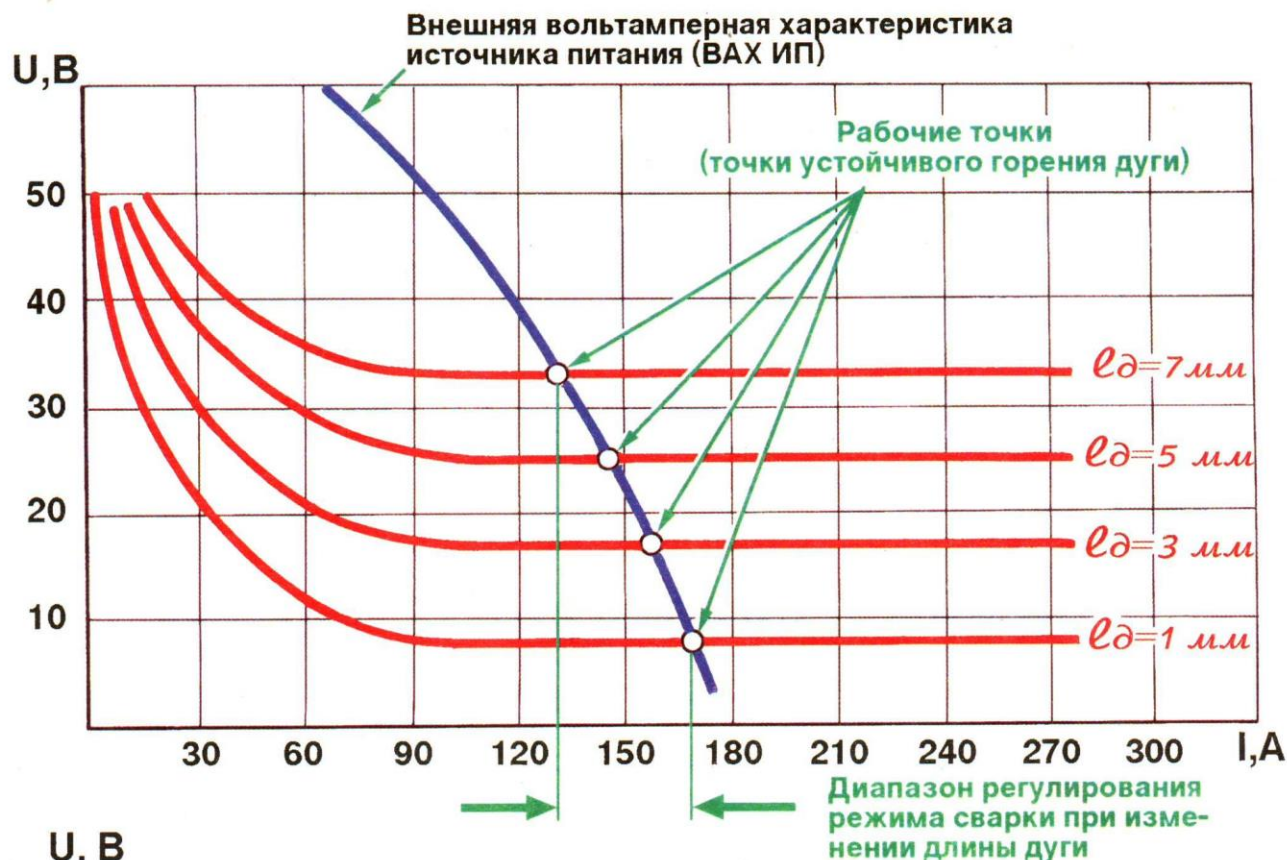
ЖЕСТКАЯ. С увеличением тока напряжение почти не изменяется, так как площадь сечения столба дуги увеличивается пропорционально току

ВОЗРАСТАЮЩАЯ. С увеличением тока напряжение возрастает, т.к. площадь катодного пятна не увеличивается из-за ограниченного сечения электрода



ВОЛЬТАМПЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДУГИ

4



$A_1; A_2$ - рабочие точки
 $U_{d1}; U_{d2}$ - напряжения на дуге
 $I_{св1}; I_{св2}$ - сварочный ток
 U_{xx} - напряжение холостого хода источника питания
 $I_{кз}$ - ток короткого замыкания

СООТВЕТСТВИЕ ВЫБРАННОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ВОЛЬТАМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ СВАРОЧНОЙ ДУГИ

СООТВЕТСТВУЕТ / НЕ СООТВЕТСТВУЕТ

Вольтамперная характеристика дуги	Внешняя вольтамперная характеристика источника питания			
	Кругопадающая	Пологопадающая	Жесткая	Возрастающая
Падающая	СООТВЕТСТВУЕТ	СООТВЕТСТВУЕТ	НЕ СООТВЕТСТВУЕТ	НЕ СООТВЕТСТВУЕТ
Жесткая	СООТВЕТСТВУЕТ	СООТВЕТСТВУЕТ	НЕ СООТВЕТСТВУЕТ	НЕ СООТВЕТСТВУЕТ
Возрастающая	НЕ СООТВЕТСТВУЕТ	НЕ СООТВЕТСТВУЕТ	СООТВЕТСТВУЕТ	СООТВЕТСТВУЕТ

Для стабилизации горения дуги используют осцилляторы, работающие по принципу самоиндукции, которые включаются в сварочную цепь последовательно или параллельно.

Сварочные источники питания:

Трансформаторы ТС, ТД, ТСД и др.

Преобразователи типа ПС,

Сварочные выпрямители ВС, ВСГ, ВК. и др.

Напряжение холостого хода – 40... 60 вольт,

Напряжение при сварке – 10...20 вольт.

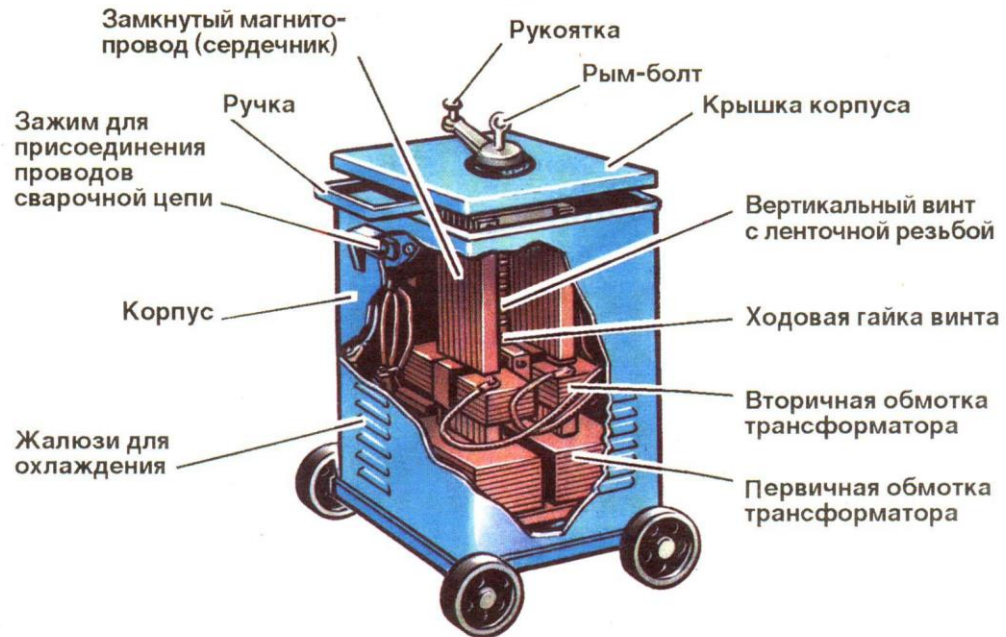
Каждый источник рассчитан на определенный режим работы: ПВ – продолжительность включения

$$ПВ = \frac{t_{св}}{t_{св} + t_{паузы}} \%$$

$t_{св}$ – длительность непрерывного горения дуги

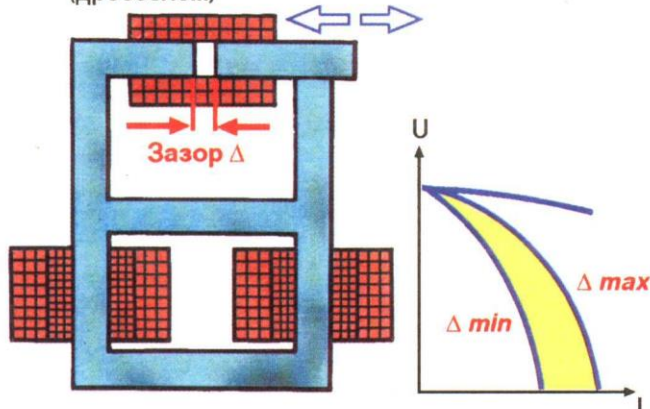
$t_{св} + t_{паузы}$ – длительность цикла (5...10 мин).

ПВ=15...100%.

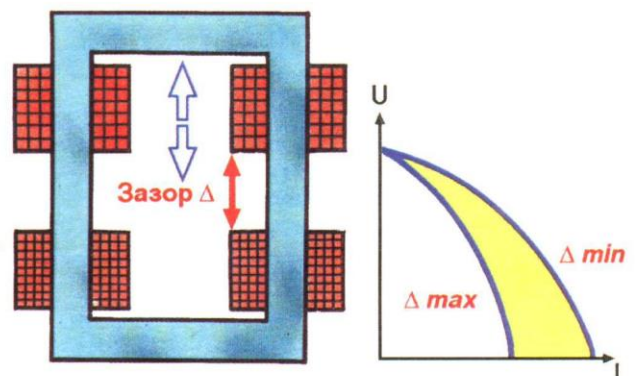


ФОРМИРОВАНИЕ ПАДАЮЩЕЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Трансформатор с нормальным магнитным рассеянием и отдельной реактивной катушкой (дресселем)

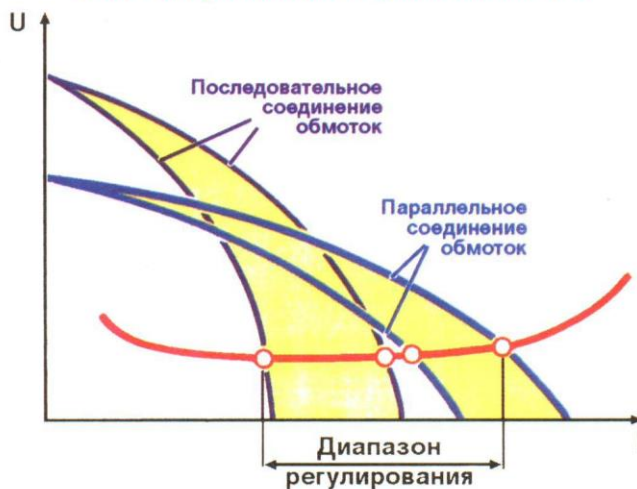


Трансформатор с увеличенным магнитным рассеянием и подвижными катушками

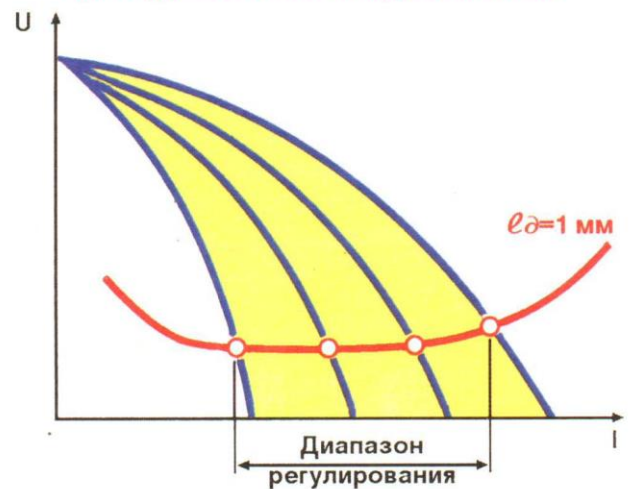


РЕГУЛИРОВАНИЕ СВАРОЧНОГО ТОКА

Ступенчато: за счет переключения числа витков первичной и вторичной обмоток



Плавно: за счет изменения зазора в катушке дросселя или между обмотками

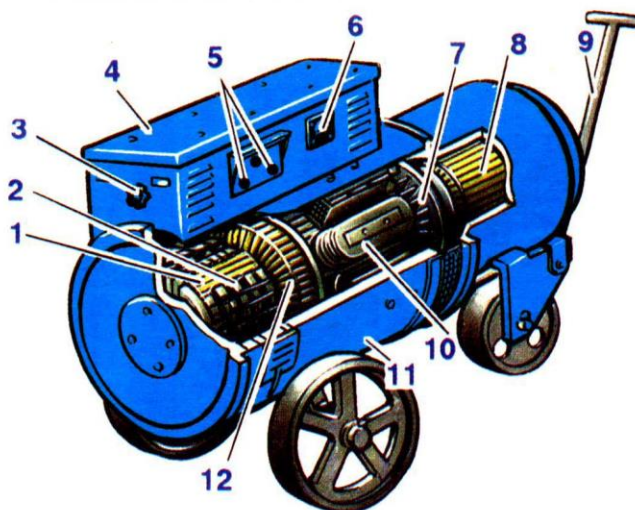


СВАРОЧНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

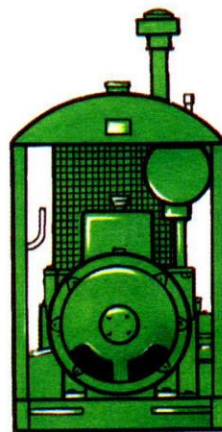
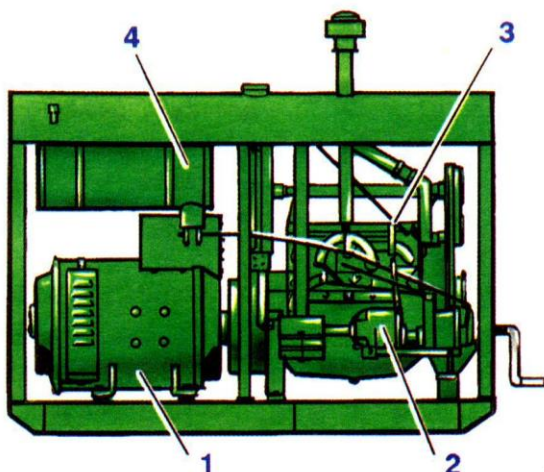
Преобразует механическую энергию электродвигателя в электрическую напряжением и диапазоном токов, необходимыми для сварки

- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 1. Медные пластинки коллектора | · Вольтметр |
| 2. Щетки генератора | · Вентилятор |
| 3. Регулировочный реостат | · Трехфазный асинхронный двигатель |
| 4. Распределительное устройство | · Тяга |
| 5. Зажимы | · Магнитные полюсы |
| | · Корпус |
| | · Якорь |

Конструктивно состоит из трехфазного электродвигателя и сварочного генератора с независимым возбуждением



СВАРОЧНЫЙ АГРЕГАТ



Преобразует механическую энергию двигателя внутреннего сгорания (бензинового или дизельного) в электрическую напряжением и диапазоном токов, необходимыми для сварки

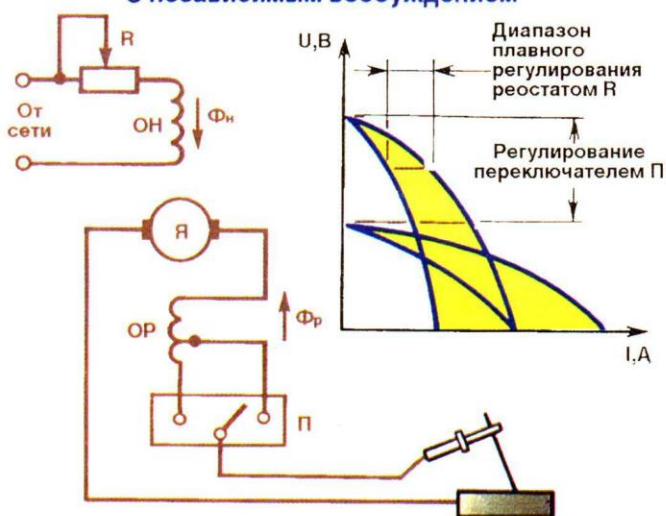
1. Генератор
2. Двигатель
3. Регулятор скорости вращения
4. Бак с горючим

Конструктивно состоит из двигателя внутреннего сгорания и сварочного генератора с самовозбуждением

СВАРОЧНЫЙ ГЕНЕРАТОР

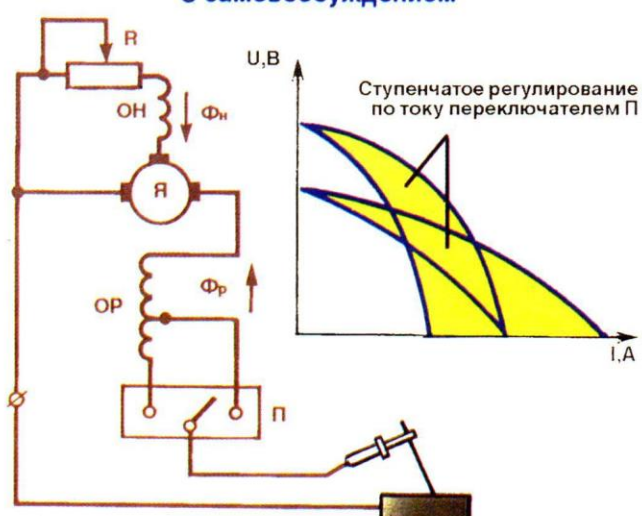
Является составной частью сварочных преобразователей и сварочных агрегатов

С независимым возбуждением



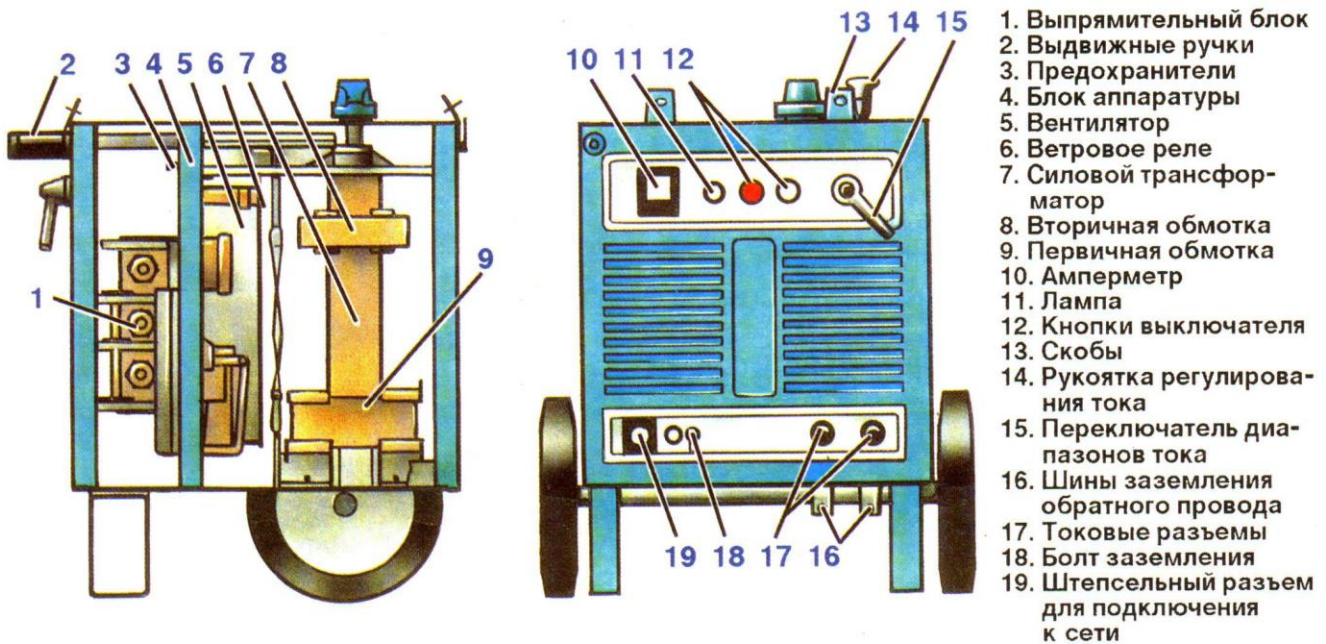
ОН - обмотка намагничивающая
ОР - обмотка размагничивающая

С самовозбуждением



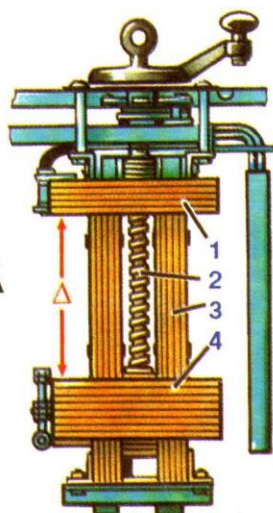
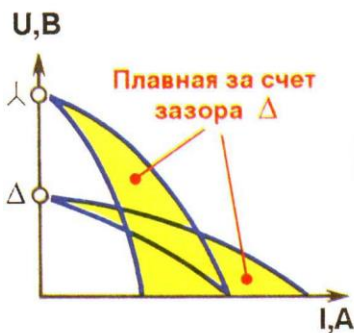
Φ_n - магнитный поток намагничивающей обмотки
 Φ_r - магнитный поток размагничивающей обмотки

Преобразует переменный ток промышленной частоты в постоянный напряжением и величиной, необходимыми для сварки. Конструктивно состоит из трансформатора и выпрямительного блока



НЕУПРАВЛЯЕМЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ

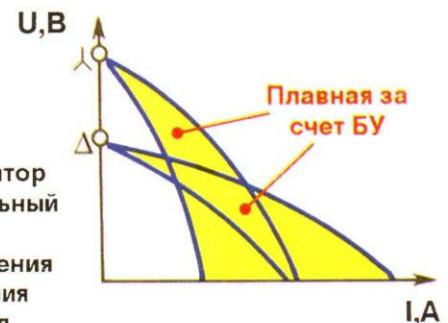
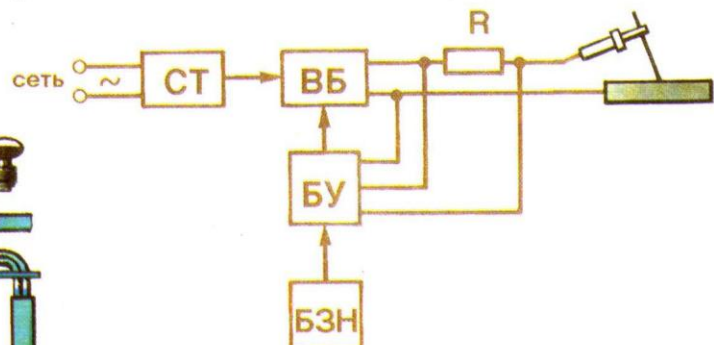
Выпрямительный блок состоит из силовых диодов. Регулировка режимов сварки комбинированная: ступенчатая за счет переключения обмоток со "звезды" на "треугольник" и плавная за счет изменения зазора между обмотками трансформатора



1. Вторичная обмотка
2. Ходовой винт
3. Сердечник трансформатора
4. Первичная обмотка

УПРАВЛЯЕМЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ

Выпрямительный блок состоит из тиристоров. Регулировка режимов сварки комбинированная: ступенчатая за счет переключения обмоток со "звезды" на "треугольник" и плавная блоком управления

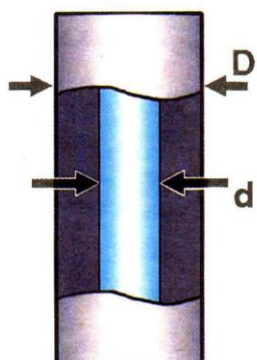


- СТ - сварочный трансформатор
 ВБ - выпрямительный блок
 БУ - блок управления
 БЗН - блок задания напряжения

Электроды

В качестве плавящихся стержней при сварке применяется:

- сварочная проволока $\varnothing$ 0,3...12 мм: обычная - Св08, Св10, Св1ОГ; легированная - Св 0,8 ГС; Св 10ХНМ; Св 08Х19Н10Г2;
- лента;
- порошковая проволока;
 - для меди - М-1, М-2 (чистая медь);
 - для чугуна - прутки А и Б;
 - для титана - ВТ1;



ПО ТОЛЩИНЕ ПОКРЫТИЯ		ОБОЗНАЧЕНИЕ
С тонким покрытием	$D/d \leq 1,2$	М
Со средним покрытием	$1,2 < D/d \leq 1,45$	С
С толстым покрытием	$1,45 < D/d \leq 1,8$	Д
С особо толстым покрытием	$D/d > 1,8$	Г

ПРИМЕР УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОДА

Назначение: сварка углеродистых и низколегированных сталей

Тип электрода,
прочностная
характеристика 420 МПа

Марка электрода

Диаметр
электрода 3 мм

Покрытие
толстое

Э42А - УОНИ-13/45 - 3,0 - УД

ГОСТ 9466-75

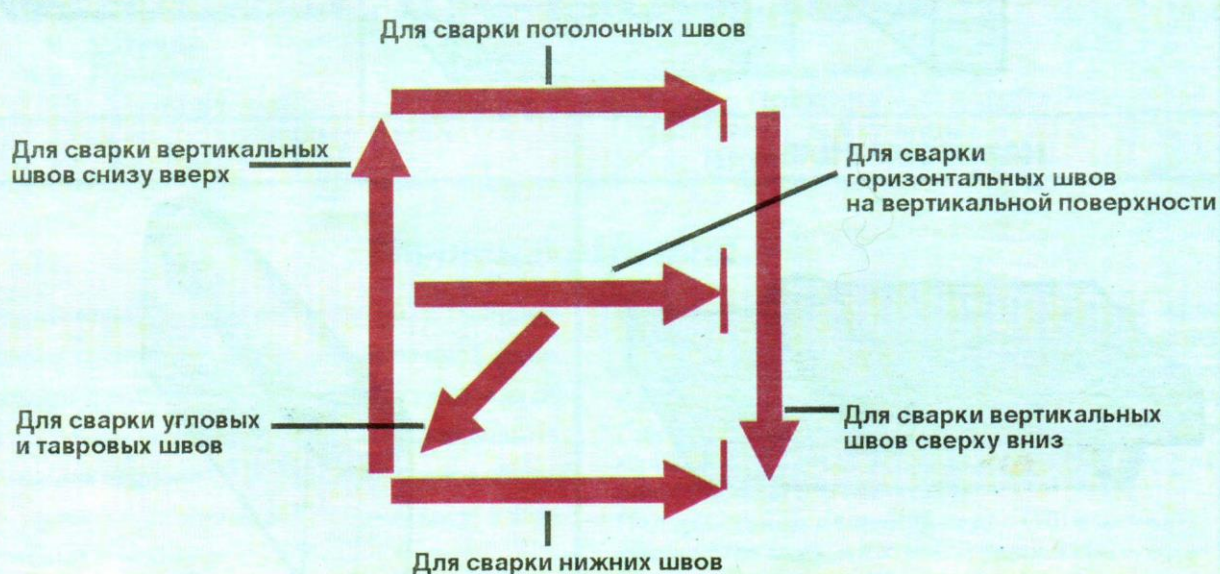
E432(5) - Б 1 0

ГОСТ 9467-75

Группа индексов, указывающая
на прочностные характеристики
металла шва по ГОСТ 9467-75

Постоянный ток,
обратная полярность
Допустимое пространственное
положение - любое
Покрытие основное

МАРКИРОВКА ЭЛЕКТРОДОВ ЗАРУБЕЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА



Покрытия электродов бывают:

а) тонкие 0,1...0,3 мм;

б) качественные (толстые) 0,5...2,5 мм;

Состав покрытий:

-стабилизирующие

- газообразующие;
- шлакообразующие;
- раскислители;
- легирующие;
- связующие (силикатный клей).

Обозначение электродов:

Э-42 – тип;

ОММ-5 – марка покрытия.

Применение электродов

Тип	Марка обмазки	σпр, кг/ мм ²	Ток	Область применения
Э-34 Э-38 Э-42	Меловая ОММ – " –	34 38 42	~,= ~,= ~,=	Конструкционные, малоуглеродистые стали, ответственные соединения
Э-42А Э-50 Э-50А	УОНИ – " – – " –	42 50 50	= = =	
Э-100 ЭИ-Х30 Т540	УЗ ОЗН -	- - -	= = =	
				Наплавка поверхностей различной твердости от 300 до 450 НВ

Электроды типа Т540 применяются при наплавке инструмента и быстроизнашивающихся деталей.

Выбор режимов сварки

Диаметр электрода: $d_{\text{э}} = 0,5 \cdot S$,
где S – толщина свариваемых деталей;

Сварочный ток: $I_{\text{CB}} \cong 50 \cdot d_{\text{э}}$

Толщина детали, мм	1,5...2,0	5,0...10,0
Диаметр электрода, мм	1,5...2,5	4...6
Сварочный ток, А	100	140...150

Производительность сварки

$$: Q = K_H \cdot I \cdot t,$$

где: K_H – коэффициент наплавки (для качественного электрода 10 г/1 А-ч);

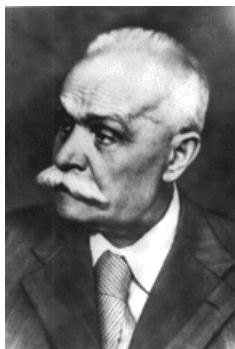
t – время сварки.

Для вертикальных и потолочных швов сила тока снижается на 15%.

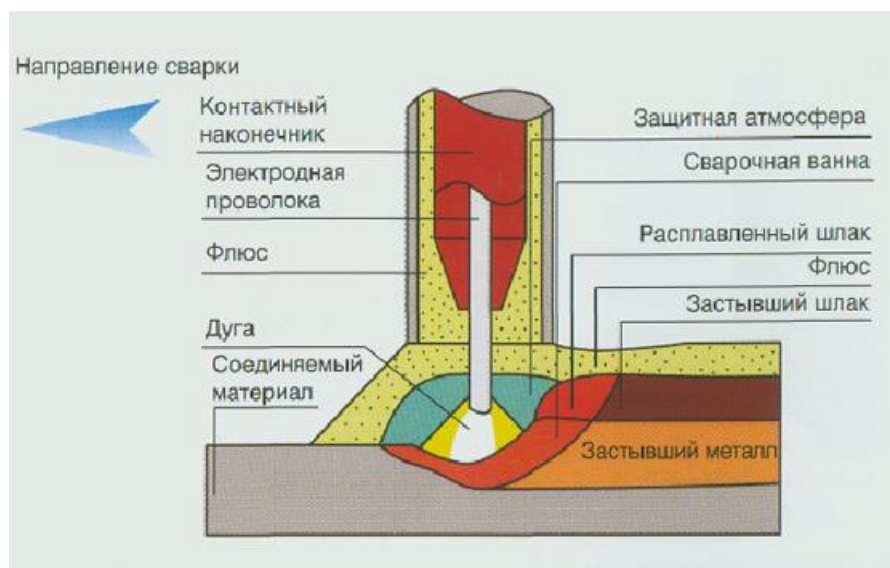
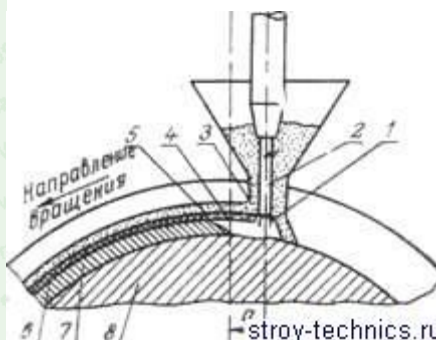
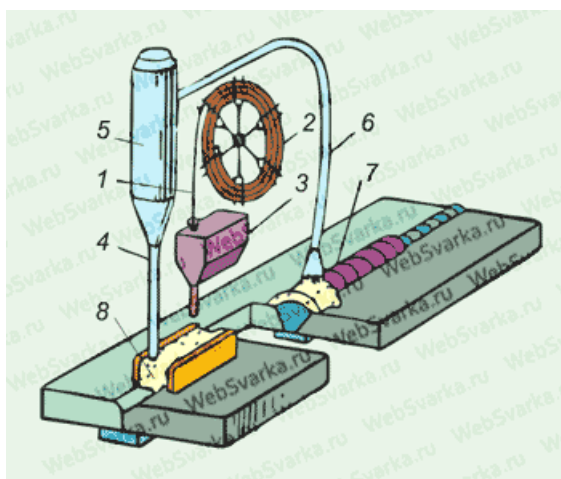
Автоматическая сварка и наплавка под слоем флюса

В 1941—1943 годах **Евгений Оскарович Патон** разрабатывает технологию сварки специальных сталей, исследует физические основы горения дуги под флюсом, свариваемость металлов, руководит работами по созданию производства сварных труб, сосудов, машин различного назначения, создаёт новый класс сварных конструкций. Под его руководством в оборонную промышленность внед-

рены оборудование и технология автоматической сварки специальных сталей, танков, бомб. Внёс значительный вклад в наращивание выпуска танков «Т-34» в годы войны за счёт внедрения, сначала на заводе № 183, а затем и на всех остальных танковых заводах автоматической сварки под флюсом. Автоматы скоростной сварки (АСС) позволили снизить трудоёмкость изготовления корпуса танка «Т-34» в восемь раз



Патон Е.О. (1870-1953) – основоположник Советской школы сварки металлов



Сущность сварки и наплавки под слоем флюса состоит в том, что сварочная дуга, возникающая между элект-

тродом и изделием, защищается от окисления кислородом воздуха слоем расплавленного гранулированного флюса толщиной 20—40 мм. Флюс, поступающий в зону сварочной дуги, плавится под действием выделяемого ею тепла.

Достоинства:

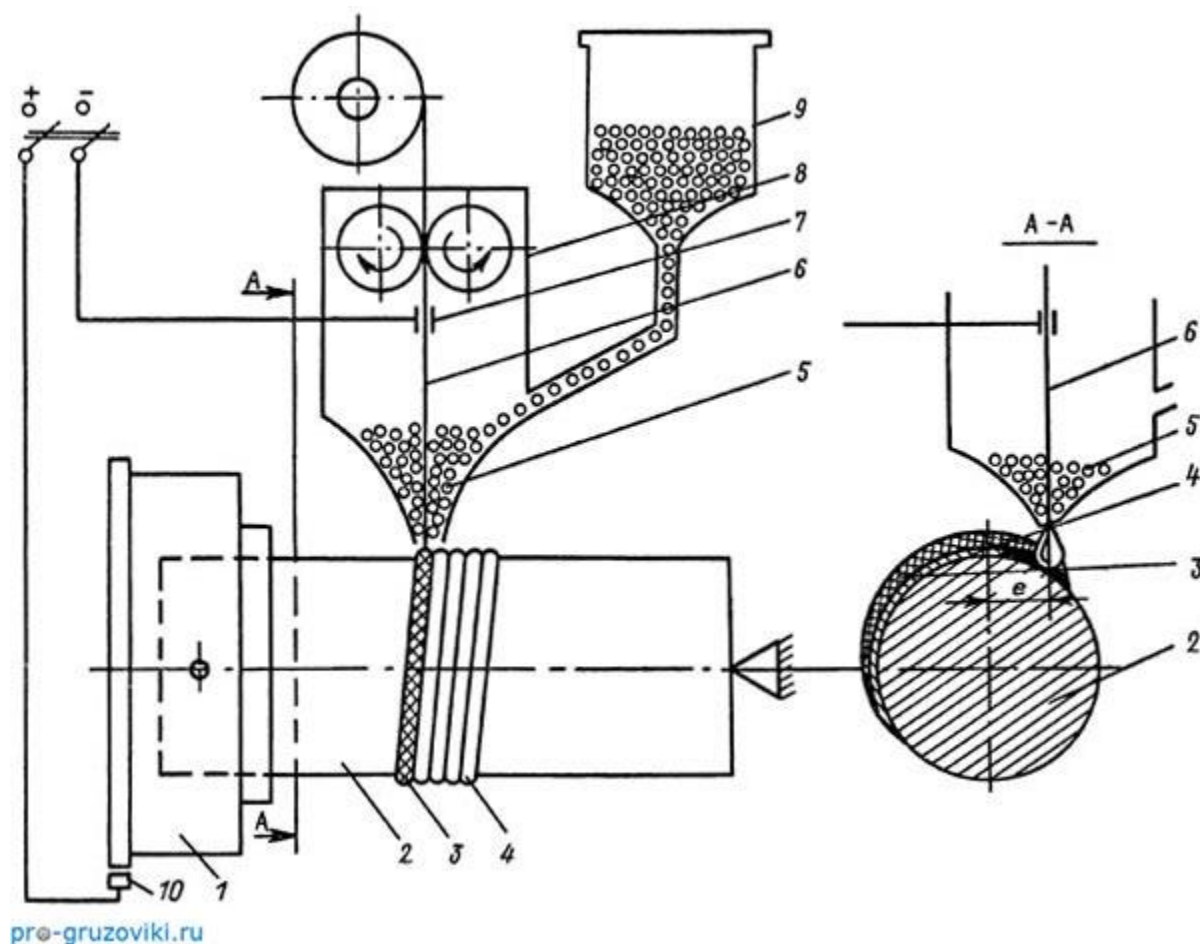
- высокая производительность;
- высокое качество (малая ЗТВ);
- экономия материалов и электроэнергии;
- улучшение условий труда;
- технологические преимущества.

Автоматическая сварка под флюсом Режимы сварки углеродистых и низколегированных сталей.

Толщина металла, мм	Диаметр сварочной проволоки мм	Min кол-во проходов в шве	Сила сварочного тока, А	Напряжение на дуге, В	Скорость подачи проволоки м/ч	Скорость сварки м/ч	Величина вылета проволоки мм
30	4	4	650-750	28-32	87-95	18-22	35-40
50	4-5	8	800-850	30-32	87-95	18-22	35-40
>60	5	10-15	900-950	38-40	100-110	18-22	35-40

Автоматическая сварка под флюсом Режимы сварки коррозионностойких сталей.

Толщина металла, мм	Диаметр сварочной проволоки мм	Min кол-во проходов в шве	Сила сварочного тока, А	Напряжение на дуге, В	Скорость подачи проволоки м/ч	Скорость сварки м/ч	Величина вылета проволоки мм
30	4	6	400-450	28-32	87-95	18-30	35-40
50	4	10	525-600	30-32	87-95	18-30	35-40
>60	5	12-18	700-750	38-40	100-110	18-30	35-40



1 — патрон токарно-винторезного станка; 2 — восстанавливаемая деталь; 3 — слой шлака; 4 — наплавленный металл; 5 — флюс; 6 — электродная проволока; 7 — контакт провода от источника тока с электродной проволокой; 8 — наплавочная головка; 9 — бункер с флюсом; 10 — контакт провода от источника тока с медной шиной патрона (деталью); e — смещение электрода относительно вертикальной оси детали (эксцентриситет электрода)

$U_{св}=25...30В$; $I=100...150А$ (=)

Подача проволоки – 1,5...2,5 м/мин.

Диаметр проволоки – 1,0...1,5 мм.

$N_d=2...3$ об/мин., $S=4$ мм/об.

Флюсы

Флюсы наплавочные должны обеспечить устойчивость горения дуги, отсутствие горячих трещин, отсутствие пористости.

Недостаточное количество флюса, грязная поверхность, большой зазор в стыке приводит к появлению пористости.

Флюс должен обеспечить механические свойства, отделимость шлаковой корки, формирование шва.

Флюсы бывают:

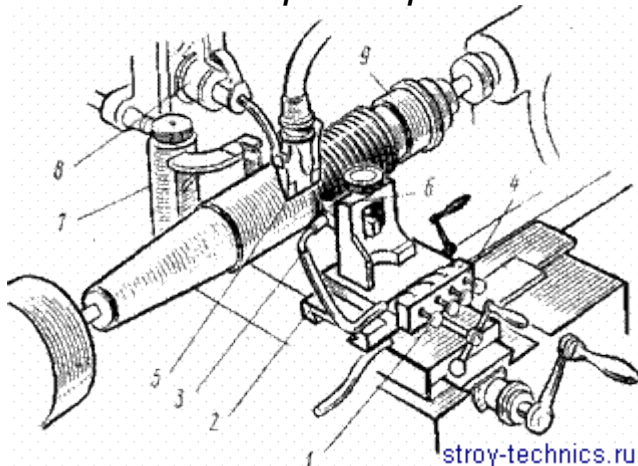
1. низко- и высококремнистые;
2. марганцовистые ($Mn > 1\%$) и безмарганцовистые ($Mn < 1\%$);
3. по способу получения:

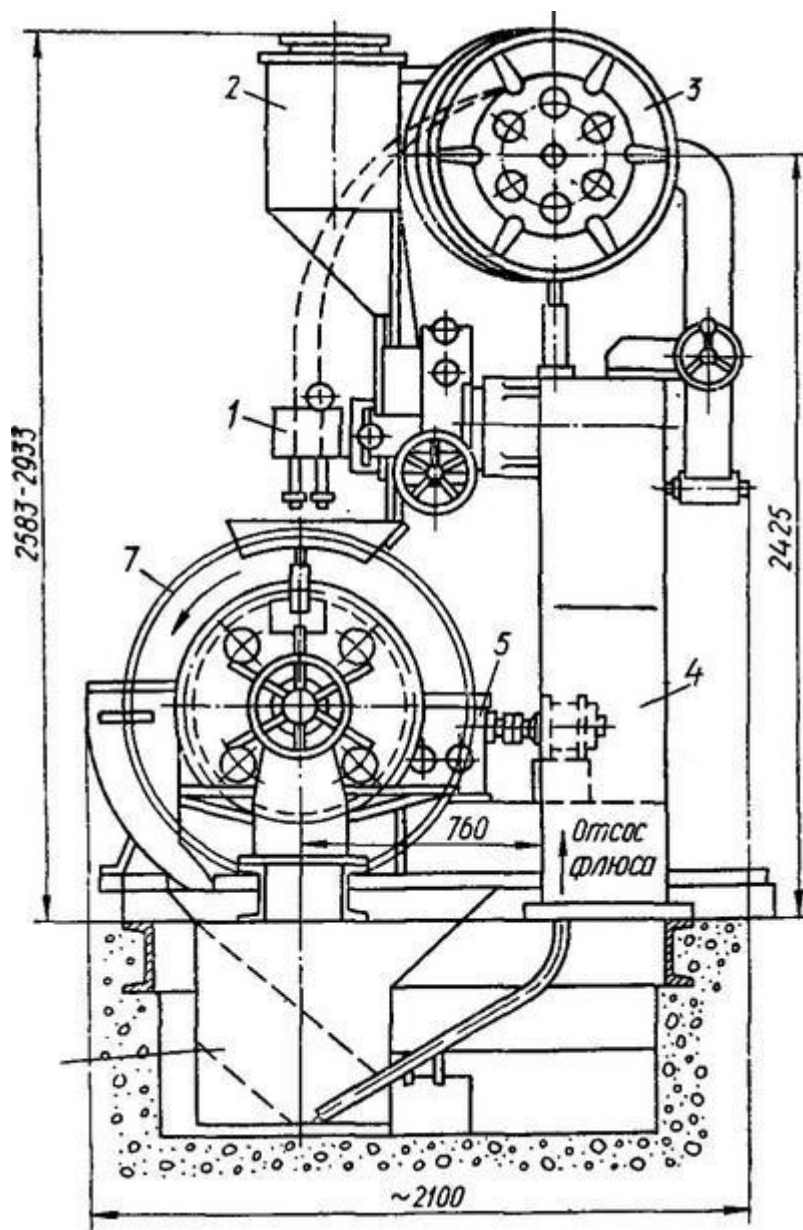
По способу изготовления флюсы делятся на **плавленные и неплавленные (керамические)**.

Плавленные флюсы, напр., **АН-348**, получают путем сплавления компонентов шихты: **Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , CaO , MgO , FeO , MnO_2 , CaF и др.** в электрических или пламенных печах с последующим дроблением. Достоинства – прочность, однородность, негигроскопичность, низкая стоимость.

При изготовлении неплавленных флюсов частицы флюсовой шихты скрепляют с помощью клеящих веществ, главным образом жидкого стекла с последующей просушкой и дроблением. Позволяют широко легировать сварочный шов. Например, **керамические флюсы**: КСХ12Т, КС30ХСНА, К-10, АНК-18, АНК-19, ЖСН-1 и другие.

Керамические флюсы, кроме стабилизирующих и шлакообразующих элементов, содержат легирующие добавки в виде ферросплавов (феррохрома, ферротитана и др.), дающие слою, наплавленному малоуглеродистой проволокой, высокую твердость без термообработки и износостойкость.





Ток наплавки: $I_{\text{напл}} = 110 \cdot d_{\text{э}} + 10 \cdot d_{\text{э}}^2$

Параметры наплавки цилиндрических поверхностей электродной проволокой диаметром 1,2—2,5 мм с вылетом 20—30 мм

Диаметр детали, мм	Напряжение, в	Сила тока, А	Скорость подачи проволоки, м/ч
50—60	30—36	120—160	75
65—75	30—36	150—220	85
80—100	30—36	200—280	105
150—200	30—36	250—350	140

Используют источники с жесткой или возрастающей характеристикой.

Восстановление коленчатого вала

Дефекты коленчатого вала....

ТУ: заданная точность, твердость, усталостная прочность.

Наплавка коленвала:

- **казахский способ** – наплавка под флюсом АН-348 пружинной проволокой (С 0,7%) с полным циклом термообработки (малая производительность);

- **способ НИИАТ** – наплавка пружинной проволокой, тот же флюс, который содержит 2% FeCr и 2,5% графита (снижает усталостную прочность при невыполнении режима);

- **саратовский способ** – наплавка под флюсом АН 348А легированной проволокой 30 ХГСА, нормализация, механическая обработка точением и шлифованием, закалка ТВЧ. (Наплавка ролик 3-30)

Общая технология наплавки коленчатого вала

- Обезжиривание.
- Промывка масляных каналов.
- Магнитная дефектация.
- Наплавка под флюсом АН-348А:
 $U=27...30V$; $I=150...180A$; $n=2,5 \text{ мин}^{-1}$; вылет электрода 16..20 мм; продольная подача 3...5 мм/об.
- Нормализация.
- Обточка резцами.
- Закалка ТВЧ.
- Шлифование под номинальный размер.
- Балансировка.



Шлифовка коленчатого вала ЯМЗ-240 после восстановления шеек

При обеспечении требований сборки двигателей и эксплуатации износостойкость валов находится на уровне новых.

Экономический эффект

1. Стоимость нового коленчатого вала К-701(ЯМЗ-240) составляет 175 тыс.тенге.
2. Стоимость восстановления 35 тыс.тенге, в 5 раз меньше.

3. Количество ЗОС - в 100...150 раз меньше «нового»

Наплавка чугуновых валов:

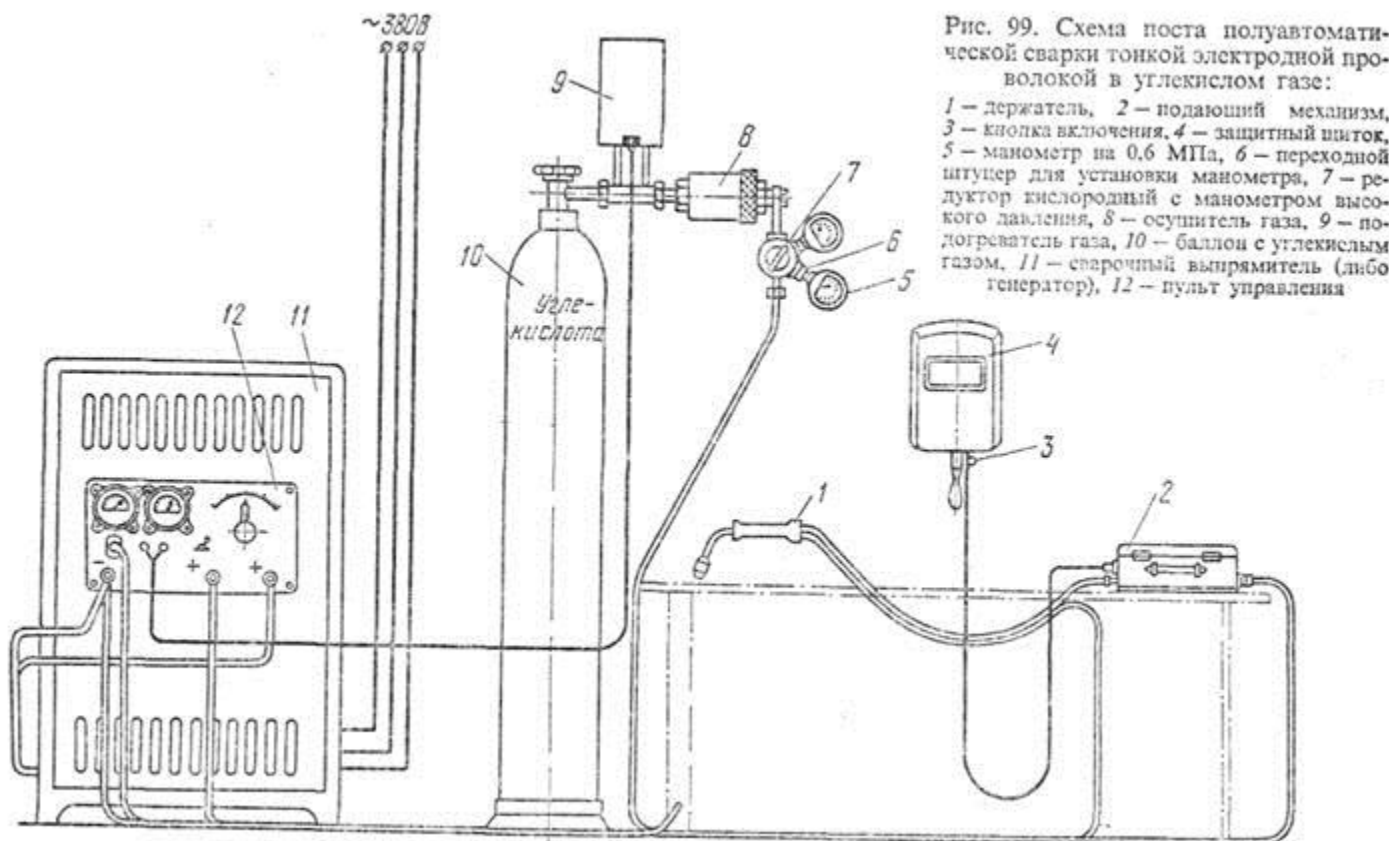
1. По оболочке из мягкой жести;
2. Проволока специальная легированная редкоземельными металлами (15ГСТЦЮА) – наплавка;
3. Широкой наплавка под специальным флюсом (графит – 14%, Fe – 50%, плавиковый шпат – 1,5%, комплексный модификатор – 10%, Al – 8%);
4. Наплавка специальной порошковой проволокой;
5. Контактная наплавка (наварка);
6. Электрошлаковая наплавка.

Сварка в CO₂

Советскими исследователями К. В. Любавским и Н. М. Новожиловым в начале 50-х годов был разработан способ сварки в защитной среде углекислого газа, который в настоящее время нашел широкое применение во всех странах мира.

В зону электрической дуги подается сварочная проволока и CO₂, который предохраняет шов от окисления, охлаждает шов и, разлагаясь на CO и O₂, способствует восстановлению железа.

Присадочный материал – проволока СВ 08Г, СВ 08ГС, диаметром 1 мм. Скорость сварки до 500 м/ч.



Преимущества перед флюсовой сваркой:

- высокая технологичность и производительность;
- отсутствие флюса;
- механизация.

Режимы:

$U=17...20В$; $I=50...200А$; расход CO_2 — 5...9 л/мин.

Применяется для сварки тонкостенных деталей, легированных деталей, а также для деталей из чугуна.

CO_2 поставляется в баллонах под давлением порядка 20 атм.

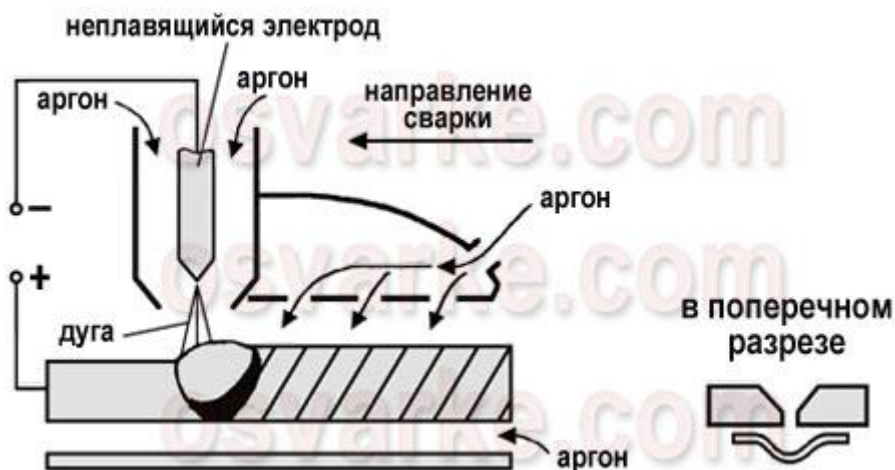
Газовый редуктор снижает давление до 1 атм.

Обеспечивается твердость до HRC 60.

Аргонно-дуговая сварка



Сварка в среде аргона.avi



Сварка титана неплавящимся электродом на воздухе

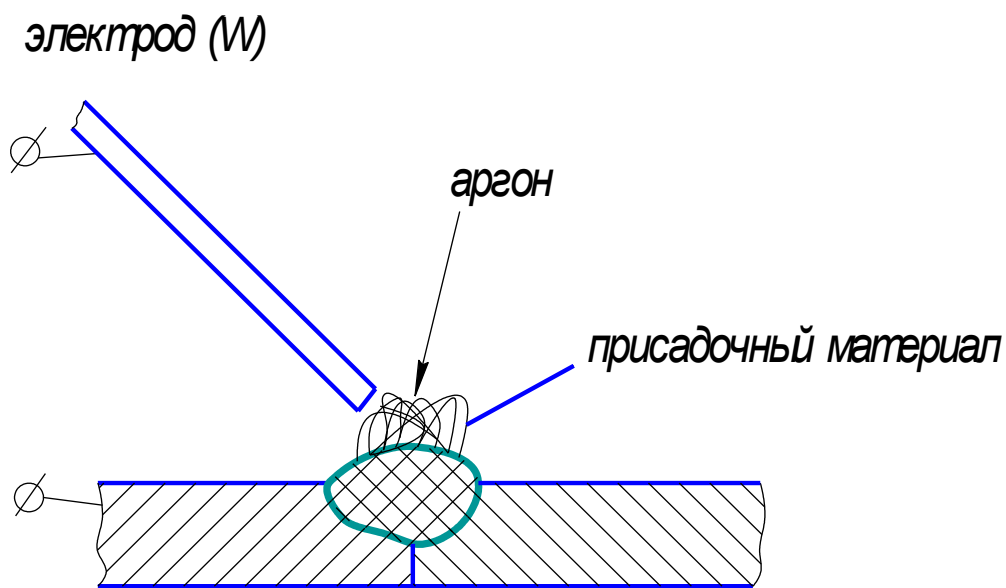


Схема аргонно-дуговой сварки.

Сварка осуществляется по способу Бенардоса (неплавящийся электрод).

В зону сварки подается инертный газ (аргон), который предохраняет шов от окружающей среды и выделяющихся газов, обеспечивая высочайшее качество сварки. Диаметр электрода – 2 мм, $I = 100 \dots 150 \text{ A}$.

Применяется для сварки деталей из нержавеющей, жаропрочных, специальных сталей, а также из Ti, Al, Mg и т.д. и разнородных материалов.

Режимы: $U=25V$, $I=100A$, расход инертного газа 10 л/мин.

(Ремонт головок блока - ролик)

Восстановление деталей электро-импульсной наплавкой

Основана на **явлении электроконтактной сварки в импульсных разрядах** (токах КЗ).

Автоматическая электроимпульсная наплавка, называемая также вибродуговой и виброконтактной, состоит в наращивании металла вибрирующим электродом в струе электролита или под слоем флюса. Электрод, пропущенный через вибрирующий мундштук, совершает вместе с ним колебания относительно наплавляемой детали с частотой 100 с^{-1} . В зону наплавки подается раствор электролита (Na_2CO_3 и др.)

При соприкосновении электрода с деталью через зону контакта проходят мощные импульсы тока короткого замыкания, под действием которых к наплавляемой детали привариваются частицы металла (контактная сварка) и одновременно в катушке самоиндукции накапливается энергия магнитного поля. При отрыве электрода происходит расплавление металла под действием импульсных разрядов исчезающего магнитного поля (дуговая наплавка).

Электролит обеспечивает защиту наплавляемого металла от кислорода и азота воздуха, а также интенсивный отвод тепла, благодаря чему этот процесс характеризует-

ся относительно малым термическим влиянием по сравнению с другими, что важно для деталей, не допускающих коробления (длинные валы и оси, штоки поршней, тормозные шкивы и др.).

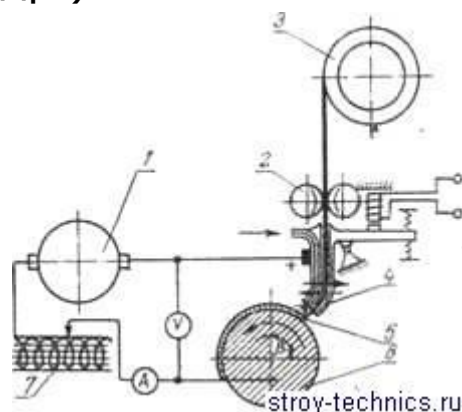
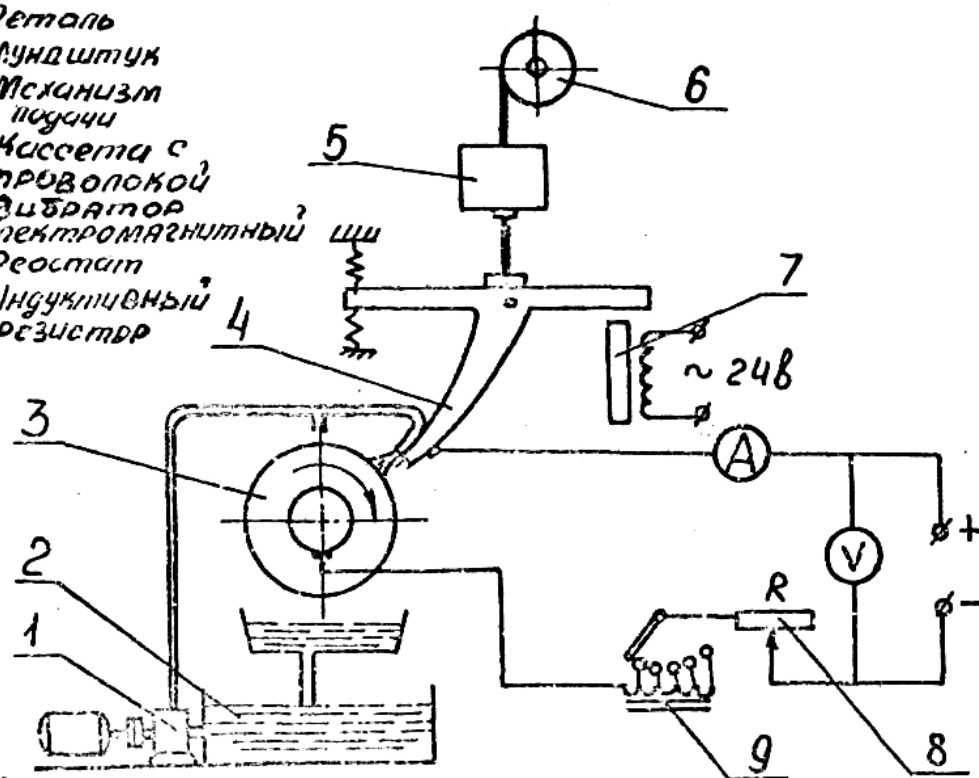


Схема установки для вибродуговой наплавки

1. Насос
2. Емкость
3. Деталь
4. Мундштук
5. Механизм подачи
6. Кассета с проволокой
7. Вибратор электромагнитный
8. Реостат
9. Индуктивный резистор



Р.А. Рис.

1. КЗ – $I=5000A$ – $t=0,003$ сек.

2. Горение дуги $t=0,002$ сек. Длительность импульса зависит от источника тока.

3.Перебег (х.х.) $I=0$, $t=0,005$ сек.

Режим: $U=25В$, $I=150А$. Подача проволоки диам.1-2 мм.–1...2м/мин. $N_{дет}$ - 2-3 об/мин., S – 2-4мм/об.

Деталь не нагревается.

Область применения: наплавка различных деталей слоем до 2...3 мм, HRC 50...60.

Присадочный материал – проволока пружинная высокоуглеродистая.

Недостаток: снижается усталостная прочность за счет электроэрозионных явлений (кратеров).

Электроискровое наращивание деталей

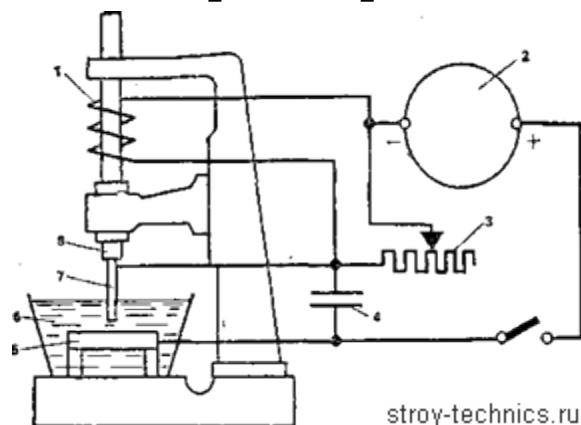


Рис. 1. Схема электроискровой обработки (прошивки)
1 — соленоид; 2 — источник тока; 3 — сопротивление; 4 — конденсатор; 5 — деталь(+); 6 — жидкая среда (масло, керосин); 7 —инструмент(-); 8 — ползун

Сущность метода основана на явлении электроэрозии. Электроискровая обработка заключается в использовании явления электрической эрозии и переносе металла инструмента на наращиваемую поверхность детали при прохождении искровых разрядов между ними.

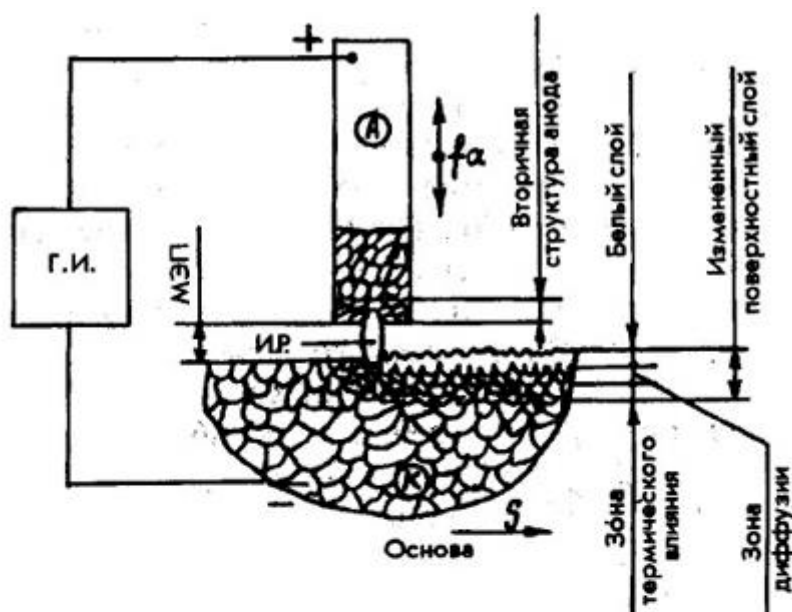
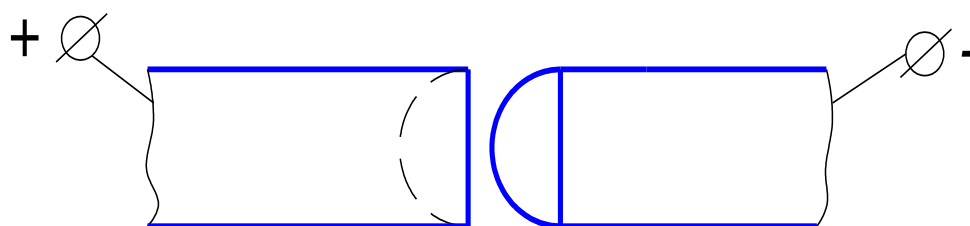
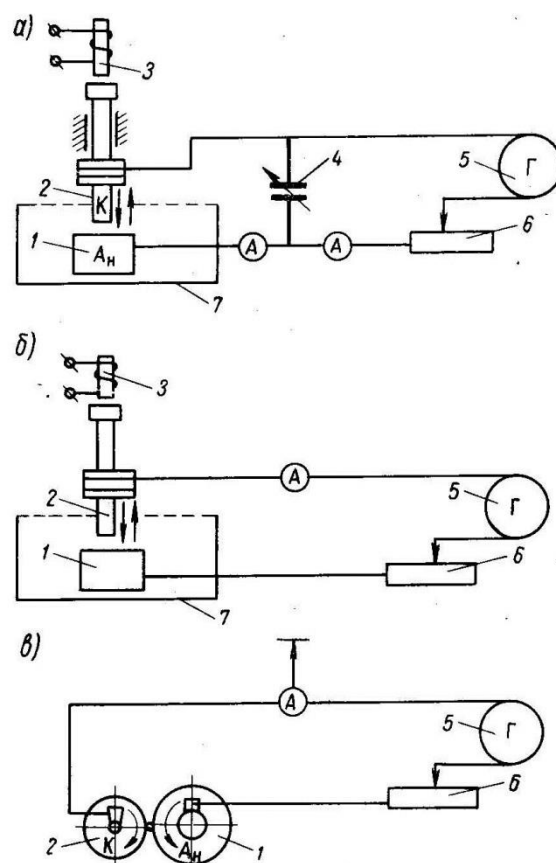


Рис. 1 Общая схема электроискрового процесса

Г.И. – генератор импульсов; МЭП – межэлектродный промежуток; ИР – искровой разряд; А – анод (компактный электрод); К – катод (деталь, инструмент); f_v – частота вибрации электрода; S – подача

Таблица 1. Характеристики покрытий, нанесенных электроискровым методом

Характеристики покрытий	Значения
Толщина (мкм):	
- нанесенного слоя	5-1000
- белого слоя	до 600
- переходного слоя	до 700
Микротвердость (МПа):	
- белого слоя	6000-22000
- переходного слоя	3000-8000
Параметры рельефа поверхности:	
- характер рельефа поверхности	выпукло-вогнутый
- высота микронеровностей (мкм)	Ra1,6-Rz360
- относительная высота выступов h_v/r_v	0,06-0,19
- относительное расстояние между выступами S_m/H_{max}	5-9
Теплопроводность электродных материалов λ, (Вт/м К)	10-400



Принципиальные электрические схемы установки для электроискровой обработки:
 а — конденсаторная; б — бесконденсаторная низкого напряжения для прошивки; в — бесконденсаторная низкого напряжения для обдирочно-шлифовальных работ;

1 — деталь (анод); 2 — инструмент (катод); 3 — электромагнитная катушка (соленоид); 4 — конденсаторная батарея; 5 — источник тока; 6 — сопротивление; 7 — резервуар для жидкой среды

В зависимости от используемых источников длительность разряда составляет $10^{-3} \dots 10^{-2}$ сек.

В зоне разряда плотность тока достигает 1 млн. А/см², температура ≈ 15 тыс. °С, давление — до 100 атм.

При восстановлении — деталь „-“. В качестве электрода используется твердый материал (электроискровое легирование).

Установка ЭФИ — покрытие до 0,01 мм.

Основными преимуществами электроискрового наращивания (легирования) являются:

- возможность локального формирования покрытий в строго указанных местах;
- высокая адгезия с основным материалов;

- отсутствие нагрева и деформаций изделия в процессе обработки;
- возможность использования в качестве электродов различных токопроводящих материалов;
- сравнительная простота технологии, которая не требует специальной предварительной обработки поверхности;
- простота обслуживания и надежность оборудования, которое малогабаритно и транспортабельно;
- низкая энергоемкость ручных и механизированных процессов (0,5- 2,0 кВт);
- высокий коэффициент переноса материала (60-80%).

Сварка чугуна

Причины, затрудняющие получение качественных сварных соединений из чугуна, следующие:

1. Высокие скорости охлаждения металла шва и зоны термического влияния приводят к **отбеливанию чугуна**, т.е. появлению участков с выделениями цементита той или иной формы в различном количестве. Высокая твердость отбеленных участков практически лишает возможности обрабатывать чугуны режущим инструментом.
2. Вследствие местного неравномерного нагрева металла возникают сварочные напряжения, которые в связи с очень незначительной пластичностью чугуна приводят к **образованию трещин в шве и околошовной зоне**. Наличие отбеленных участков, щих большую плотность ($7,4 \dots 7,7 \text{ г/см}^3$), чем серый чугун ($6,9 \dots 7,3 \text{ г/см}^3$), создает дополнительные структурные напряжения, способствующие трещинообразованию.
3. Интенсивное **газовыделение** из сварочной ванны может приводить к образованию пор в металле шва.
4. Повышенная **жидкотекучесть чугуна** затрудняет удержание расплавленного металла от вытекания и формирование шва.

5. Наличие **кремния и других элементов** в металле сварочной ванны способствует образованию тугоплавких окислов, приводящих к непровару.

Основная трудность – образование трещин.

Для предотвращения отбеливания чугуна необходим медленный нагрев и медленное охлаждение детали и соответствующий выбор материалов.

Si, Ni, Cu, Al, Mg - улучшают качество сварки.

Mn при содержании до 1% способствует раскислению Ме и улучшает качество сварки, при большем содержании – отбеливает чугун .

Существуют следующие **способы сварки чугуна:**

1. Горячая сварка. Сущность заключается в том, что деталь медленно нагревается перед сваркой, а затем сварка осуществляется в горячем состоянии. После этого – медленное охлаждение в термосе. Используются чугунные прутки А и Б.

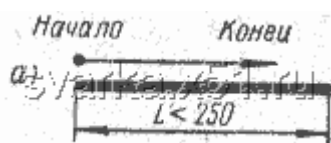
При сварке применяются флюсы: бура, бикарбонат натрия. Сварка в горячем состоянии ведется непрерывно.

2. Холодная сварка.

Технология:

- зачистка до металлического блеска;
- разделка трещин на глубину 2/3;
- удаление жировой пленки.

Холодная сварка производится обратноступенчатым способом с постепенным остыванием:



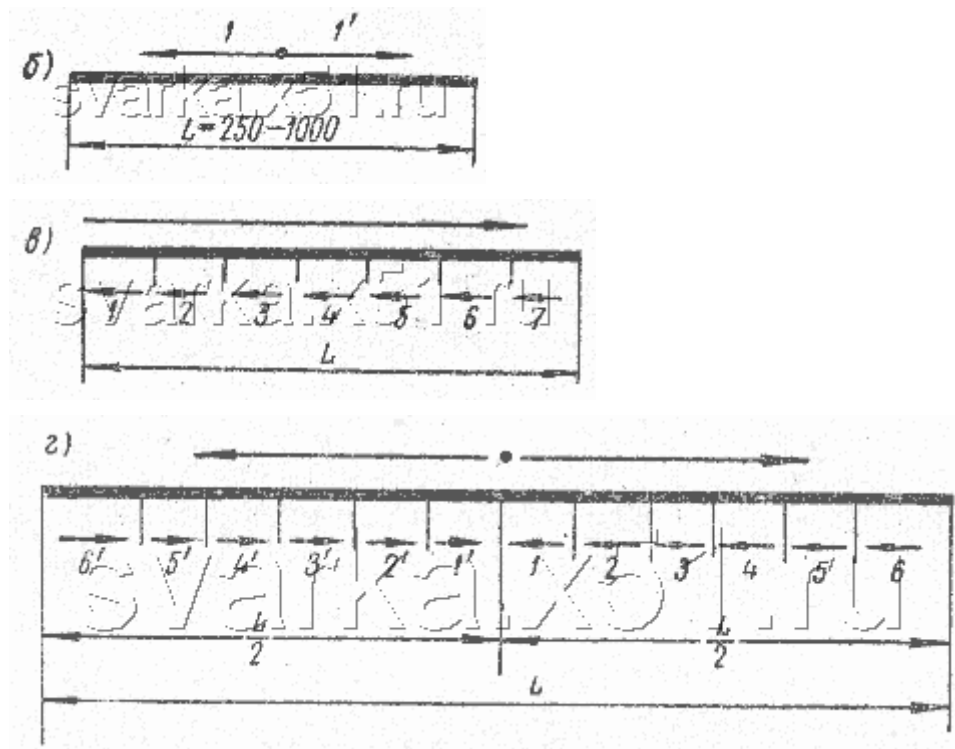
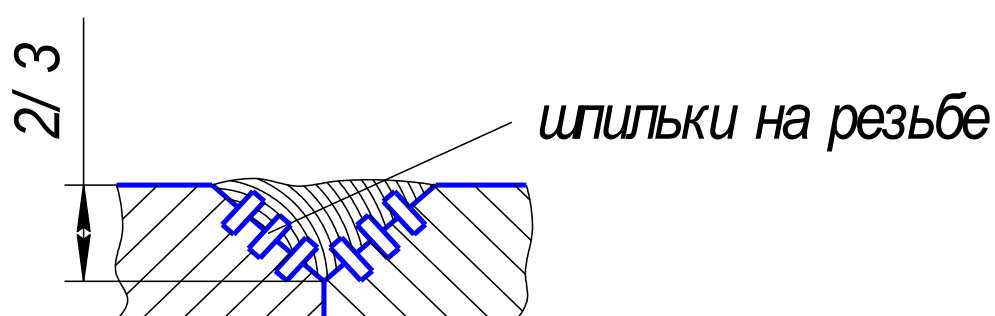


рис.1. Способы выполнения сварных швов по длине

а — на проход; б — от середины к краям; в — обратно-ступенчатый;
г — обратно-ступенчатый от середины к краям

1. Электродуговая сварка стальным электродом с качественной обмазкой применяется для неответственных соединений.
2. Сварка методом шпилек или анкеров (для толстых деталей).



Ввинчивают шпильки, обваривают их (с промежуточным охлаждением), зачищают; по обваренным участкам накладывают сварочные швы.

Для уплотнения применяют нашатырь (NH_4Cl).

3. Сварка стальным электродом со специальной обмазкой.
4. Сварка биметаллическими электродами (наиболее качественная сварка чугуна):
 - а) медностальные электроды (электрод Назарова).
 - в) электроды ОЗЧ, ОМЧ (Cu, Ni, чугун)
МНЧ-1 (Cu – 30%, Ni – 65%, чугун – 5%).
 - г) электроды из купроникеля (Cu – 30%, Ni – 70%).
 - д) электроды ПАНЧ-11 (Cu – 3%, Mn – 5%; Fe – 2%, редкоземельные металлы – 0,2%, остальное – Ni)

Режим: $I = \text{const}$, обратная полярность, $I = 100 \dots 150 \text{ А}$.
(Сварка алюминия и чугуна – ролик 8 мин)

Сварка и наплавка деталей из алюминиевых сплавов

Возникают следующие трудности:

1. Высокая окисляемость;
2. Склонность к усадке;
3. Склонность к газопоглощению;
4. Разность температуры плавления: Al – 637°C , а Al_2O_3 – 2050°C .

При нагреве алюминия и его соприкосновении с кислородом воздуха, на поверхности образуется пленка окисла, которая препятствует работе с использованием обычной электродуговой сварки. Для предотвращения взаимодействия нагретого алюминия с содержащимся в воздухе кислородом применяют инертный газ, например, аргон или используют специальные щелочные флюсы с содержанием: NaCl, LiCl, NaF, KCl, которые хорошо растворяют окись алюминия.

Газовое пламя – восстановительное (избыток ацетилена).

Присадочный материал – Al с Si (6%) АЛ, АК.

Электросварка – $I = \text{const}$, обратная полярность, $U = 25 \dots 30 \text{ В}$, $I = 100 \dots 150 \text{ А}$, электроды те же (состав обмазки – ярко выраженный щелочной характер).

Алюминий варят быстро, без нагрева.

Наиболее качественной и прогрессивной является **сварка в среде аргона**. (Ролик)

Другие способы сварки

Контактная сварка:

точечная; шовная (роликовая), стыковая.

Контактная сварка - это процесс образования соединения в результате нагрева металла проходящим через него электрическим током в режиме КЗ и пластической деформации зоны соединения под действием сжимающего усилия.

Родоначальник контактной сварки - английский физик Уильям Томсон (лорд Кельвин), который в 1856 г. впервые применил стыковую сварку. В 1877 г. в США Томсон самостоятельно разработал стыковую сварку и внедрил ее в промышленность. В том же 1877 г. в России Н.Н. Бенардос предложил способы контактной точечной и шовной (роликовой) сварки. На промышленную основу в России контактная сварка была поставлена в 1936 г. после освоения серийного выпуска контактных сварочных машин.

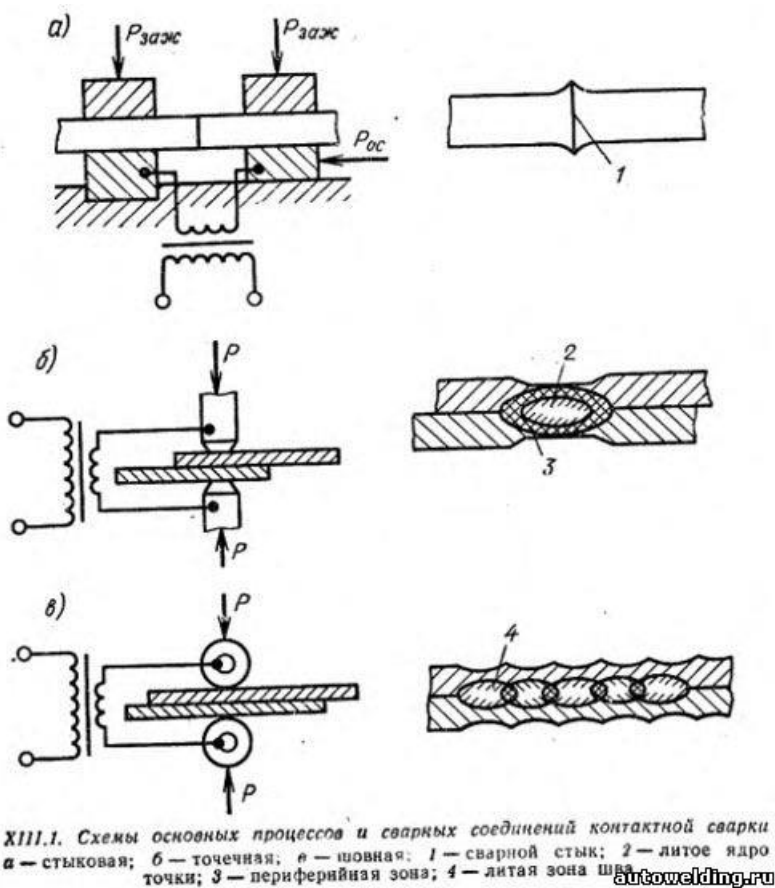
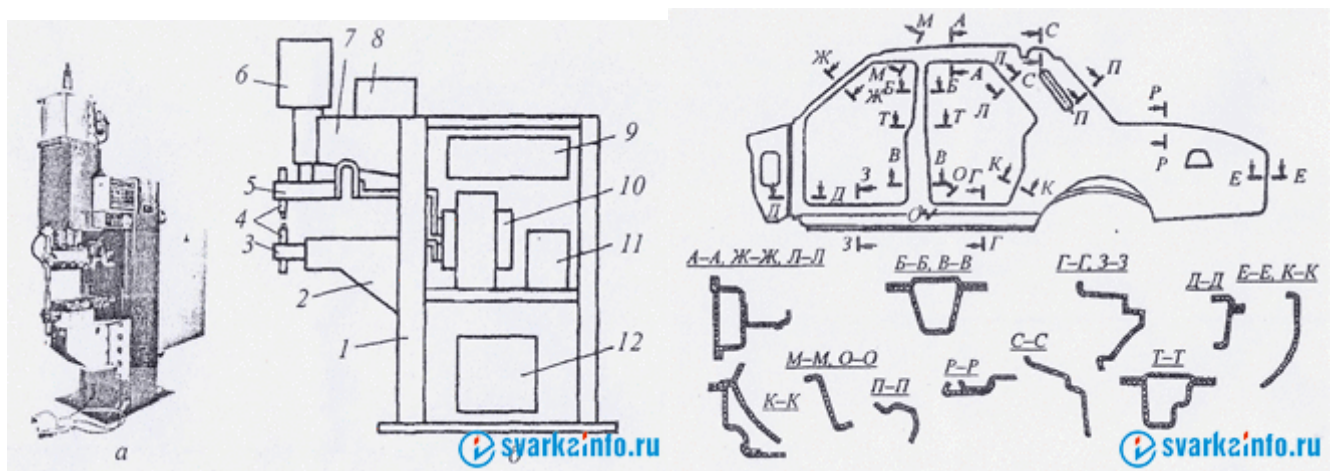


Схема точечной сварки:



Машина контактной(точечной) сварки и схема нахлесточных соединений боковины кузова легкового автомобиля

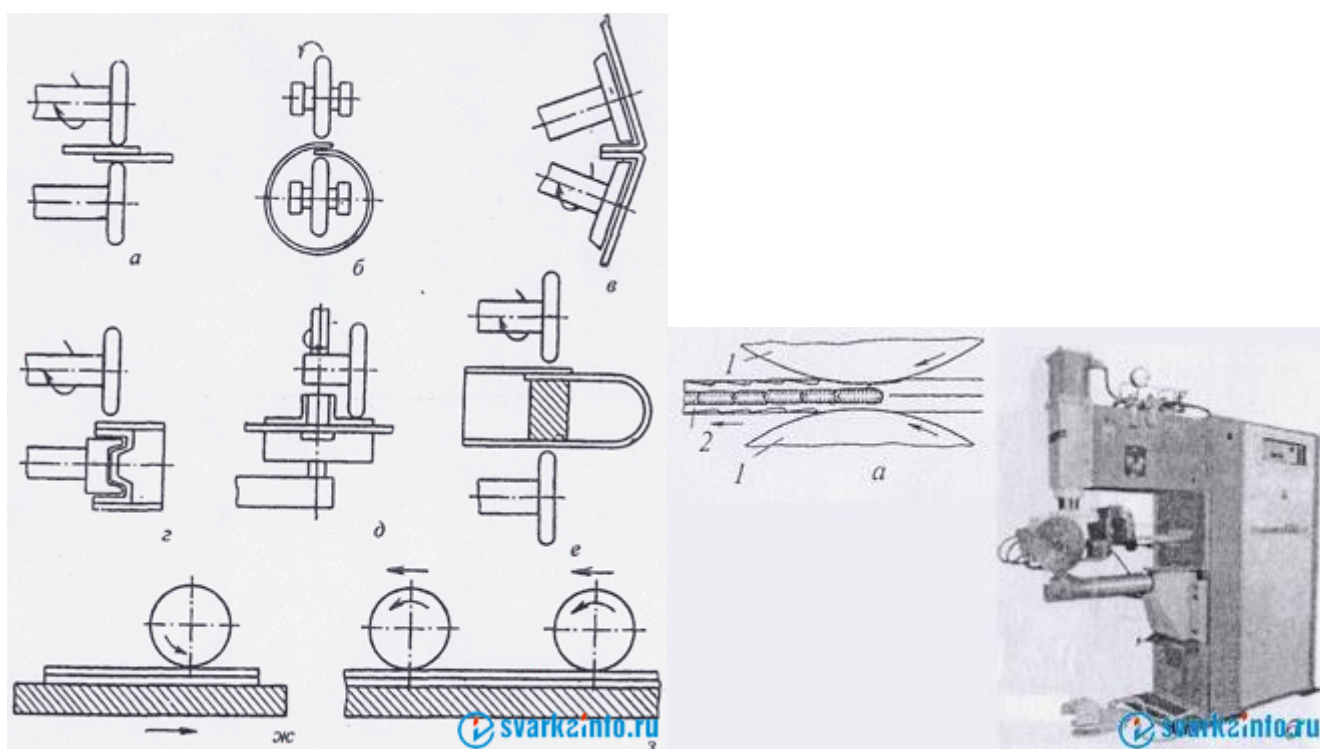
Количество выделяемой теплоты Q , Дж определяется законом Джоуля-Ленца:

$$Q = I^2 R t$$

где I - сварочный ток, А;

R - сопротивление контакта, Ом;

t - время протекания тока, с. (0,02...1,0 сек)



Шовная (роликовая) контактная сварка.

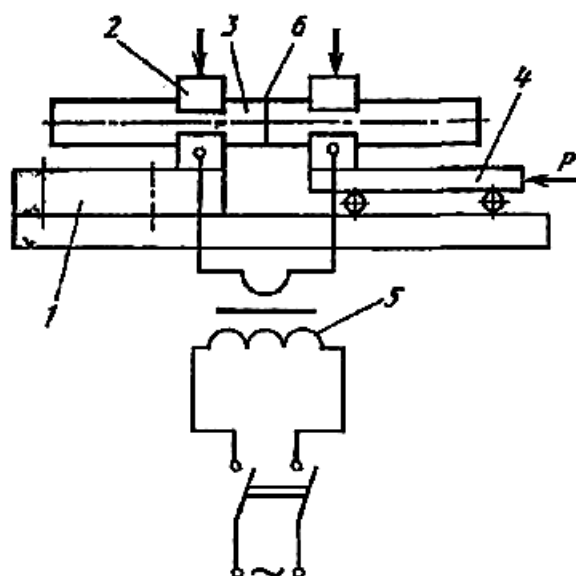


Схема контактной стыковой сварки

1 неподвижная плита; 2 зажимы (электроды); 3 заготовки; 4 подвижная плита; 5 сварочный трансформатор; 6 контакт

Режимы контактной сварки:

$I=100\ldots300\text{А/мм}^2, U = 1\ldots6\text{ В}, (I_{\text{кз}}=(10\ldots50)10^3\text{А}), t - 0,1\ldots2\text{с.},$
 $p - 3\ldots8\text{кг/мм}^2$

Преимущества контактной сварки перед другими способами:

- Высокое качество и надежность сварных соединений за счёт минимальной ЗТВ при небольшом числе управляемых параметров режима, что снижает требования к квалификации сварщика
- Высокая производительность (время сварки одной точки или стыка составляет **0,02... 1,0 с.**)
- Малый расход вспомогательных материалов (воды, воздуха)
- Это экологически чистый процесс, легко поддающийся механизации и автоматизации

(Изготовление кузова, контактная сварка – ролик)

Электроконтактная приварка (наплавка)

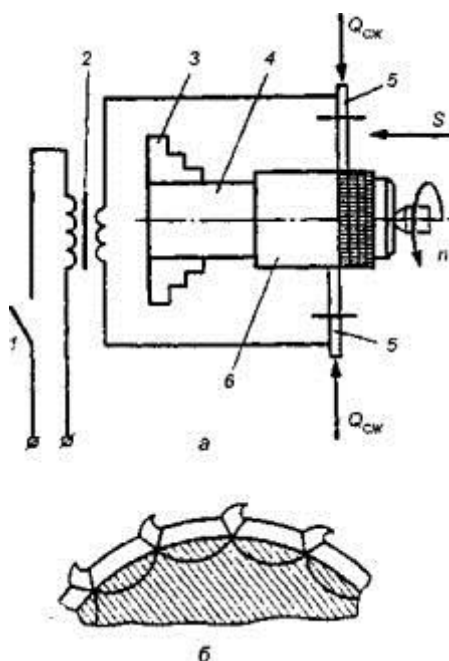


Схема электроконтактной приварки ленты 1 - прерыватель тока; 2 - трансформатор; 3 - патрон; 4 - деталь; 5 - роликовые электроды; 6 - привариваемая лента

Контактная наварка имеет ряд преимуществ перед другими способами сварки:

нанесение покрытия заданной толщины с минимальным припуском на последующую обработку;

незначительный нагрев и деформация детали;

малые потери металла и отсутствие выгорания легирующих элементов;

высокая производительность - до $100 \text{ см}^2/\text{мин}$;

высокое качество и прочность сцепления покрытия;

широкие технологические возможности - возможна приварка ленты, проволоки, различных порошковых материалов и т.д.;

повышение износостойкости покрытий в несколько раз при приварке композиционных материалов (порошков, и др.).

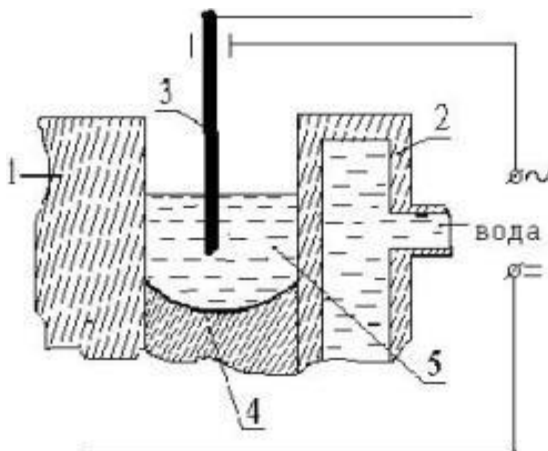
Стыковая сварка (для труб)

Стыковая сварка труб - ролик

Торцы защищают, выравнивают и стыкуют. Время сварки 3...4 мин.

Новая технология ИЭС им Патона Е.О. стыковой сварки **пульсирующим оплавлением** позволяет увеличить производительность в 2-3 раза при высоком качестве.

Электрошлаковая сварка и наплавка, электрошлаковый переплав



Сущность электрошлаковой сварки (наплавки) заключается в следующем. В полость, образованную

наплавляемой поверхностью 1 и водоохлаждаемым кристаллизатором 2, подается присадочный материал 3 и флюс. **Ток, проходя между электродом и наплавленным металлом 4 через жидкий шлак 5, поддерживает в нем высокую (до 2000 ° С) температуру. Шлак расплавляет подаваемый в него присадочный материал и оплавляет кромки поверхности изделия.** Расплавленный металл опускается на дно шлаковой ванны и, кристаллизуясь, образует наплавленную поверхность.

Электрошлаковая наплавка (ЭШН) — разновидность [электрошлакового процесса](#); технология, основанная на нанесении расплавленного металла на рабочую поверхность изделия, при которой оплавление основного и расплавление присадочного металлов происходит за счет тепла, выделяющегося в шлаковой ванне при протекании через нее электрического тока.

Рис. 13-20.

Электрошлаковая наплавка наружных цилиндрических поверхностей проволочным (а) и трубчатым (б) электродом:

- 1 — электрод;
- 2 — кристаллизатор;
- 3 — наплавляемая деталь;
- 4 — наплавленный слой;
- 5 — сварочная ванна

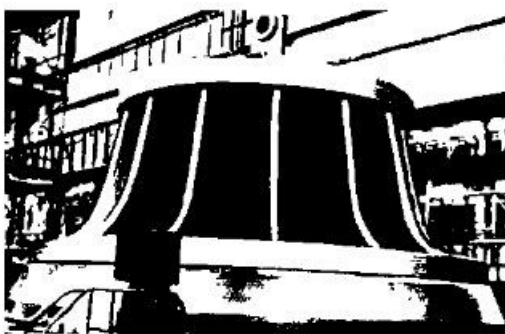
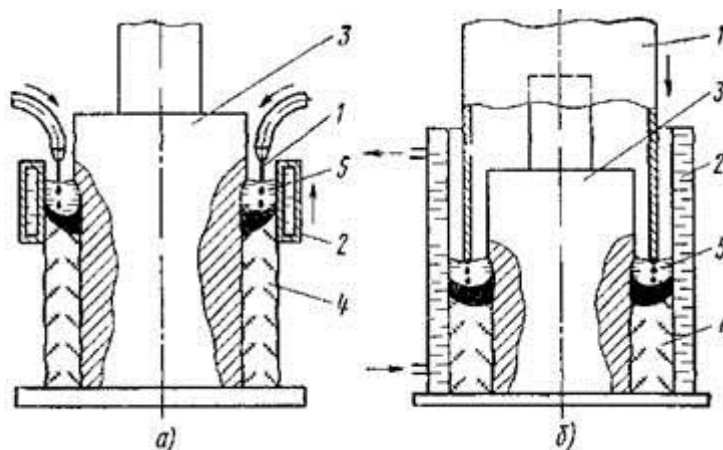


Рис. 134. Колесо гидротурбины Асуанской ГЭС (Ленинградский металлический завод autowelding.ru)

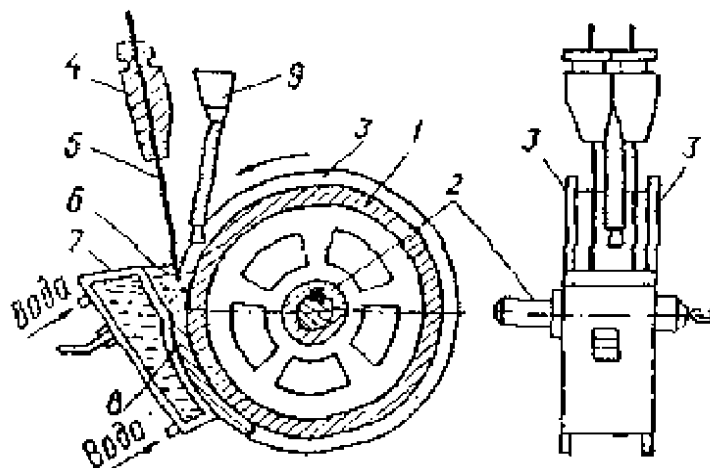
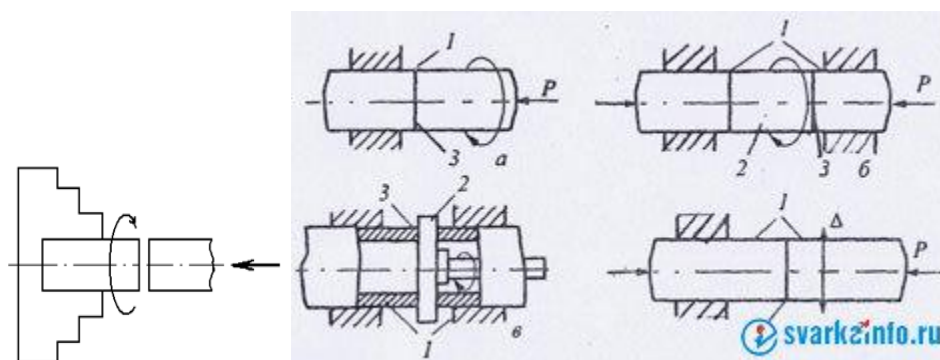


Рис. 7.10. Схема установки ОКС-7755 для автоматического электрошлакового наплавления:

1 - деталь; 2 - оправка; 3 - диски; 4 - мундштук; 5 - дріт; 6 - флюс; 7 - форма;
8 - наплавлений шар; 9 - дозатор

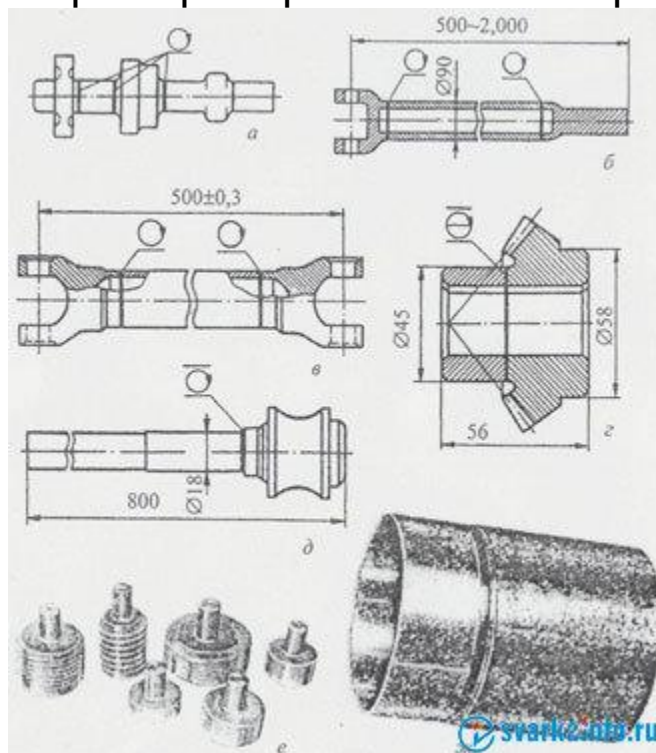
Сварка трением

сварка трением (сварка давлением, когда нагрев осуществляется трением, вызываемым вращением друг относительно друга свариваемых частей).



Схемы процесса сварки трением: 1 - свариваемые детали; 2 - вставка; 3 - зона сварки

Некоторые примеры применения сварки трением



Примеры применения сварки трением:

а - промежуточный вал коробки передач автомобиля; б - карданный вал тяжёлого грузового автомобиля; в - карданный вал автомобиля «Форд»; г - коническое зубчатое колесо с удлинённой ступицей; д - вал рулевого управления легкового автомобиля; е - гладкие и резьбовые калибры; ж - сталеалюминиевый трубчатый переходник диаметром 90 мм с толщиной стенки 4 мм

Сварка электронным лучом в вакууме

Сварка выполняется внутри камеры в вакууме, полученным за счет откачивания воздуха до давления порядка 10^{-6} – 10^{-4} мм рт. ст. Пучок электронов создается в специальном устройстве – электронно-лучевой пушке. Электроны испускаются катодом, нагреваемым электрической спиралью. Катод окружен прикатодным электродом, к которому также прикладывается отрицательный потенциал. Таким образом, осуществляется предварительная фокуси-

ровка электронов, вылетающих из катода в различных направлениях.

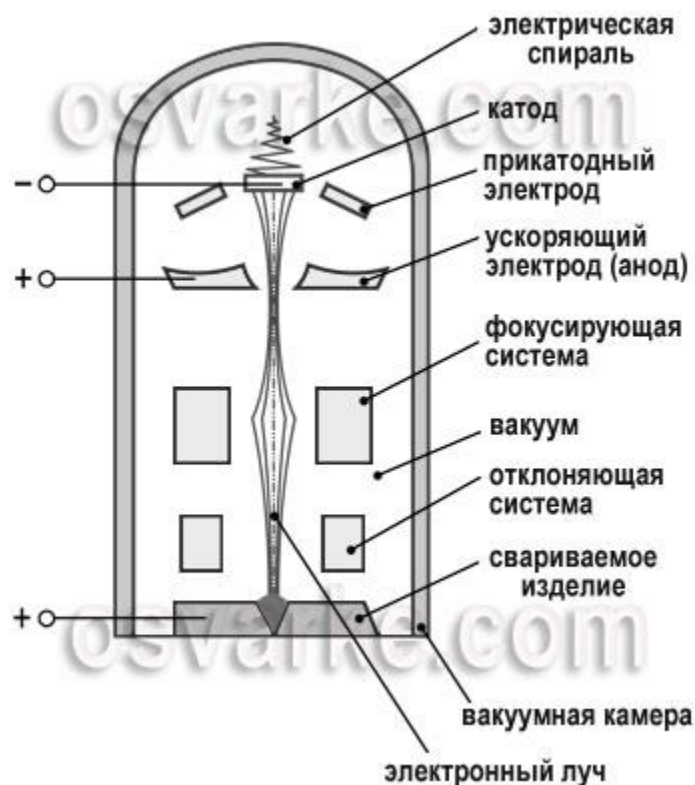


Схема электронно-лучевой сварки

Сварка лазерным лучом

Весомый вклад в изучение принципов квантового усиления и генерации внесли также советские физики [А. Прохоров](#) и [Н. Басов](#) ([Нобелевская премия по физике 1964 г.](#)) Лазерное излучение - это высококонцентрированный источник нагрева. Плотность мощности лазера превосходит традиционные сварочные источники, включая электронный луч.

Это излучение возникает в результате генерации квантов света атомами активного вещества, предварительно приведенных в возбужденное состояние. Возбужденное состояние атомов может достигаться различными способами: за счет световой энергии, энергии химических акций, электрического разряда в газах, облучением электронным лучом и т.д.

В сварке применяют генераторы с использованием в качестве активного тела кристалла рубина (оксид алюминия, в котором часть атомов замещена атомами хрома - до 0,5%)

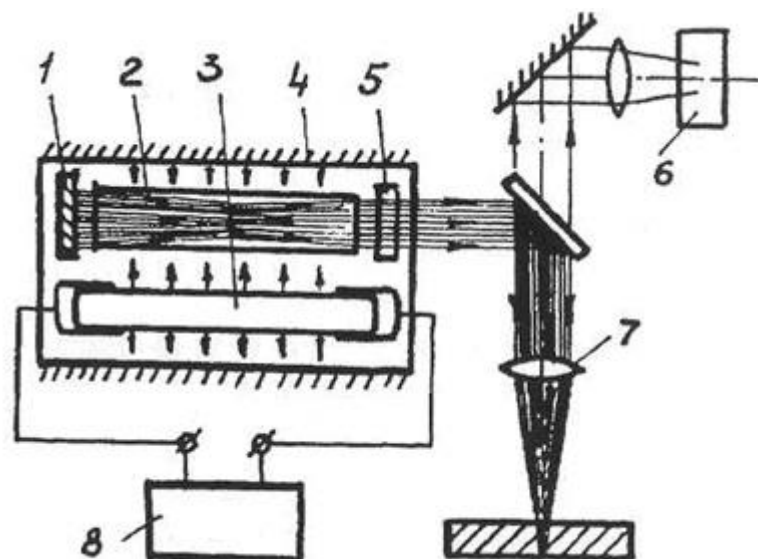


Схема квантового генератора. 1 - непрозрачное зеркало; 2 - кристалл рубина; 3 - импульсная лампа; 4 - корпус; 5 - полупрозрачное зеркало; 6 - система наблюдения; 7 - система фокусировки; 8 - источник питания

Сварка ультразвуком

Соединение при этом способе сварки образуется под действием ультразвуковых колебаний (частотой 20-40 кГц) и сжимающих давлений, приложенных к свариваемым деталям.

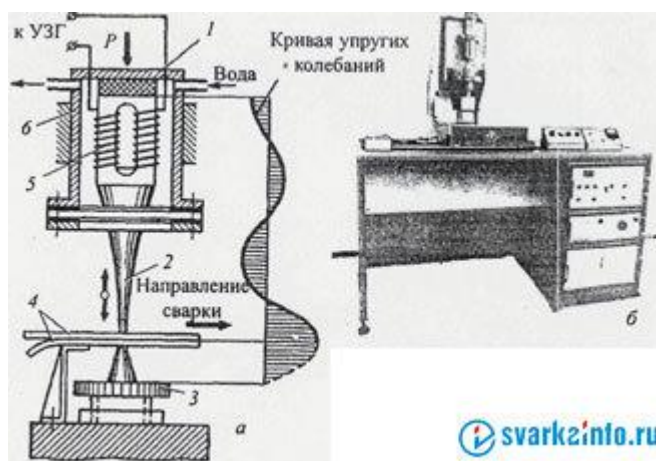


Рис. 1. Схема ультразвуковой сварки:
1 - акустический узел; 2 - инструмент (волновод); 3 - регулировочный винт опоры; 4 - свариваемые детали; 5 - вибратор; 6 - кожух

Диффузионная сварка в вакууме

В 1953 г. профессором Н.Ф. Казаковым был разработан принципиально новый способ соединения материалов – диффузионная сварка в вакууме

- применяется для сварки самых разнородных материалов: керамики с кевларом, медью, титаном, жаропрочных и тугоплавких металлов и сплавов, электровакуумных стёкол, оптической керамики, сапфира, графита с металлами, композиционных, порошковых и других материалов.

При этом способе сварки соединяемые детали помещают в вакуумную камеру при остаточном давлении среды (10^{-3} - 10^{-5} мм рт. ст.) и нагревают токами высокой частоты до необходимой температуры (0,8 от температуры плавления) а затем соединяют друг с другом с усилием. Удельное давление достигает 25 Мпа (250 кг/см^2)

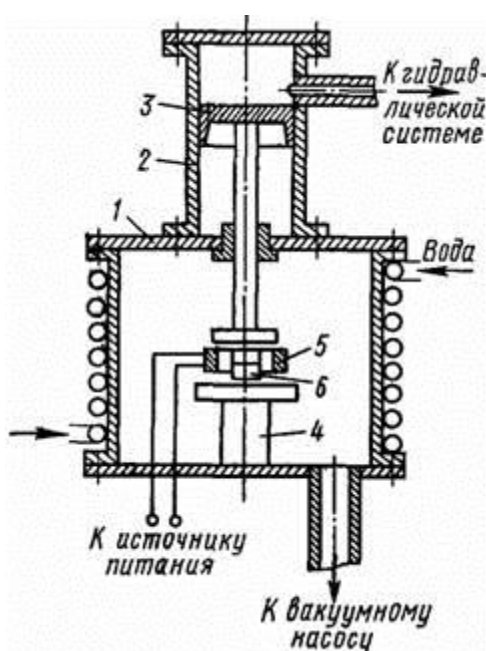


Схема диффузионной сварки в вакууме:

1 - камера; 2 - гидравлический цилиндр; 3 - поршень со штоком; 4 - опора; 5 - нагреватель; 6 - свариваемые заготовки

Гидридный способ сварки –

Основан на явлении гидрирования (насыщении водородом и **увеличении объёма до 10%**) материалов в водородной среде при высокой температуре, например при плакировании труб.

Восстановление деталей способом пластической деформации

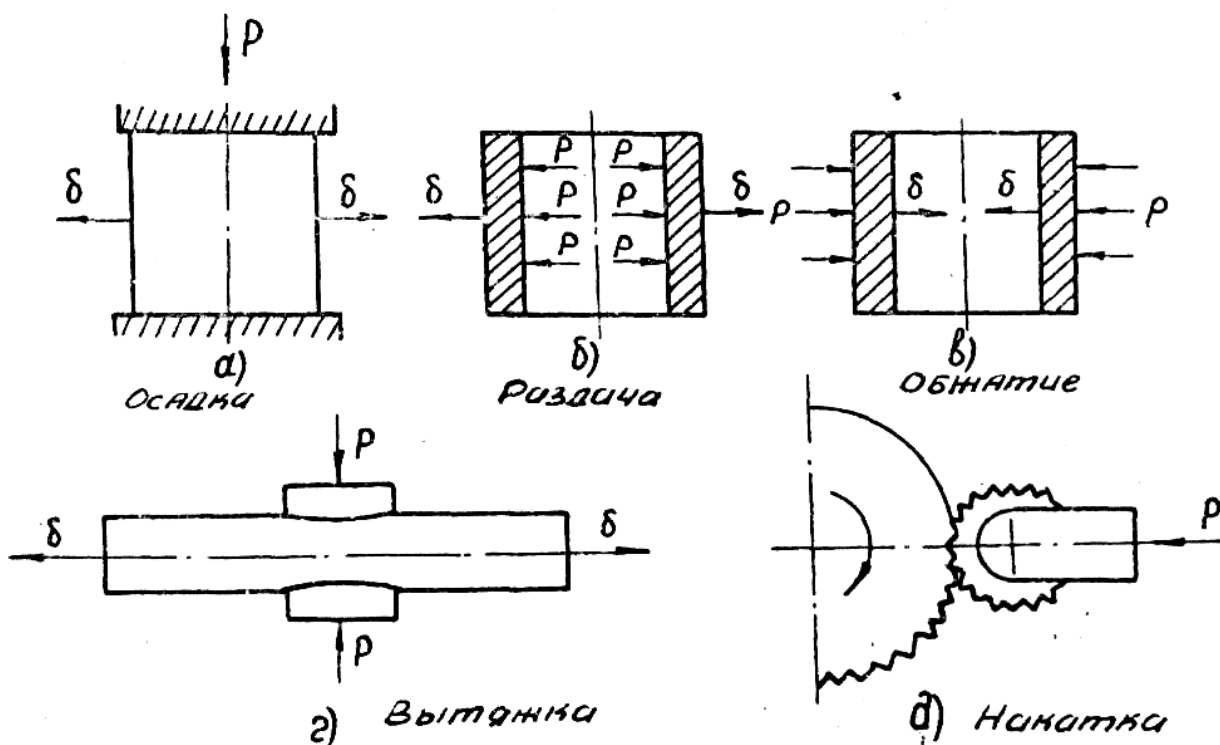
Основан на пластичности металлов — свойстве металлических деталей без разрушения изменять первоначальную форму под действием внешних сил, а после прекращения их действия сохранять вновь приданную форму и размеры (при этом объем детали остается постоянным)

Деформация может быть:

- холодная – без нагрева заготовки;
- горячая деформация ($t=0,8 t_{\text{плавл.}}$, при этом теряется термообработка).

Существуют следующие способы пластической деформации:

Виды пластического деформирования, применяемые
при восстановлении деталей



РА. Рис.

КАДМ 3.688 т. I500 15.06.81г.

I Осадка

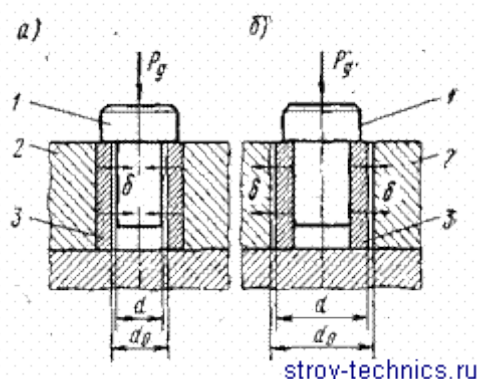
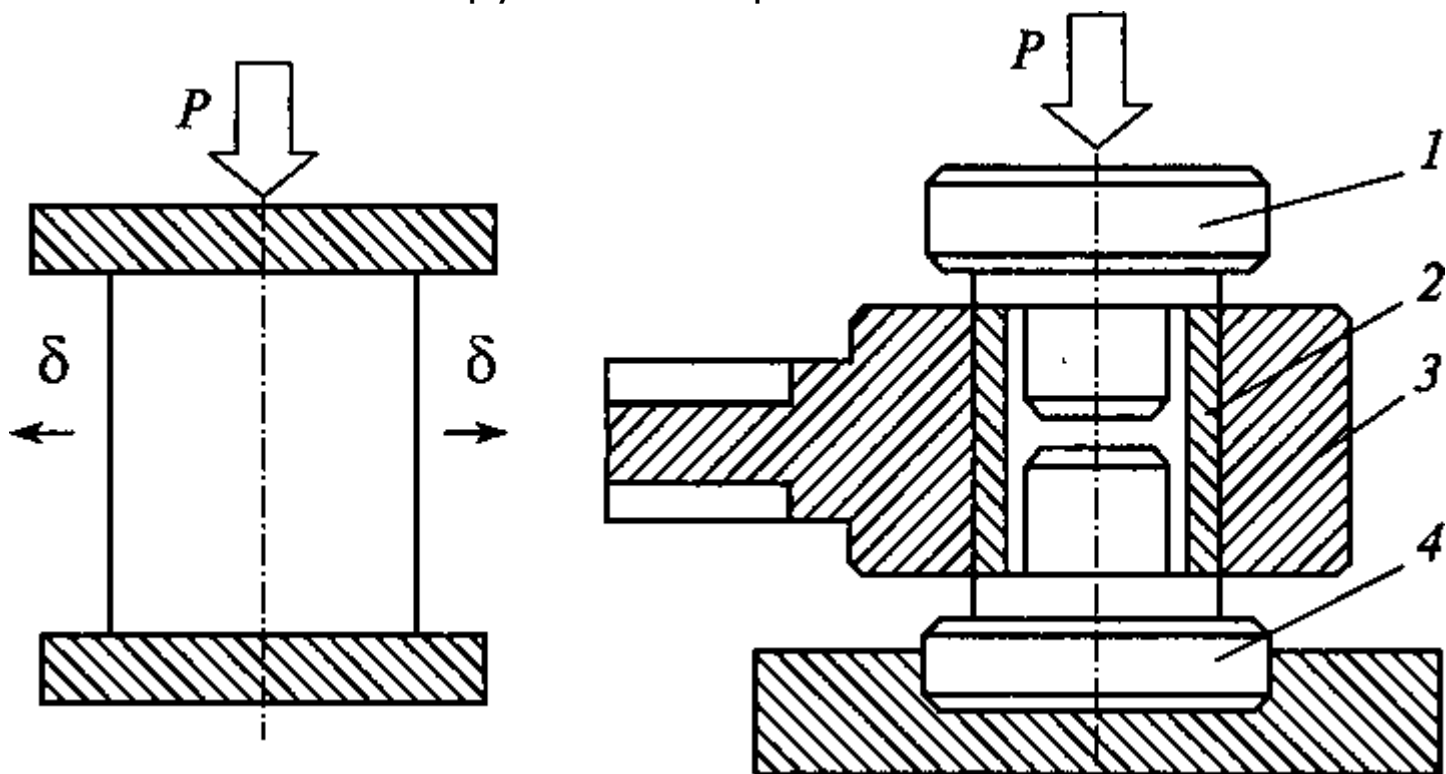
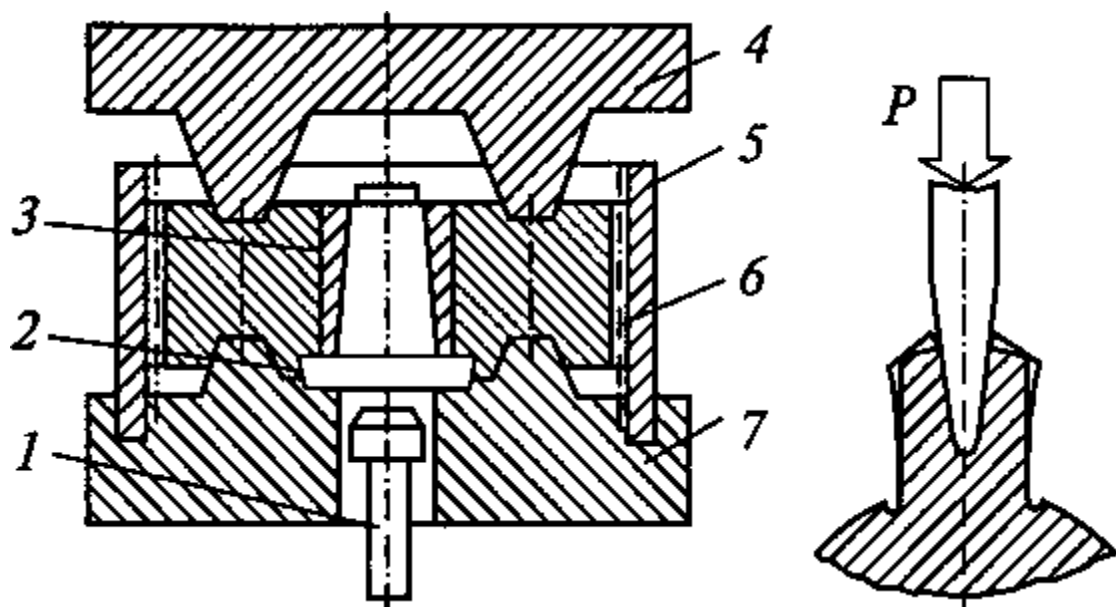


Схема приспособления для осадки втулки:

а — при износе внутренней поверхности; б — при износе наружной поверхности



Пластическое деформирование осадкой: а — принципиальная схема; б — осадка давлением втулки верхней головки шатуна; 1,4 — оправки; 2 — втулка; 3 — шатун



Пластическое деформирование вдавливанием:

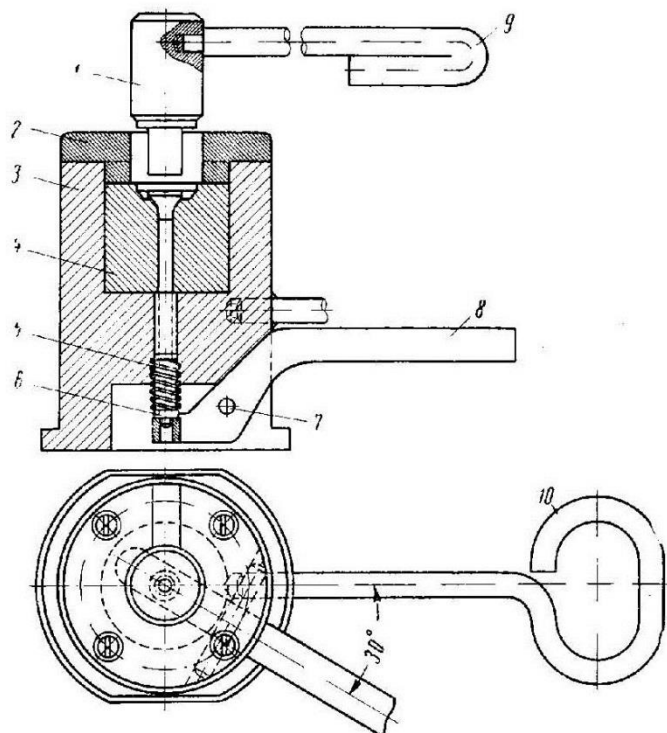
восстановление зубчатых колес: 1 — выталкиватель; 2 — центрирующий конус; 3 — разрезная коническая пружинящая втулка; 4 — пуансон; 5 — ограничительное кольцо; 6 — зубчатое колесо; 7 — матрица.

восстановление изношенной части шлица;

Данный способ применяют для восстановления толкателей, полуосей, втулок, клапанов, шестерен, клапанов и др.

Восстановление шестерен осадкой зубьев на специальных зубопрокатных станах с тактом менее 60 сек.

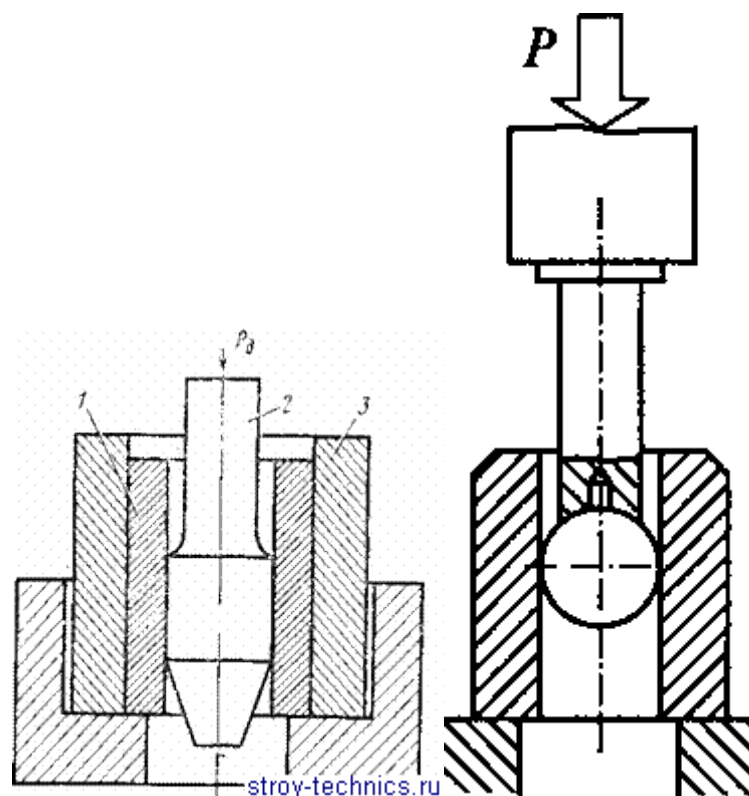
Вдавливание (осадка) может быть применено для восстановления головок клапанов. Нагретую головку клапана обрабатывают в закрытом штампе под молотом, а затем охлаждают на воздухе и в горячем песке.



Закрытый штамп для осадки клапанов:
 1 — пуансон; 2 — направляющее кольцо; 3 — корпус штампа; 4 — матрица;
 5 — пружина выталкивателя; 6 — упор выталкивателя; 7 — ось выталкивателя;
 8 — рычаг выталкивателя; 9 — рукоятка пуансона;
 10 — рукоятка штампа

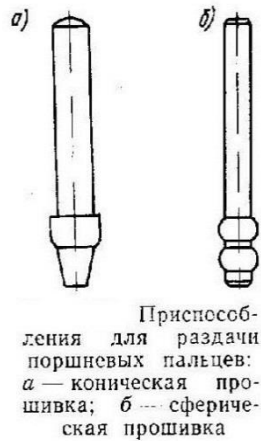
II Раздача

Применяется для увеличения наружных диаметров деталей типа втулок.

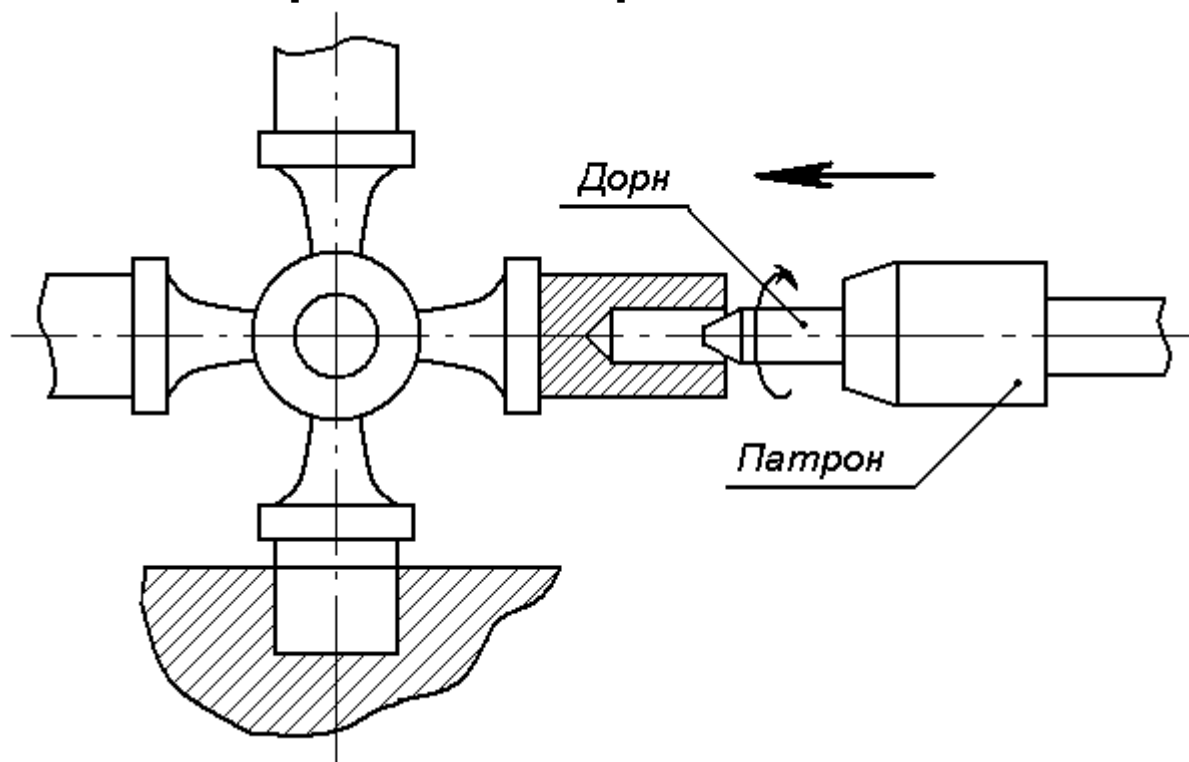


Пластическое деформирование раздачей:
 объемная раздача шариком; объемная раздача дорном
 Штамп для раздачи поршневых пальцев
 Натяг дорна во втулке – 0,1...0,2 мм.

Трудности: при изготовлении пальца внутренний диаметр обрабатывается грубо, поэтому....



Крестовина карданного вала.



Диаметр дорна, необходимый для раздачи шипа

$$d = \sqrt{(D_p^2 - D_0^2) \cdot k + d_0^2}$$

$D_p = D_H + 2 \cdot z_{\min}$ - расчетный диаметр шипа крестовины после раздачи;

D_0 – наружный изношенный диаметр шипа крестовины перед раздачей.

1. Гидротермическая (термопластическая) раздача.

Гидротермическая раздача поршневых пальцев позволяет обеспечить их ресурс на уровне новых и восстанавливать одни и те же пальцы до 4...5 раз. **Поршневой палец устанавливают в индуктор и нагревают ТВЧ до температуры 780...830°C в течение 20...25 с. Затем с помощью спрейера через внутреннюю полость пропускают холодную проточную воду под давлением 0,4...0,5 МПа в течение 14... 16 с.** В результате возникающих в металле растягивающих напряжений наружный диаметр увеличивается до 0,2 мм. Последующая механическая обработка пальцев под чертежный размер.

– восстановление гильз цилиндров этим же способом

Термопластическое деформирование применяют для восстановления гильз цилиндров, поршней и поршневых пальцев. Сущность термопластической раздачи заключается в том, что заготовку нагревают снаружи до температуры выше A_{c3} на диаграмме состояния Fe - C и охлаждают изнутри потоком жидкости. Внутренние кольцевые слои материала, охлаждаясь, стремятся уменьшиться в диаметре, но им препятствуют нагретые наружные слои, поэтому внутренние слои пластически растягиваются и увеличиваются в диаметре, по сравнению с первоначальным диаметром в холодном состоянии. При дальнейшем охлаждении внутренние слои утрачивают пластичность и превращаются в жесткую «оправку», которая препятствует уменьшению диаметра наружных слоев.

1 2 3 4 5 6 7>

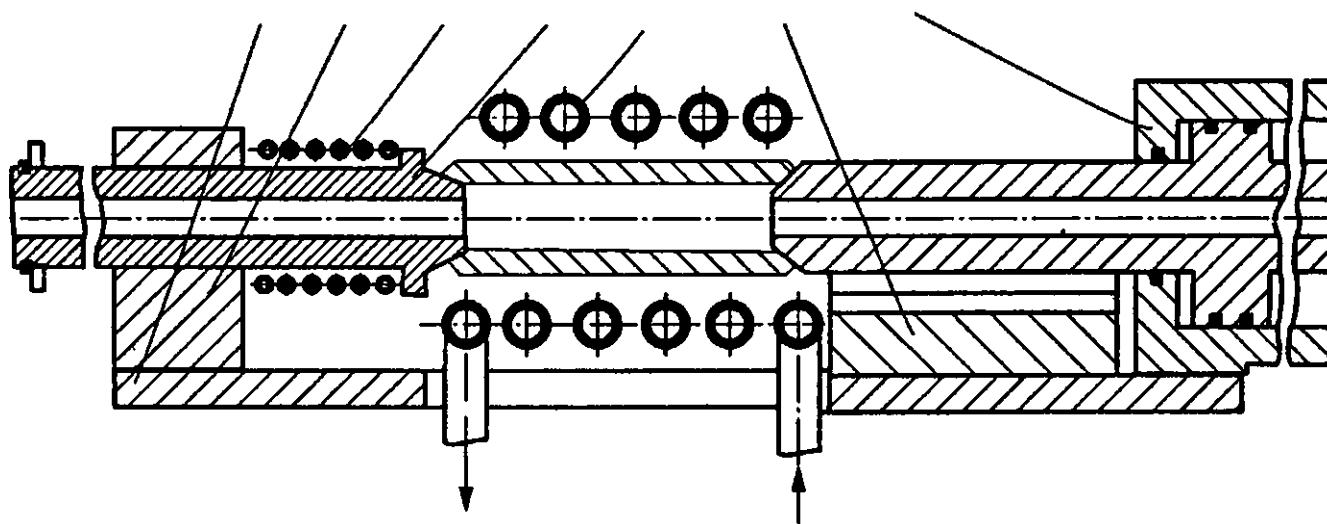


Рис. 3.7. Схема станда для термопластической раздачи поршневых пальцев: 1 - плита; 2 - кронштейн; 3 - пружина; 4 - шток полый; 5 - индуктор; 6 - призма направляющая; 7 - пневмоцилиндр

2. Электрогидравлическая раздача. Сущность процесса заключается в инициировании в жидкости, заполняющей внутреннюю полость заготовки, электрического разряда, создающего большое гидравлическое давление, которое, в свою очередь, вызывает пластическое деформирование материала заготовки и обеспечивает припуск на обработку резанием абразивным инструментом (эффект Юткина). **Палец помещают в жидкость, внутрь вводят разрядник, пропускают электрический разряд. $U=40В$.** Происходит электрогидравлический удар и увеличение наружного диаметра пальца.

Гидродинамическая раздача поршневых пальцев основана на эффекте J1.А. Юткина. Сущность эффекта заключается в инициировании в жидкости, заполняющей внутреннюю полость заготовки, электрического разряда, создающего большое гидравлическое давление, которое, в свою очередь, вызывает пластическое деформирование материала заготовки и обеспечивает припуск на обработку резанием абразивным инструментом.

Устройство для электрогидравлической раздачи включает следующие основные части: источник 7, накопитель энергии 2 и технологический узел 3 с положительным 4 и отрицательным 8 электродами, между которыми установлена заготовка 7 с проводником 6 и пластмассовым патроном 5. Внутреннюю полость заготовки заполняют водой. Напряжение разряда контура составляет 37 кВ, емкость батареи конденсаторов - 6 мкФ. Взрывной патрон изготовлен из полиэтилена марки ПЭВ-500, а иницирующий проводник - из алюминиевой проволоки диаметром 0,7 мм. При указанных режимах раздачи наблюдается пластическое увеличение диаметра поршневых пальцев, выполненных из стали 15Х, на 0,12 мм, а деталей из стали 45 – на 0,2 мм.

; 5 - пластмассовый патрон; 6 - проводник; 7 - восстанавливаемая деталь; 8 - отрицательный электрод

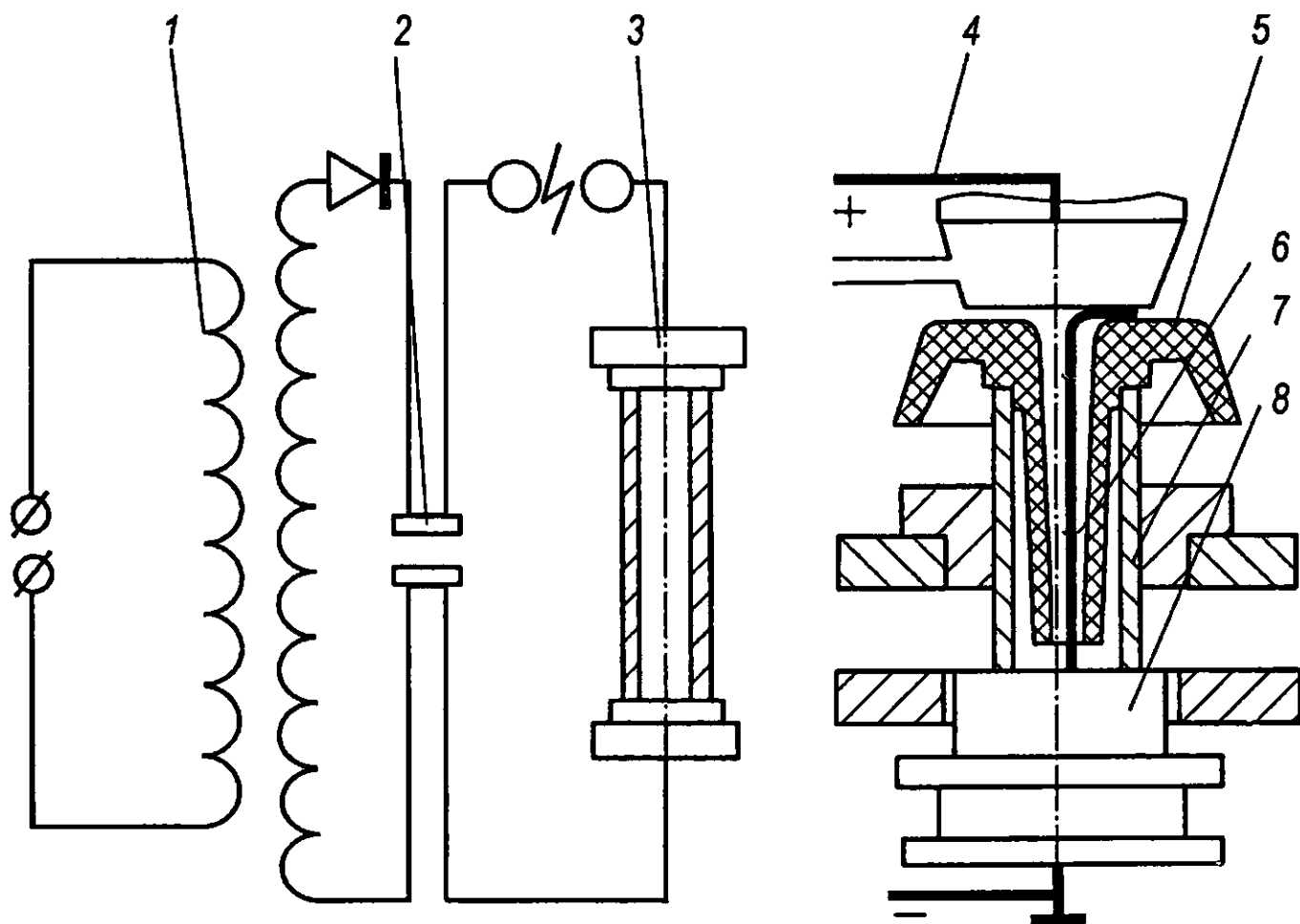
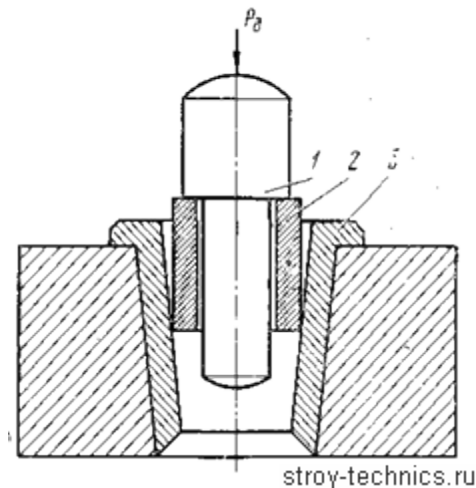


Рис. 3.8. Устройство для электрогидравлической раздачи поршневых пальцев:
1 – трансформатор; 2 – конденсатор; 3 – технологический узел; 4 – положитель-

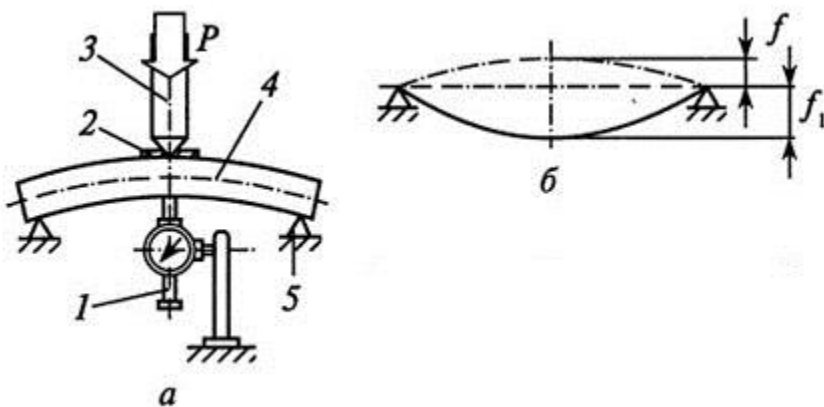
Обжатие



Штамп для обжатия втулок

III Правка

Правка применяется для устранения изгиба, скручивания, коробления деталей. Большинство деталей правят в холодном состоянии при помощи прессы. Правкой ремонтируют валы, кронштейны, полуоси, шатуны, штанги, тяги, раму автомобиля и др.



Схемы правки вала: а — монтажная; б — расчетная: 1 — индикатор; 2 — прокладка; 3 — нажимной шток; 4 — вал; 5 — опоры.

1. **Холодная правка** – без нагрева детали. Стрела прогиба при правке должна быть в 10 раз больше величины прогиба.
Недостаток – остаточные внутренние напряжения. Для получения устойчивого результата необходим высокий отпуск для снятия внутренних напряжений.
Правка снижает предел выносливости на 10%, поэтому нужна последующая термообработка.
2. **Горячая правка** – вызывает большие искривления. Температура – $0,8 t_{\text{плавл}}$. Правят прессом и обязательно проводят последующую термообработку.
3. **Правка местным поверхностным наклепом** – применяется при небольших искривлениях $\sim 0,1$ мм.

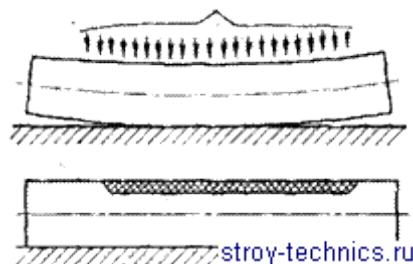
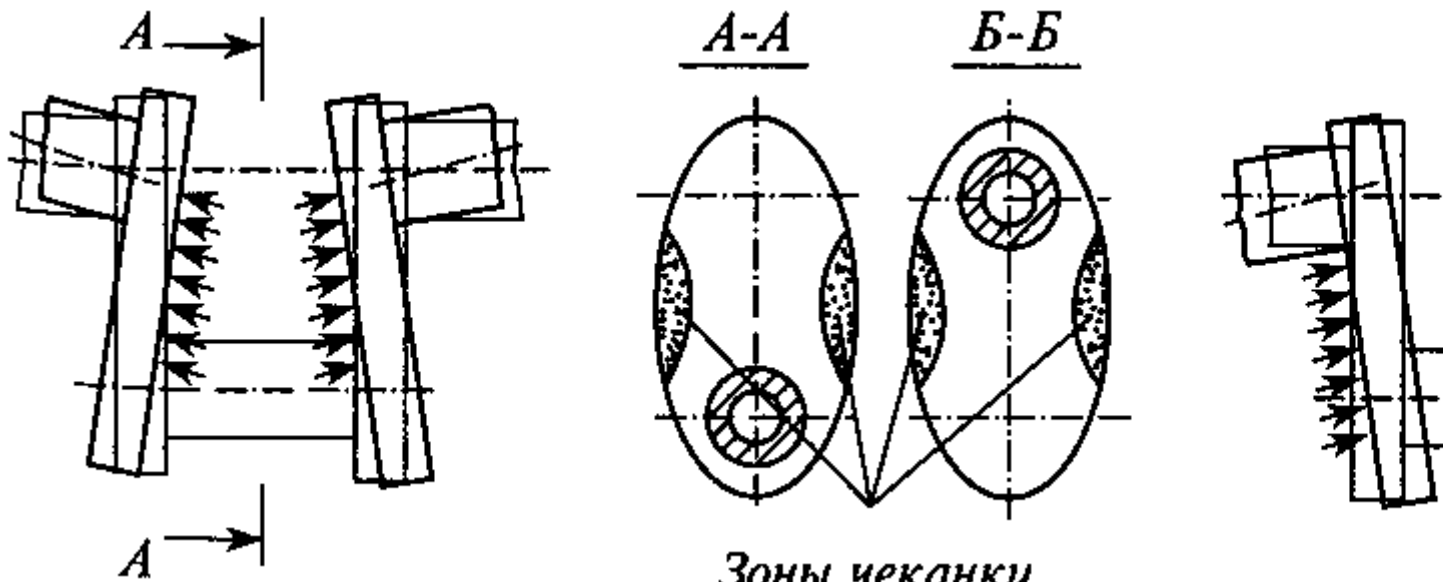


Схема правки местным поверхностным наклепом

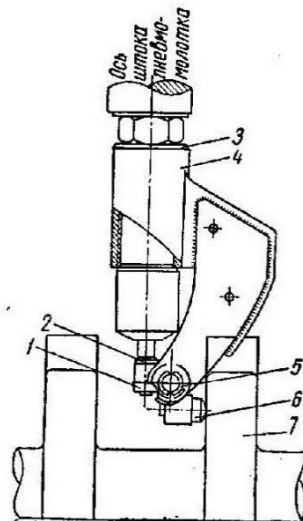
Правка наклепом (чеканкой) не имеет недостатков, присущих правке давлением. Она обладает простотой и небольшой трудоемкостью. При правильной чеканке достигаются: **Высокое** качество правки детали, которое определяется стабильностью ее во времени; высокая точность правки (до 0,02 мм); отсутствие снижения усталостной прочности детали.

В качестве инструмента для чеканки применяются пневматические или ручные молотки. От наносимых ударов в поверхностном слое детали возникают местные напряжения сжатия, которые вызывают устойчивую деформацию детали. Эффективна для правки коленчатого вала наклепом по щёкам.



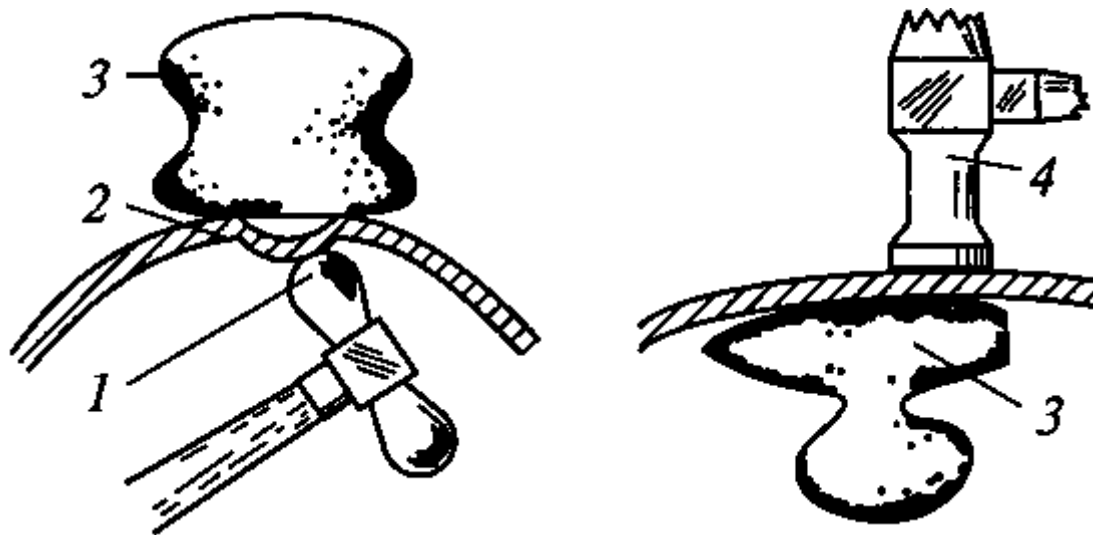
Зоны чеканки

Правка коленчатого вала наклепом (чеканкой)



Приспособление к пневматическому молотку для правки коленчатых валов:

1 — коромысло; 2 — наковальня;
3 — шайба; 4 — корпус; 5 —
шайба; 6 — боек; 7 — наклепываемая щека



Выколотка и рихтовка вмятин: а — выколотка; б — рихтовка; 1 — выколотка; 2 — вмятина; 3 — поддержка; 4 — рихтовальный молоток

В обычной ситуации вмятину можно устранить с помощью рихтовочного молотка: **по деформированному участку наносят легкие пружинящие удары, перемещаясь по спирали от края вмятины к ее середине.** В результате правильно проведенной рихтовки дополнительные напряжения, вызванные деформацией поверхности, устраняются и восстанавливается стабильная первоначальная форма кузова.

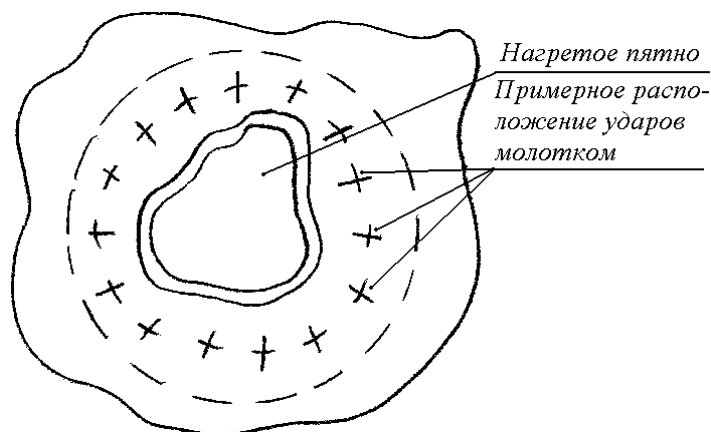
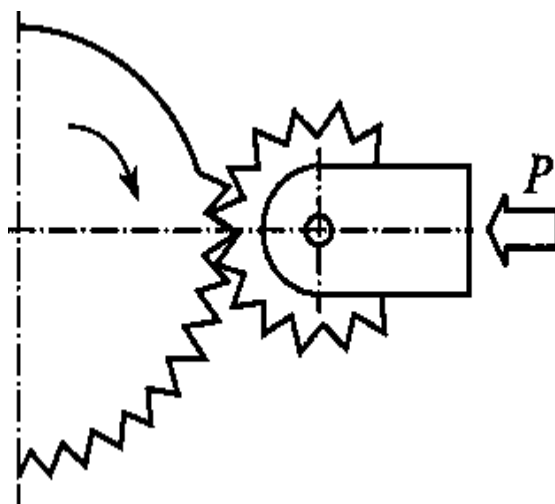


Схема правки выпучины в нагретом состоянии.

Накатка

– восстановление посадочных мест изношенных поверхностей деталей: валы, поворотные кулаки, гильзы цилиндров, толкатели и др. Износ поверхности - не более 0,2 мм.

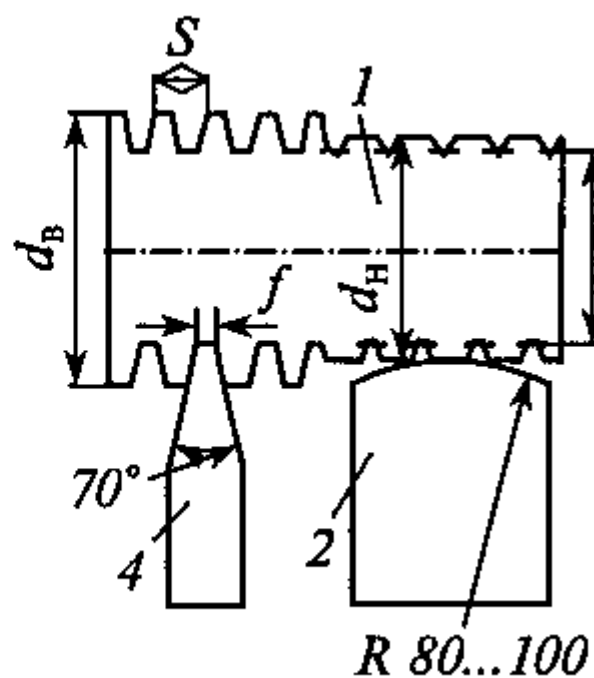
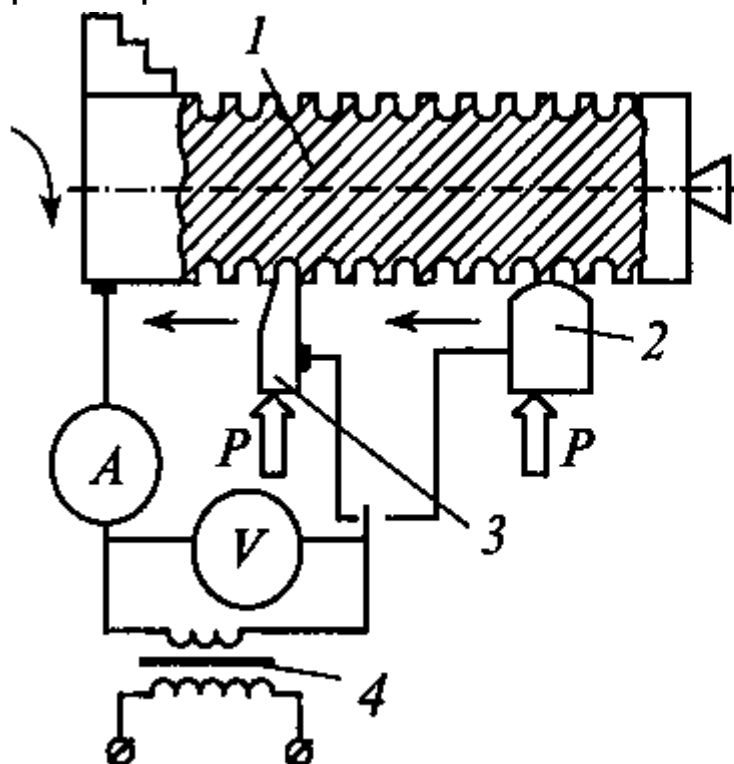


Принципиальная схема пластического деформирования накаткой

Электромеханическая обработка

предназначена для восстановления поверхностей деталей неподвижных сопряжений и состоит в **нагреве металла электрическим током в зоне деформации, что способствует повышению пластических свойств металла.**

Процесс состоит из двух операций: высадки металла и сглаживания выступов до необходимого размера.



Пластическое деформирование с электромеханической обработкой: высадка и сглаживание.

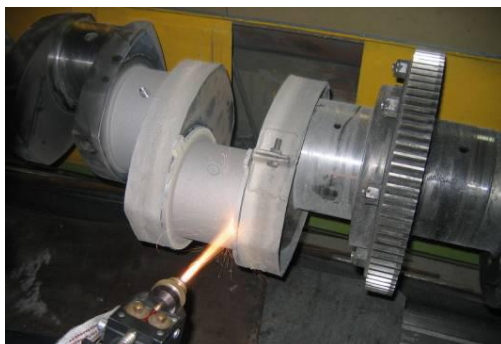
1 — деталь; 2 — сглаживающая пластина; 3 — высаживающая пластина; 4 — понижающий трансформатор

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МЕТАЛЛИЗАЦИЕЙ

Процесс нанесения расплавленного Ме при помощи сжатого воздуха или газа на поверхность детали называется **металлизацией**. Металл, расплавленный в металлизаторе, распыляется струей сжатого воздуха до мельчайших частиц (1,5 ...10 мкм) и с большой скоростью (100...200 м/с) наносится на заранее подготовленную шероховатую поверхность ремонтируемой детали. Время от момента образования частиц металла до их столкновения с поверхностью детали не превышает 0,003 с. При столкновении с деталью еще не остывшие частицы металла расплющиваются, принимая вид чешуек, которые, накладываясь одна на другую, заполняют шероховатости на поверхности детали, образуя сплошной слой. Сцепление частиц с деталью и друг с другом в процессе металлизации происходит вследствие неоднородности поверхности и молекулярного взаимодействия.

Металлизация бывает:

1. Газовая – плавящийся Ме нагревается в ацетиленовом пламени;
2. Электрометаллизация;
3. Высокочастотная – ТВЧ-металлизация;
4. Плазменная;
5. Вакуумная – наплавляемый Ме в вакууме конденсируется на детали;
6. Ионно-плазменная;
7. Детонационное напыление.



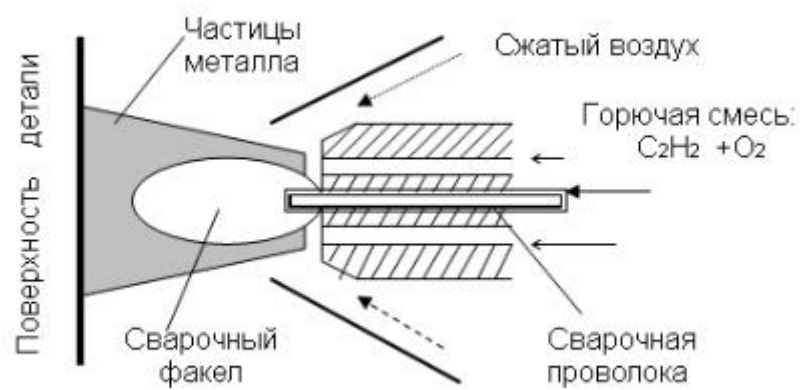
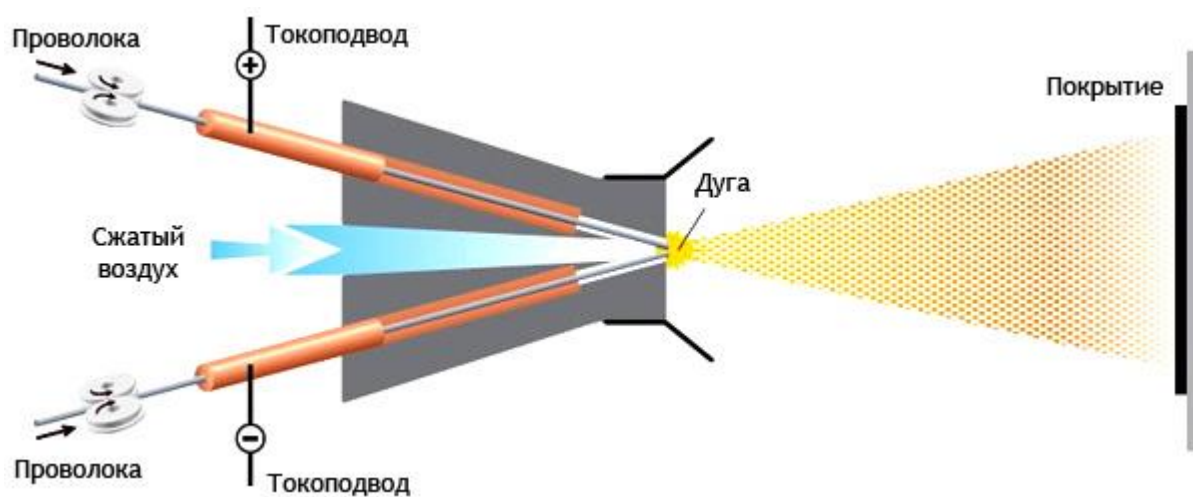
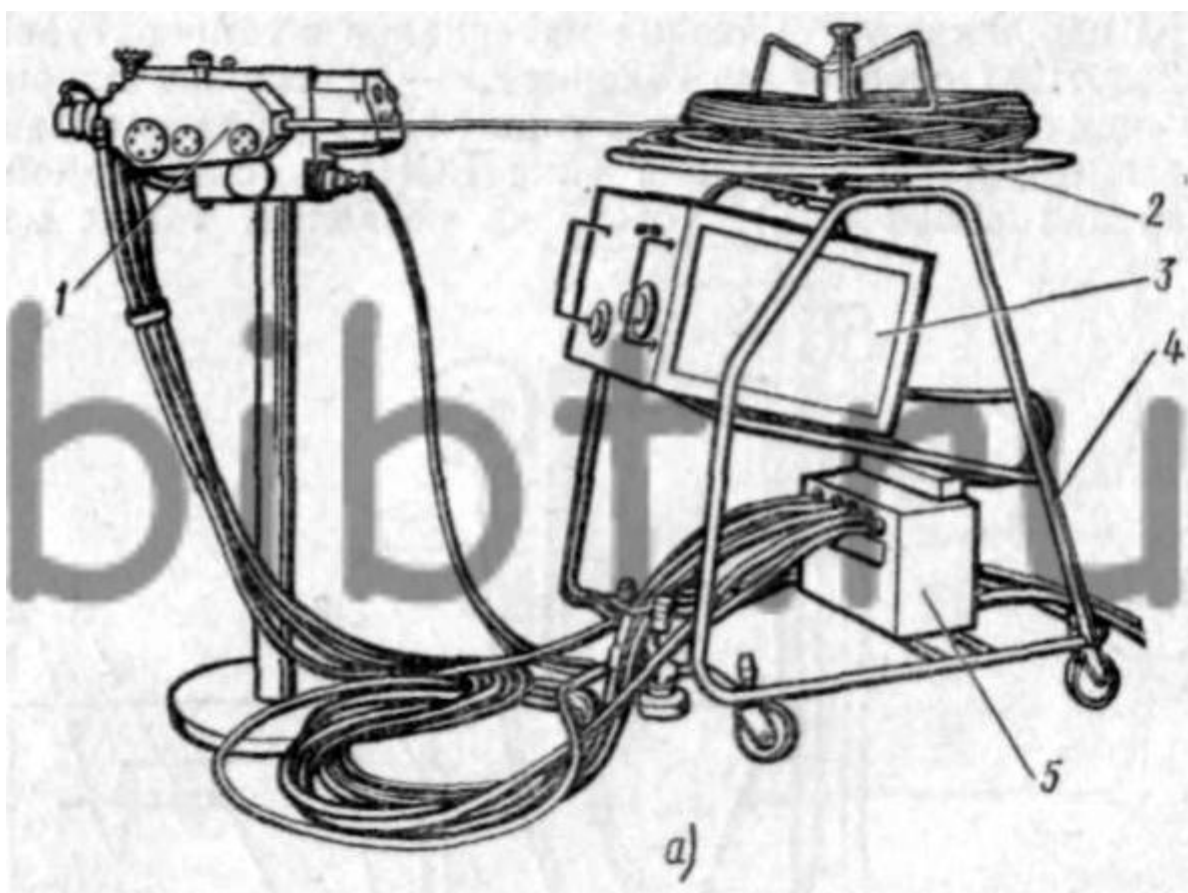


Рис. 2.44. Схема газовой металлизации.



Активированная дуговая металлизация.flv

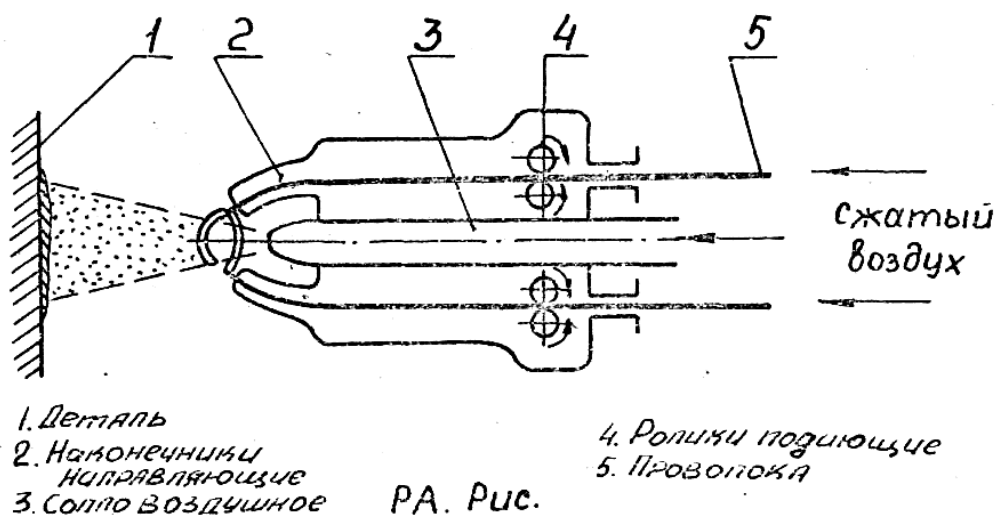




Металлизационная газовая установка МГИ-5:

а - внешний вид, б - устройство распылительной головки;
 1 - металлизационный аппарат, 2 - кассета с проволокой,
 3 - электрический блок управления, 4 - тележка, 5 - узел
 газопитания

Схема аппарата электродугового напыления



Металлизация обеспечивает твердость до 100 HRC. Возможно напыление самых различных материалов. Толщина покрытия 0,1...15 мм.

Прочность сцепления обеспечивается диффузионными связями напыленного Me.

Металлизационный слой хорошо работает на сжатие, истирание, но плохо при переменных ударных нагрузках. Недостаток – низкая прочность сцепления. Для повышения прочности сцепления применяется металлизация с последующим проплавлением.

Материал: сталь, различные порошки и другие материалы.

Технология:

1. Подготовка поверхности:

а) очистка и обезжиривание;

б) создание шероховатостей (Дробеструйная обработка, нарезание рваной резьбы, электроискровая обработка).

2. Нанесение металлизационного слоя.

Режим: $V_{дет}=5...15$ м/мин,

подача металлизатора – 1...2 мм/об,

подача проволоки – 2...2,5 м/об,

$U=20...30V$, $I=100...200A$.

Для газовой металлизации:

$R_{цет}=1,7$ кг/см²; P кислорода=1,6 кг/см².

Нейтральное или восстановительное пламя:

$R_{сж.возд}=3...5$ атм.

3. Обработка после металлизации – лезвийная обработка на мягких режимах твердыми сплавами:

$V_{рез}=20$ м/мин;

$t_{рез}=0,1...0,2$ мм;

$S=0,1...0,2$ мм/об.

Наилучшее качество обеспечивается шлифованием:

$V=30$ м/с – круг;

$V=20...25$ м/с – деталь;

$t=$ до $0,01$ мм;

$S=$ до $2B$ /об, где B – ширина круга.

Металлизацией восстанавливают самые различные детали – блоки цилиндров, головки блоков, валы, фаски клапанов(с проплавлением) и т.д.

Стационарный электрометаллизатор ЭМ-17М

Основное назначение:

Предназначен для нанесения покрытий из стали с целью восстановления и упрочнения различных деталей и механизмов, а также для нанесения противокоррозионных покрытий из цинка и алюминия в условиях автоматизированных производств. **Аппарат состоит из распылительной головки, механизма подачи проволоки и пульта управления. Аппарат работает на постоянном токе от сварочных выпрямителей с жесткой вольтамперной**



Ручной электродуговой аппарат ЭМ-14М

Высокочастотная металлизация основана на использовании тепла, возникающего при индукционном нагреве

металла т. в. ч. Головка высокочастотного металлатора имеет концентратор вихревых токов высокой частоты, предназначенный для сосредоточения магнитного поля у места выхода проволоки с целью мгновенного нагрева и её оплавления.

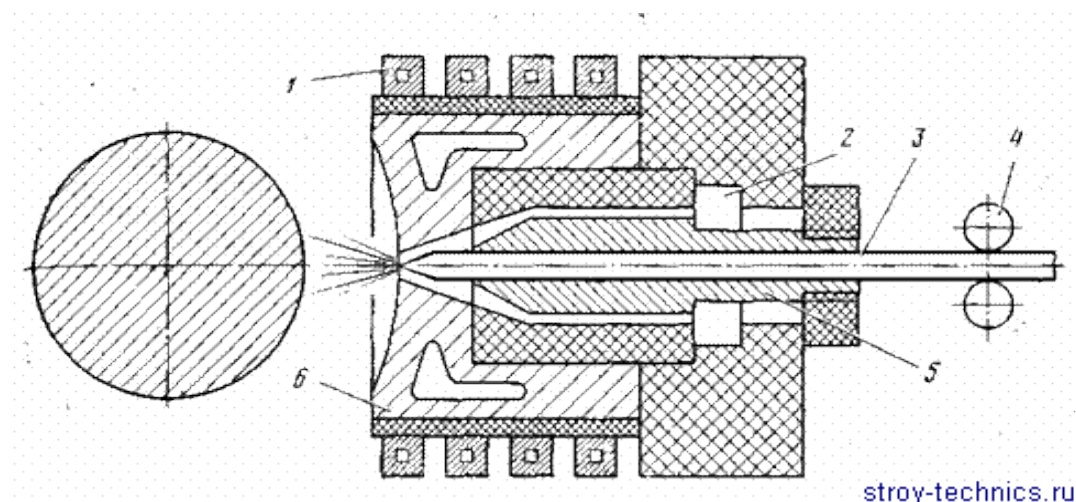
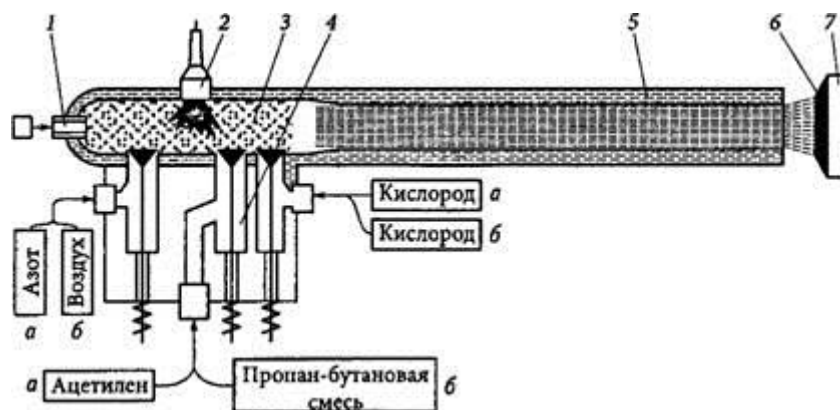


Схема распылительной головки высокочастотного металлатора:

1 – индуктор; 2 -камера сжатого инертного газа; 3 – электродная проволока; 4 – подающий механизм; 5 – направляющий мундштук; 6 – концентратор вихревых токов с водяным охлаждением

ДЕТОНАЦИОННОЕ НАПЫЛЕНИЕ

Во взрывную камеру 3 подается транспортирующим газом (азотом или воздухом) через порошковый питатель 1 порция порошка (50... 200 мг) и горючая смесь (ацетилен-кислород или пропан-бутан). В запальном устройстве 2 между электродами инициируется запальная искра, вызывающая возгорание и последующее взрывное (детонационное) горение горючей смеси. В результате такого горения возникает взрывная волна, которая, отражаясь от дна взрывной камеры, увлекает за собой расплавленный порошок, перемещая его наружу вдоль оси ствола 5, охлаждаемого водой. Таким образом напыляются мелкодисперсные (крупностью около 1 мкм) порошки самых различных материалов.



Рис, 1.6. Схема установки детонационного напыления:

1 — порошковый питатель; 2 — запальное устройство; 3 — взрывная камера; 4 — смесительная камера; 5 — ствол; 6 — покрытие; 7 — восстанавливаемая деталь; а и б — базовый и усовершенствованный вариант подачи газов соответственно



Детонационно-газового напыления (ДГУ).mp4

ИОННО-ПЛАЗМЕННАЯ МЕТАЛЛИЗАЦИЯ нитридом титана



Нитрид титана — соединение титана и азота состава TiN_x обладают высокой твердостью ($H_p=2000$ кг/мм²), низким коэффициентом трения и термодинамической устойчивостью. Нитрид титана имеет плотность 5,44 г/см³. Температура плавления 3205 °С. Получение — азотированием титана при 1200 °С или другими способами.

Нитрид титана применяется как износостойкое и декоративное покрытие. Изделия, покрытые им по внешнему виду не отличаются от золота и могут иметь

различные оттенки. Зависит это от соотношения металла и азота подаваемого на покрытие.



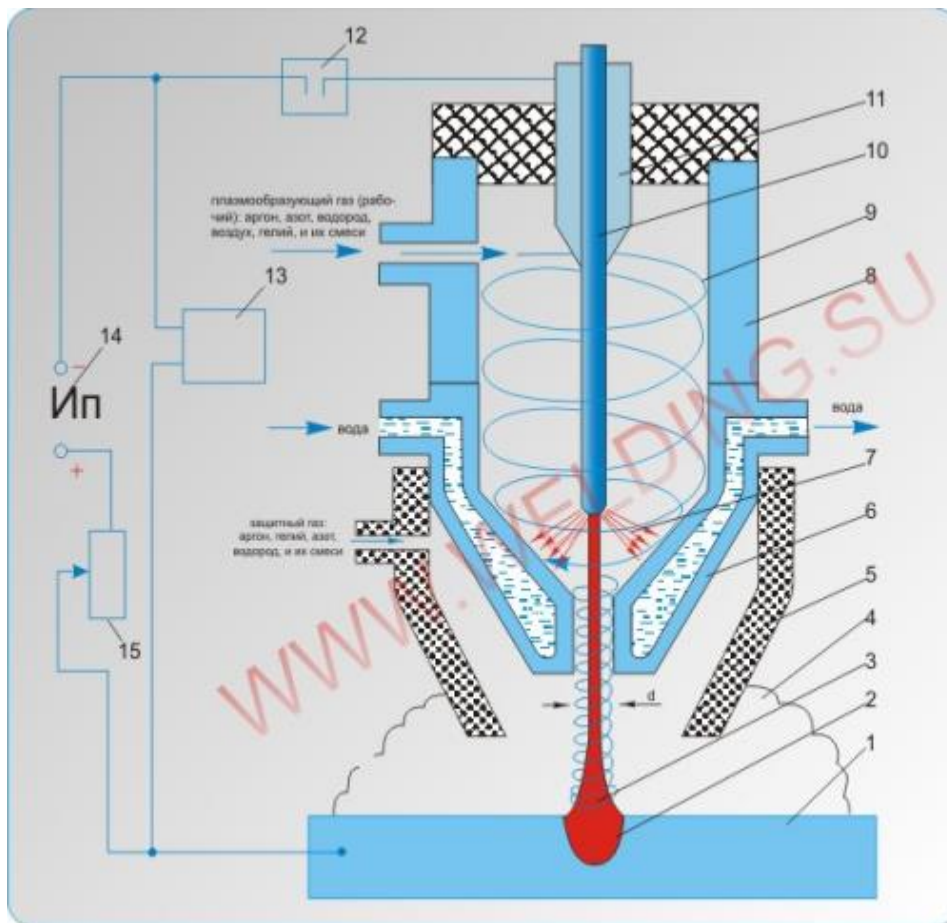
Нанесение нитрида титана производится в специальных вакуумных камерах и имеет термодиффузионную природу. При высокой температуре в плазме дугового разряда, созданного электронным лучом, титан испаряется, реагирует с азотом вблизи поверхности покрываемого изделия и осаждается на поверхность.

Также нитрид титана используется для создания износостойких покрытий (в частности, для зубных протезов жёлтого «под золото» цвета), используется в микроэлектронике, для покрытия куполов и др.

ПЛАЗМЕННАЯ МЕТАЛЛИЗАЦИЯ

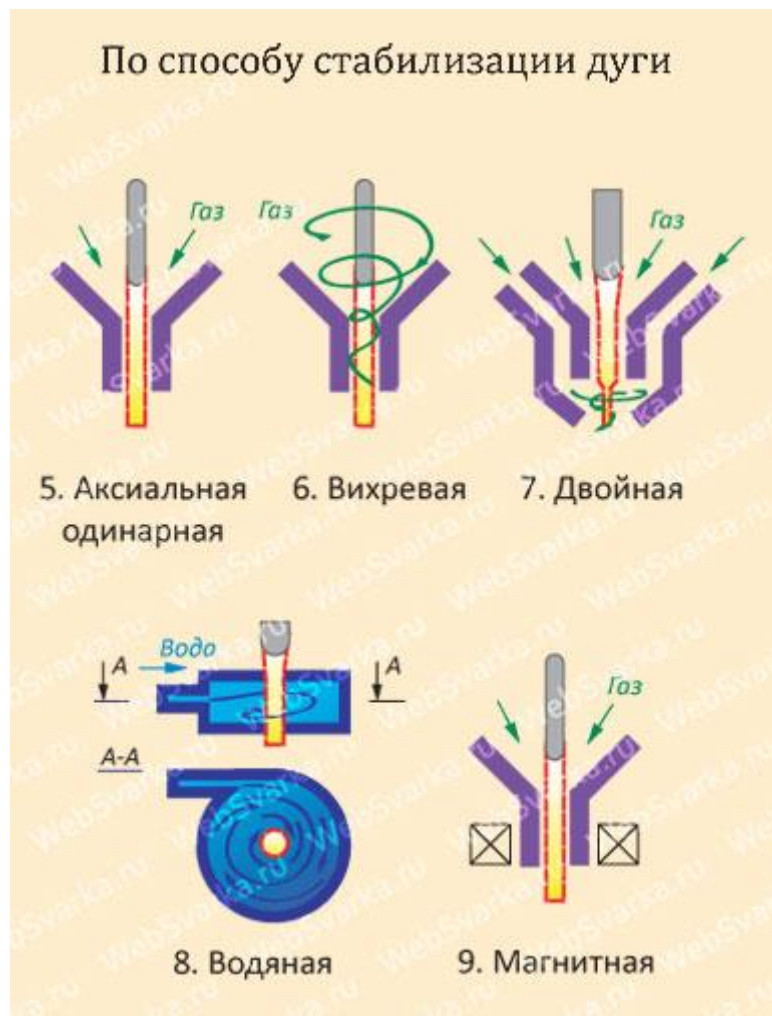
Плазма – квазинейтральная система, содержащая положительно и отрицательно заряженные частицы при высокой температуре, которая зависит от степени ионизации частиц.

Плазмой называется четвёртое (после твёрдого, жидкого и газообразного) агрегатное состояние вещества, которое было открыто У. Круксом в 1879 году и названо «плазмой» И. Ленгмюром в 1928 году. Практическое применение плазма получила в 1956 году



Плазмотрон

1. основной металл (изделие)
2. сварочная ванна
3. сжатая дуга (струя)
4. защитный газ
5. защитное сопло горелки
6. рабочее сопло горелки
7. дежурная малоамперная дуга (вспомогательная)
8. корпус горелки для плазменной сварки
9. рабочая ионизиционная камера
10. вольфрамовый электрод
11. токоподводящий мундштук (цанга)
12. аппарата управления
13. осциллятор
14. Источник питания дуги
15. реостат для изменения силы тока в дуге



Классификация плазмотронов по методам стабилизации дуги.

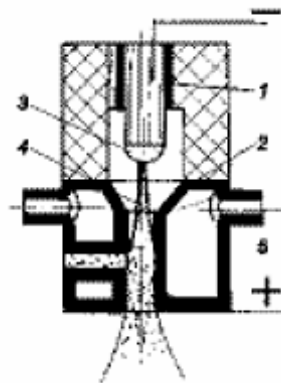
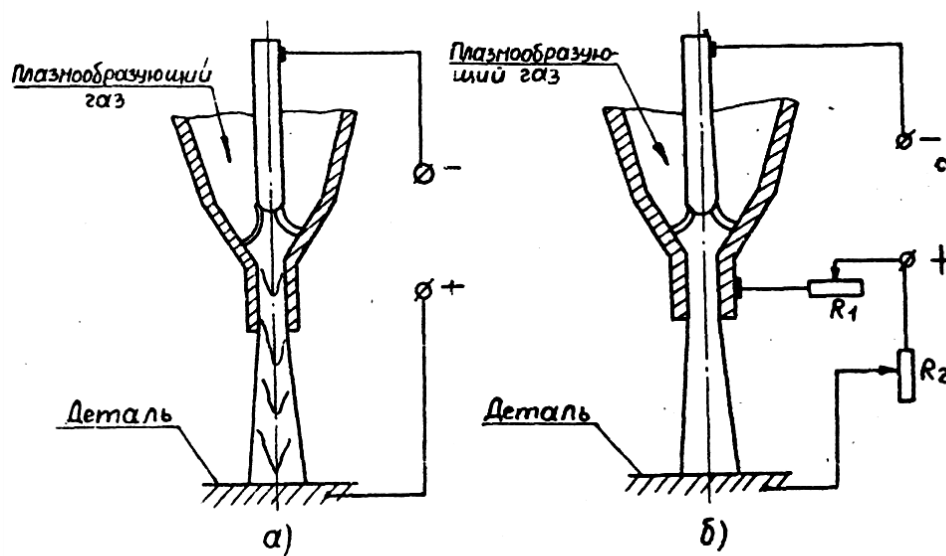


Схема плазменного распылителя:

- 1 - катодный узел;
- 2 - анодный узел;
- 3 - катод;
- 4 - анод;

Схемы включения горелки при плазменной сварке и наплавке



КАДН 2.688 т.1500 15.06.81.

Схема плазменной металлизации

Плазмообразующий газ – азот, водород, аргон, гелий... .

Температура плазменной дуги – 10...50 тыс. °С, которая плавит самые тугоплавкие материалы, необходимые для различных покрытий.

Применяется для наплавки, резки (даже в воде), закалки деталей.

Режимы плазменной металлизации: Ток – 250-300 а, напряжение – 60-80 в.

Расход азота – 25-30 л/мин.

Достоинство: высокое качество, производительность, возможность применения тугоплавких материалов.

Недостаток – высокая стоимость.

В конструкции **водоплазменного аппарата «Мультиплаз- 3500»** реализовано одно из свойств воды – идеально передавать тепло. Как следствие, аппарат имеет тепловой КПД более 90%! (для сравнения, тепловой КПД известного «газокислородного» способа не превышает... 8% !). Водяной пар, также, является экологически чистым, невзрывоопасным и безотходным соединением, благоприятно влияющим на санитарно-гигиенические условия труда. Для работы аппарату требуется только доступ к обычной бытовой сети 220В и небольшое количество воды или водно-спиртовой смеси, которая заливается прямо в горелку. Не требуются компрессоры или баллоны под давлением! Потребляемая мощность аппарата от 300Вт до 3,5кВт. Рабочей жидкостью для "Мультиплаз-3500", в зависимости от осуществляемого процесса, является либо обычная вода (резка материалов), либо 45% раствор любых спиртов или ацетона.



Использование синтетических материалов при ремонте автомобилей

Пластические массы - это материалы на основе полимеров, способные при повышенной температуре и дав-

лении принимать заданную форму и сохранять ее в обычных условиях. В состав пластмасс входят наполнители, пластификаторы, отвердители, красители, катализаторы (ускорители) и другие добавки.

По степени обратимости состояний при нагреве и охлаждении пластмассы делятся на **термореактивные и термопластичные**.

Термореактивные пластмассы (термопласты) при нагревании размягчаются, формуются, отвердевают. При последующем нагреве возвращаются в исходное состояние – используются многократно (капрон, винипласт, полиэтилен и др.)

Термопластичные (реактопласты) в исходное состояние не возвращаются – используются однократно (клеи, эпоксидные пасты, стеклопластики и др.)

Полиамид - вид полиамидных смол, поставляется в виде гранул. Материал стоек к щелочам, маслам, ацетону, спирту, бензину и др. Его применяют для изготовления подшипников и зубчатых колес и для нанесения износостойких и декоративных покрытий на металлические поверхности.

Полиэтилен - относительно твердый пластичный материал, эластичен даже при низкой температуре, применяется для изготовления труб и защитных покрытий, а также как изоляционный и упаковочный материал.

Фторопласт - продукт полимеризации этилена с фтором. По химической стойкости он превосходит даже золото и платину. Низкий коэффициент трения и высокая износостойкость позволяют его длительную эксплуатацию при температуре до 250 °С.

Полистирол

Применение полимерных материалов обеспечивает снижение массы деталей, сокращает трудоемкость и затраты на ремонт автомобилей.

Промышленное значение имеют полиамидная и полиэтиленовая крошка, мелкодисперсные порошки из полиамида, фторопласта и полиэтилена низкого давления, эпоксидные смолы и синтетический (конструкционный) вид клея.

Недостаток: изменение физических свойств во времени: быстрое старение, малая теплопроводность и небольшая прочность.

Область применения:

- изготовление деталей;
- заделка трещин;
- восстановление изношенных деталей;
- склеивание;
- нанесение противоизносных, антикоррозионных и декоративных покрытий;
- выравнивание вмятин деталей кузова.

Пластмассы делятся на 3 группы:

- 1-реактопласты – размягчаются при нагреве, формируются отвердеванием и в исходное состояние не возвращаются;
- 2-термопласты – обратимые материалы (винилпласт, капрон, полиэтилен, полистирол);

3-клеи. Клеи применяются для склеивания и герметизации металлов, пластмассы, дерева и многих других материалов, используются для склеивания швов и соединений, в случае когда они должны воспринимать высокие нагрузки без деформации и сдвигов.

Конструкционные клеи изготавливаются на основе эпоксидных, акриловых и полиуретановых смол и могут быть в виде как 2-компонентных клеев (эпоксидные), отверждающихся при комнатной температуре, так и 1-

компонентных клеев (локтайт, диаманд, момент, супер-клеи).

Клеи для различных материалов:

Полиэтилен – К-2, Б-10,

Полистирол – эпоксидные смолы, полистирольные клеи на основе бензола (толуола).

Винипласт – эпоксидные клеи, К-2, Б-10, сварка струей горячего воздуха ($\sim 100^{\circ}\text{C}$).

Оргстекло – дихлорэтан, эпоксидные клеи.

Фторопласт – эпоксидные клеи и специальные клеи.

Металлы – эпоксидные, полиуретановые, молекулярные, цианоакрилаты (широко известны как «супер-клеи») и другие клеи.

Стекло – ПВА, эпоксидный клей и др.

Кожа, ткань – 88, ПВА, БФ и др.

Клеи «Диамант», «Локтайт», и другие - быстрое устранение повреждений машин, **износа**, коррозии, поломок, трещин и течей с помощью «холодной сварки».

- Устранение микропористости и микротрещин в деталях силовых агрегатов, **герметизация** резьбовых и сварных соединений.

- **Восстановление гнезд подшипников качения. Восстановление посадочных мест на валах.**

- **Восстановление направляющих скольжения станков и подшипников скольжения.**

- Устранение пропусков нефтяных и бензиновых резервуаров.

- Ремонт и химзащита насосов и роторов вакуум-насосов.

- Восстановление поврежденных трубопроводов, работающих под давлением до 200 атм.

- Восстановление резиновых деталей, транспортных лент с помощью холодной вулканизации.
- Восстановление штоков и рабочих поверхностей гидроцилиндров.

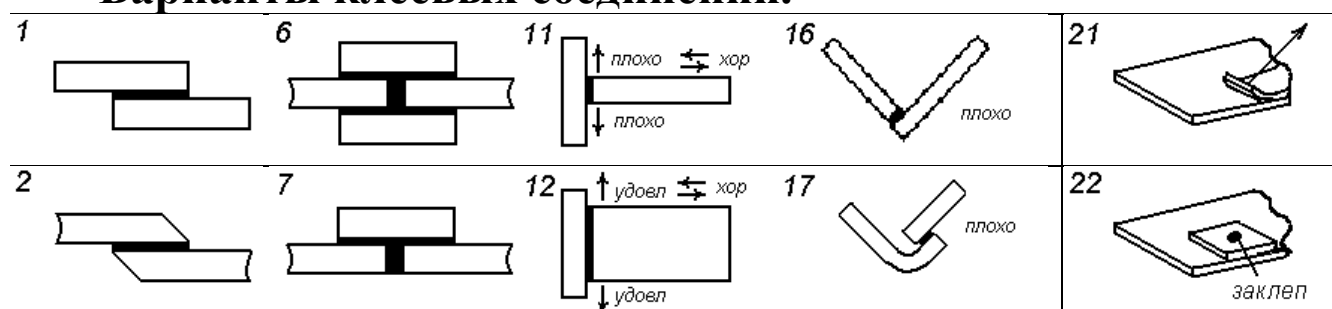
При ремонте автомобилей широко применяют следующие клеи:

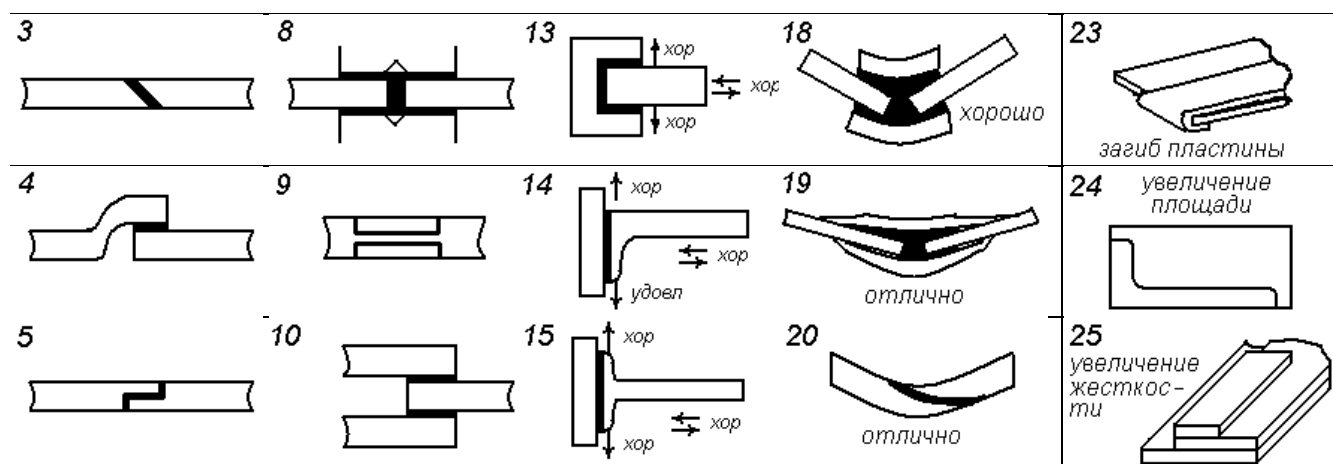
- фенольно-поливинилацетальные (БФ-2, БФ-4, ВС-ЮТ, ВС-350);
- фенольно-каучуковые (ВК-3, ВК-4, ВК-13);
- кремнийорганические (ВК-2, ВК-8);
- эпоксидные (ВК-32ЭМ, ВК-1, ВК-1МС, К-153);
- полиуретановые (ПУ-2, ВК-5);
- фенольноформальдегидный (ВИАМ-БЗ);
- клей на основе наиритового каучука и фенольной смолы (88НП).

Клеи выпускают в виде готовых материалов или в виде компонентов, смешиваемых перед употреблением. Процесс склеивания деталей включает следующие операции:

- подготовку склеиваемых поверхностей (зачистку, обезжиривание и придание им шероховатости);
- нанесение клея в 2-3 слоя с сушкой каждого из них;
- соединение склеиваемых поверхностей;
- выдержку под давлением;
- выдержку вне пресса;
- проверку качества.

Варианты клеевых соединений.





СОСТАВ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

№ п / п	Эпок- сидная смола ЭД-16	Размяг- читель ДБФ (дибу- тилфта- лат)	Отвер- дитель ПЭПА(п олиэти- ленпо- лиамин)	Напол- нитель	Назначение
	В ВЕСОВЫХ ДОЛЯХ				
1	100	15	8...12	150 чу- гунной стружки	Чугунные де- тали, непо- движные по- садки
2	100	10	14	25 Al-й пудры	Восстановле- ние Al-деталей
3	100	10	14	50 Al; 5 слюда	Заделка тре- щин, ремонт АКБ
4	100	15...20	11	-	Склеивание металлических деталей
5	100	15	АФ-2 25 ча- стей	Графит, сталь- ной по-	Восстановле- ние поверхно- стей трения

				рошок	
--	--	--	--	-------	--

Рецепты некоторых **ЭПОКСИДНЫХ КЛЕЕВ** приведены в таблице (все вещества указаны в массовых частях).

Компоне нты	Номер рецепта			
	1	2	3	4
Эпоксидная смола ЭД-6 (ЭД-5, ЭД-37)	100 15-20	100 15-20	100 15-20	100 10-15
Дибутилфталат (пластификатор)				
Полиэтиленполиамин или гексаметилендиамин (отвердитель)	7-9	7-9	7-9	7-9
Наполнители:	100-	—	—	—
железные опилки	150	5-10	—	—
алюминиевая пудра	—	—	30-40	—
портланд-цемент	—			

Эпоксидную смолу нагревают до 60 °С, добавляют в нее пластификатор и все тщательно размешивают. Вводят наполнитель (если нужно) и снова все перемешивают. Затем добавляют отвердитель и опять перемешивают. Приготовленный клей необходимо использовать немедленно, так как через 1-1,5 ч он затвердеет.

Уплотнение стыков деталей выполняют герметиками и прокладками.

Невысыхающие герметики УН-01 и У-20 выпускают на основе полиизобутилена, а герметики 14НГ-1 и 14НГ-2 - этиленпропиленового каучука. Материал У-20 применяют для герметизации резьбы, заклепочных соединений, резины со стеклом, соединений типа «водяной патрубок - впускная труба» и «корпус водяного насоса - крышка». Материал УН-25 повышает маслостойкость прокладок. Уплотняющие материалы обладают противошумными и антикоррозионными свойствами.

Эластосил 137-83 вулканизируется при контакте с влагой воздуха с образованием резиноподобного материала (отрезок рабочей температуры -60... +30°С). Средство при-

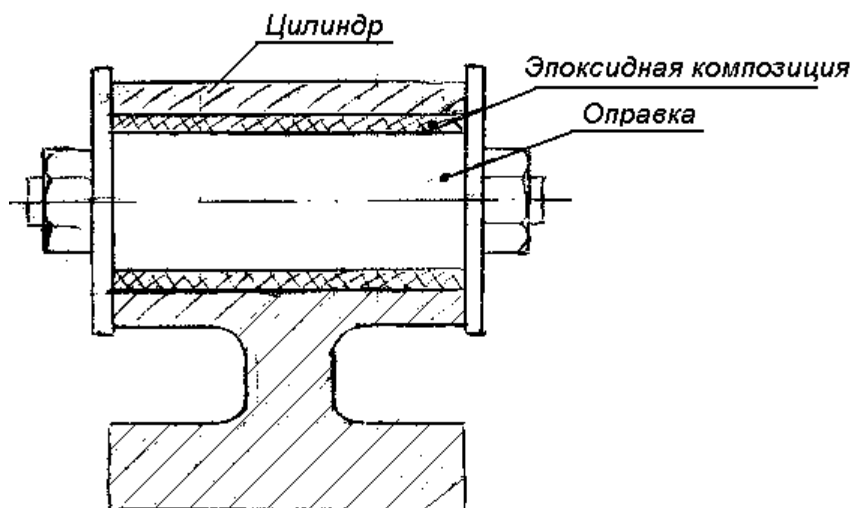
меняют для неподвижных соединений, работающих в водной, воздушной и масляной средах.

Посадку гильз в блоке цилиндров уплотняют силиконовым герметиком КЖТ-ЗОВ. Применение эластомера ГЭН-150 перспективно для восстановления натягов и герметизации соединений.

Для уплотнения стыков в узлах машин служит новый вид герметизирующего материала — *жидкие уплотняющие прокладки*. Прокладки ГИПК (Государственного института полимерных клеев) не прикипают к уплотняемым соединениям, а после разборки узлов легко удаляются с поверхности разъема. Прокладка ГИПК-242, например, предназначена для герметизации неподвижных соединений стыков деталей, работающих в водной, пароводяной и воздушной средах.

Клеи применяют для склеивания металлов, как между собой, так и с другими материалами. Клеевой слой является изолирующей прокладкой, поэтому склеивание металлов с различными электродными потенциалами не вызывает возникновения очагов контактной коррозии.

Восстановление тормозных цилиндров автомобиля. Изношенные поверхности тормозных цилиндров восстанавливают в номинальный размер без последующей механической обработки. Высокая точность и чистота поверхности достигается введением эпоксидной композиции в полость между стенкой цилиндра и оправкой.



Заделка трещин и пробоин эпоксидными композициями

1). Подготовка поверхности:

- обезжиривание;
- механическая обработка (зачистка);
- разделка трещин.

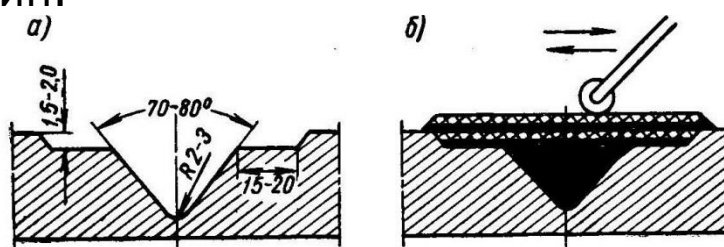


Схема заделки трещин длиной более 100 мм:
а — подготовка шва; б — наложение заплат из стеклоткани

2). Приготовление и нанесение пасты. **Время использования приготовленной пасты после внесения отвердителя – не более 5...10 минут.**

Отвердевание: при $t=25^{\circ}\text{C}$ – 24 часа;
при $t=150^{\circ}\text{C}$ – 2 часа.

3). Механическая обработка, при необходимости.

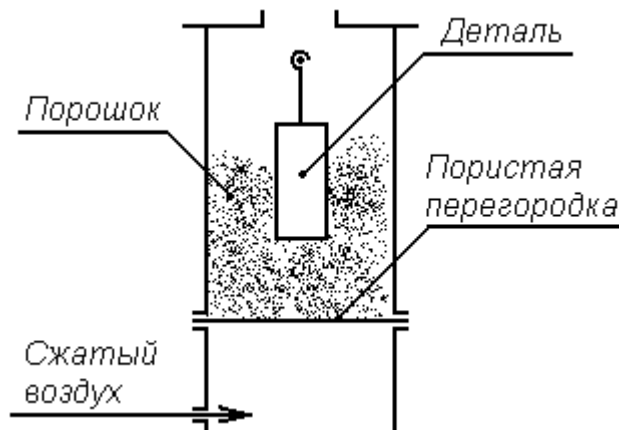
Для заполнения вмятин и неровностей используются порошки типа ПФН, которые в разогретом состоянии напыляются на предварительно разогретую поверхность.

Нанесение износостойких порошков производится в нагретом состоянии шпателем, газопламенным или тепло-лучевым напылением.

Вихревое напыление

Используют для нанесения тонкослойных полимерных покрытий.

Установка для вихревого напыления.



Сжатый воздух, проходя через пористую перегородку поднимает порошок во взвешенное состояние, объем порошка увеличивается более чем в два раза.

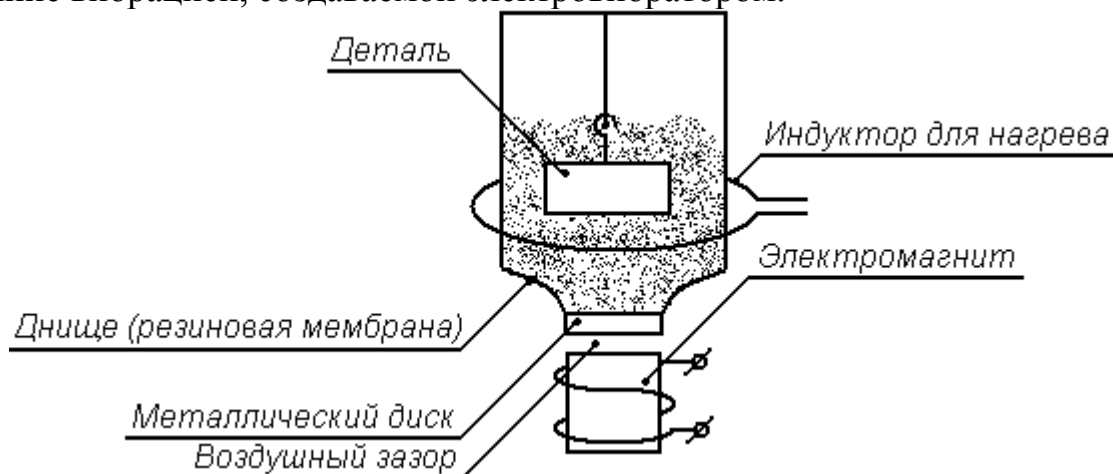
Деталь перед нанесением нагревают:

для нанесения полиэтилена 240...320° С

для нанесения эпоксидной смолы 130..170° С

Если деталь не обладает достаточной теплоемкостью, чтобы расплавить на поверхности порошок, ее после нанесения помещают в печь при температуре 260...270° С в течение 3...5 мин.

Вибрационное напыление: порошок приводится во взвешенное состояние вибрацией, создаваемой электровибратором.



Техническая характеристика установки

Частота колебаний 50...100 Гц.

Диаметр гранул порошка 0,01...0,3 мм

Толщина наносимого слоя до 1,5

Расход порошка 120 г/м² при толщине покрытия 0,11 мм.

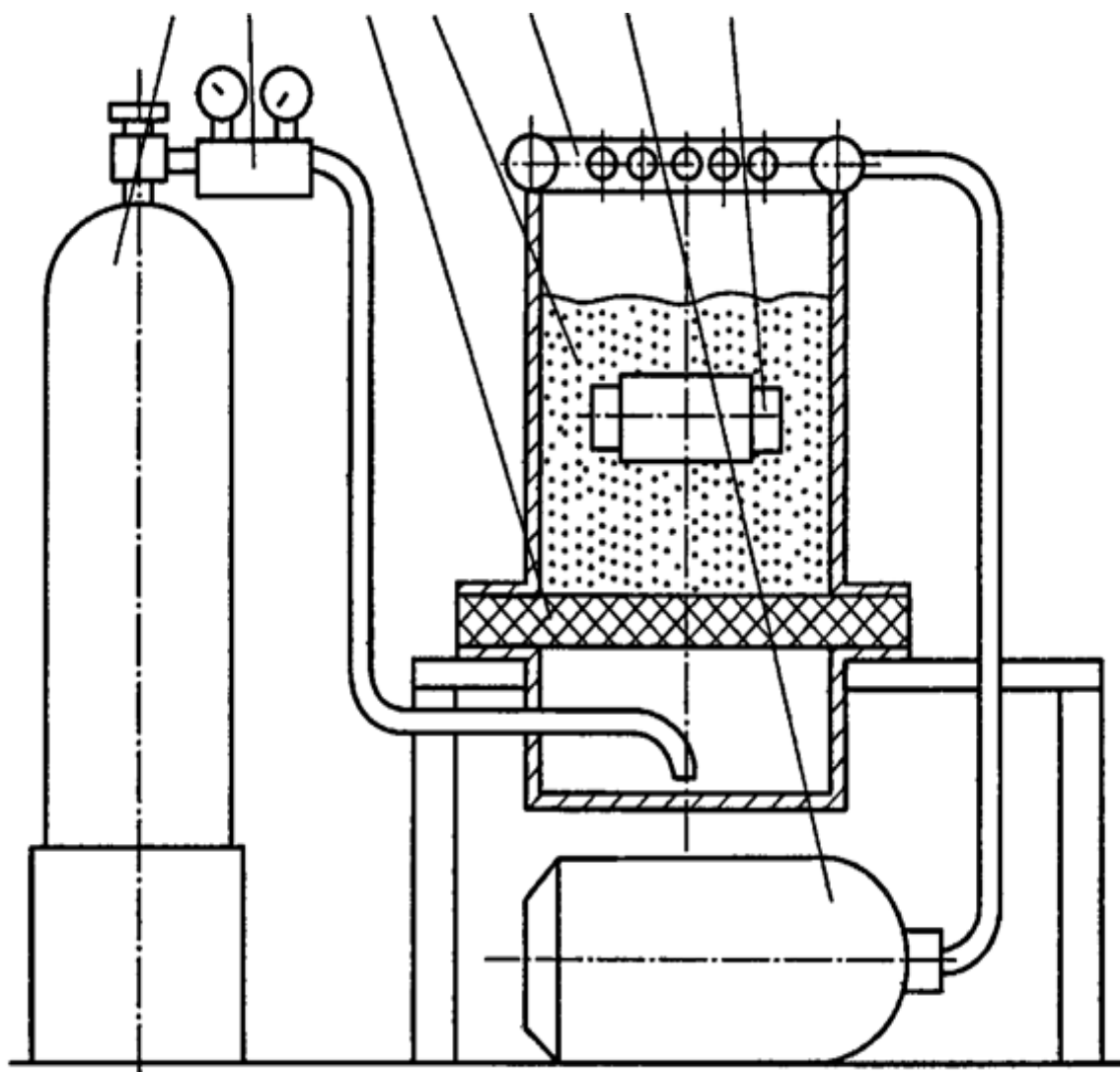


Рис. 3.32. Схема устройства для нанесения полимерного покрытия в псевдоожиженном слое:

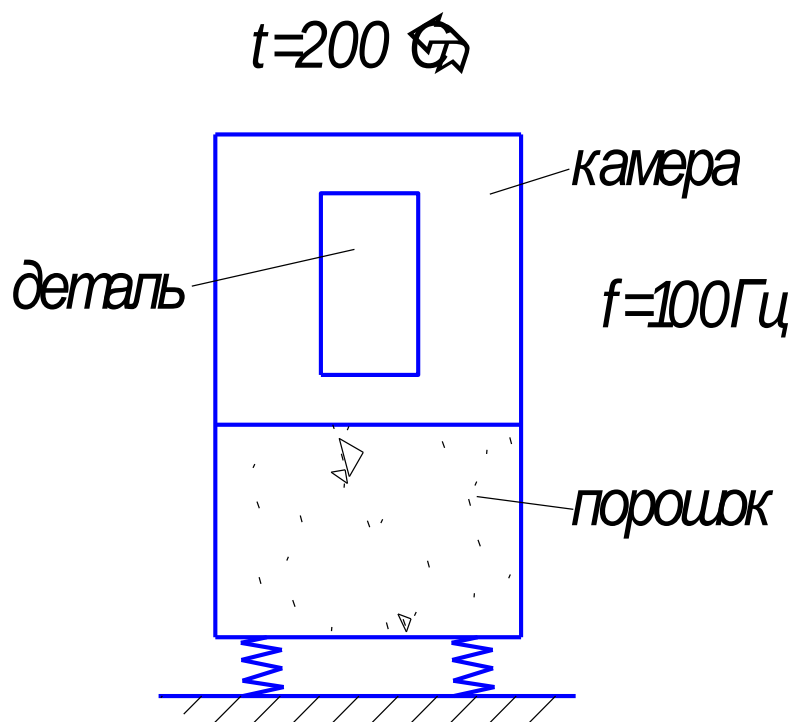


Схема вибрационного напыления в псевдосжиженном слое.

Для наклеивания тормозные накладок используют только клей ВС 10-Т, который надежно работает при $t = -60 \dots +300^\circ\text{C}$. Клееные тормозные накладки в 2...3 раза прочнее на сдвиг, чем клёпанные и более долговечны.

Технология:

- 1) зачистить поверхность;
- 2) нанести клей тонким слоем;
- 3) повторить п.2;
- 4) прижать с усилием $P = 3 \dots 4 \text{ кг/см}^2$.
- 5) Полимеризация при температуре $150\text{-}200^\circ\text{C}$ – 2 часа.

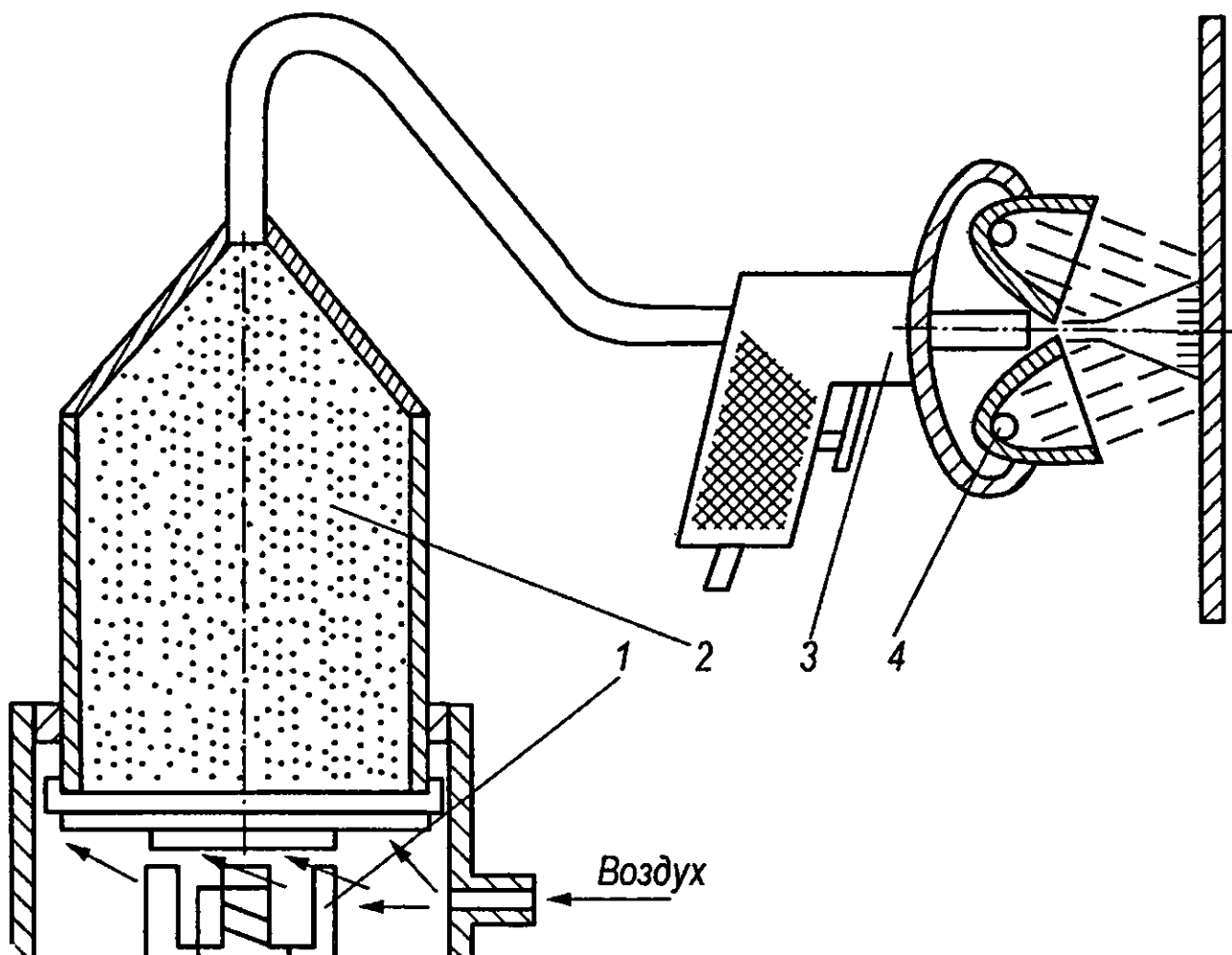


Схема установки для теплотречевого напыления полимерных покрытий: 1 - вибратор; 2 - порошковый питатель; 3 - щелевой распылитель; 4 - кварцевые лампы с параболическими излучателями

Пайка деталей

Пайкой (паянием) называют процесс получения неразъемного соединения металлов, находящихся в твердом состоянии, при помощи расплавленного припоя, имеющего температуру плавления ниже, чем соединяемые металлы.

При ремонте автомобилей пайку применяют для устранения трещин и пробоин в радиаторах, топливных и масляных баках и трубопроводах, приборах электрооборудования, кабин, оперения и т.д.

Пайка как способ восстановления деталей имеет следующие **преимущества**: простота технологического процесса и применяемого оборудования; высокая производительность процесса; сохранение точной формы, размеров и химического

состава деталей); простота и легкость последующей обработки, небольшой нагрев деталей (особенно при низкотемпературной пайке); возможность соединения деталей, изготовленных из разнородных металлов; низкая себестоимость восстановления детали.

Основной недостаток пайки — снижение прочности соединения деталей по сравнению со сваркой.

Припой в процессе паяния в результате смачивания образует с поверхностью спаиваемой детали зону промежуточного сплава, причем качество паяния в таком случае при наличии чистых металлических поверхностей будет зависеть от скорости растворения данного металла в припое: чем скорость растворения больше, тем качество пайки лучше. Иначе говоря, качество паяния зависит от скорости диффузии. Увеличению степени диффузии способствуют:

наличие чистых металлических поверхностей спаиваемых деталей. При окисленной поверхности степень диффузии припоя значительно уменьшается или полностью отсутствует; предотвращение окисления расплавленного припоя в процессе пайки, для чего применяются соответствующие паяльные флюсы;

паяние при температуре, близкой к температуре плавления спаиваемой детали;
медленное охлаждение после паяния.

В зависимости от назначения спаиваемых деталей швы пайки подразделяются: на прочные швы (должны выдерживать механические нагрузки); плотные швы (не должны пропускать жидкостей или газов, находящихся под слабым давлением); прочные и плотные швы (должны выдерживать давление жидкостей и газов, находящихся под большим давлением).

В паяемых конструкциях применяют стали всех типов, чугуны, никелевые сплавы (жаропрочные, жаростойкие, кислотостойкие), медь и ее сплавы, а также легкие сплавы на основе титана, алюминия, магния и бериллия. Ограниченное применение имеют сплавы на основе тугоплавких металлов: хрома, ниобия, молибдена, тантала и вольфрама.

Родственным пайке процессом является **лужение**, при котором поверхность металлической детали покрывают тонким слоем расплавленного припоя, образующего в контакте с основным металлом припой-сплав переменного состава. Лужение можно применять как предварительный процесс с целью создания более надежного контакта между основным металлом и припоем или как покрытие для защиты металлов от коррозии.

Соединение деталей происходит за счет диффузии расплавленного припоя в поверхности деталей.

Применяется для восстановления механически поврежденных деталей неотчетственных сопряжений, а также деталей, работающих при небольших нагрузках.

При пайке структура материала детали не изменяется.

Существует 2 вида припоя:

- твердый $t_{\text{плав}} > 500^{\circ}\text{C}$;
- мягкий $t_{\text{плав}} < 500^{\circ}\text{C}$.

Твёрдая пайка – восстановление деталей из бронзы, чугуна, стали, меди (тормозная трубка, контакты и др.).

Мягкая пайка – радиатор, топливный бак и др.

Технология:

1. Зачистить поверхность.

2. Протравить поверхность:

- мягкая пайка – HCl - для стали; для меди – канифоль,
- твердая пайка – бура, .

Мягкие припои				
Наименование	Компоненты, %			$t_{\text{плав}},$ °C
	Sn	Sb	Pb	
ПОС-40	40	2	58	235
ПОС-30	30	2	68	258
ПОС-18	18	2,5	79,5	277
Твердые припои				
	Cu	Zn		
ПМЦ-54	54	46		886
ПМЦ-48	48	52		870
ПМЦ-36	36	64		823
Л-62(латунь)	62	38		900

Для ответственных электронных контактов используют серебряные и золотые припои: ПСр-72 и ПСр-50.

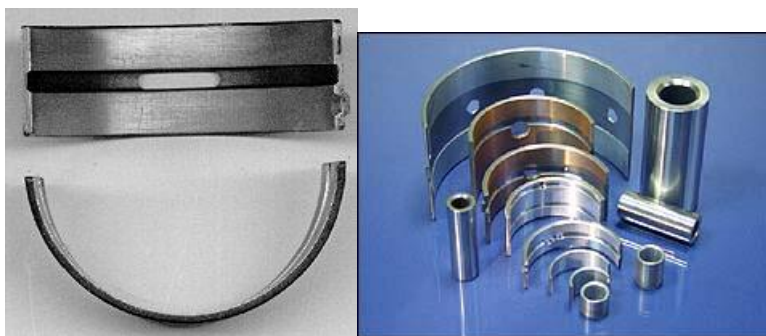
Для пайки алюминиевых деталей:

- припой 34 А – 66%Al+28%Cu+6%Si; 35 А;
- припой СЛМ-2 – 12%Si+80%Al.

Применяются специальные флюсы для растворения окиси алюминия при $t=520...540^{\circ}\text{C}$:

$\text{KF}10\% + \text{ZnCl}8\% + \text{LiCl}32\% + \text{KCl}-50\%$

Восстановление деталей перезаливкой антифрикционными сплавами (АФС)



АФС применяются для изготовления подшипников скольжения (коленчатого вала и распределительного вала):

при $R_{уд}=75 \text{ кг/см}^2$ и $t=100^{\circ}\text{C}$ используют баббиты.

- Б83 – оловянистый – 83% Sn, 12% Sb, 5% Cu;
- БН и БТ – свинцовистые баббиты – 70%Pb, +Sn, Ni и

Te.

Подшипники всех двигателей грузовых автомобилей:

СОС – 6-6: Pb – 88%, Sn – 6%, Sb -6%,.

КамАЗ и ЯМЗ – БрС30 ($t=160^{\circ}$, $\rho=250 \text{ кг/см}^2$).

Также используются сталеалюминиевые вкладыши, которые изготавливают из биметаллической ленты стали

и алюминия, которые получают методом плакирования. Они не хуже СОС и значительно дешевле... .

Биметалл состоит из стальной основы (сталь 08ПС) и антифрикционного сплава:

АО-20 (олово 20%, медь 1%, алюминий остальное)

АО-12 (олово 12%, медь 1%, алюминий остальное)

АО-6 (олово 6%, медь 1%, алюминий остальное)

АО10С2 (олово 10%, свинец 2%, алюминий остальное)

Бр.ОФ 6,5-0,15 (олово 6,5%, остальное медь)

Бр.ОЦС 4-4-2,5 (олово 4%, цинк 4%, свинец 2,5%, остальное медь)

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕЗАЛИВКИ

1. Выплавка старой заливки втулки погружением в расплавленный баббит ($T = 400^{\circ}\text{C}$).
2. Зачистка поверхности заливки.
3. Флюсование хлористым цинком или хлористым аммонием.
4. Лужение в расплавленном припое ПОС-30(40) методом погружения при $T=280-300^{\circ}\text{C}$.
5. Заливка расплавленным баббитом в кокиль или центробежная заливка при $T=400^{\circ}\text{C}$.
6. Расточка втулок.

Восстановление деталей способом

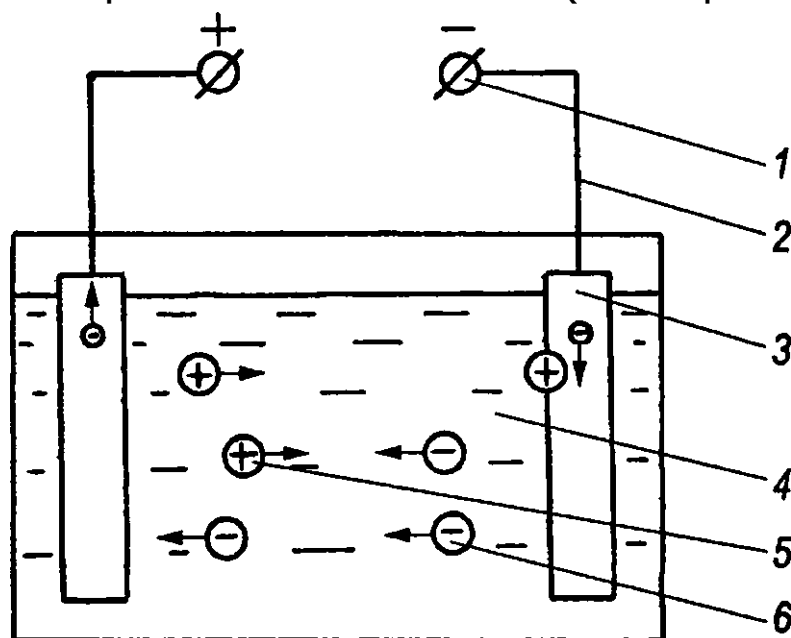
гальванопокрытий

Электролитическая диссоциация и электролиз.

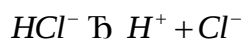
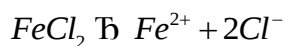
Электролитическая диссоциация заключается в расщеплении молекул вещества, находящихся в растворе, на положительные и отрицательные ионы в результате их взаимодействия с молекулами растворителя. Необходимое условие явления - молекулы растворителя и растворенного вещества должны иметь полярное строение.

Приложение постоянного напряжения к паре электродов, помещенных в диссоциированный раствор солей металлов, приводит к упорядоченному перемещению их ионов и возникновению электрического тока. Разряд и осаждение на электродах молекул растворенных веществ представляет собой явление *электролиза*. **Электролиз - процесс пропускания постоянного электрического тока через электролит, в результате которого на электродах происходят электрохимические реакции.**

Сущность способа заключается в электролитическом осаждении металлов на изношенную поверхность деталей в растворах солей металлов (электролитов).



Диссоциация солей:



Масса вещества, выделяющегося на электроде определяется по закону Фарадея:

$$m = c \cdot I \cdot t,$$

где s – электрохимический эквивалент, (г/А·ч).

I – ток, А.

T – время, ч.

$$C_{Cr} = 0.323 \text{ (г/А·ч)}.$$

$$C_{Fe} = 1.04 \text{ (г/А·ч)}.$$

Ряд напряжений металлов

Металл	$E^{\circ}, \text{ В}$
K^{+}	-2,924
Ca^{2+}	-2,864
Na^{+}	-2,771
Mg^{2+}	-2,370
Al^{3+}	-1,700
Ti^{3+}	-1,208
Cr^{2+}	-0,852
Zn^{2+}	-0,763
Fe^{2+}	-0,441
Co^{2+}	-0,277
Ni^{2+}	-0,234
Sn^{2+}	-0,141
Pb^{2+}	-0,126
H^{+}	$\pm 0,000$
Cu^{2+}	+0,338
Hg_2^{2+}	+0,796
Ag^{+}	+0,799
Pt^{II}	+0,963
Au^{+}	+1,691

На катоде кроме осаждения металла протекают сопутствующие процессы: выделение водорода, восстановление металла до более низкой валентности, восстановление органических веществ, попавших в электролит. Поэтому действительная масса металла, выделившегося на катоде, будет меньше его массы, рассчитанной по формуле.

Отношение массы действительно выделившегося металла на электроде к теоретически возможному его коли-

честву называют **выходом по току**, значение которого всегда меньше единицы.

Выход металла по току:

$$\eta = \frac{m_{\phi}}{m_T} = \frac{S \cdot h \cdot \gamma}{c \cdot I \cdot t}$$

$$\eta_{Fe} = 70 - 95\%$$

$$\eta_{Cr} = 8 - 12\%$$

$$\eta_{Cu} = 100\%$$

≤

S - площадь покрытия

h - толщина покрытия

γ - плотность железа, (7,8 г/см³)

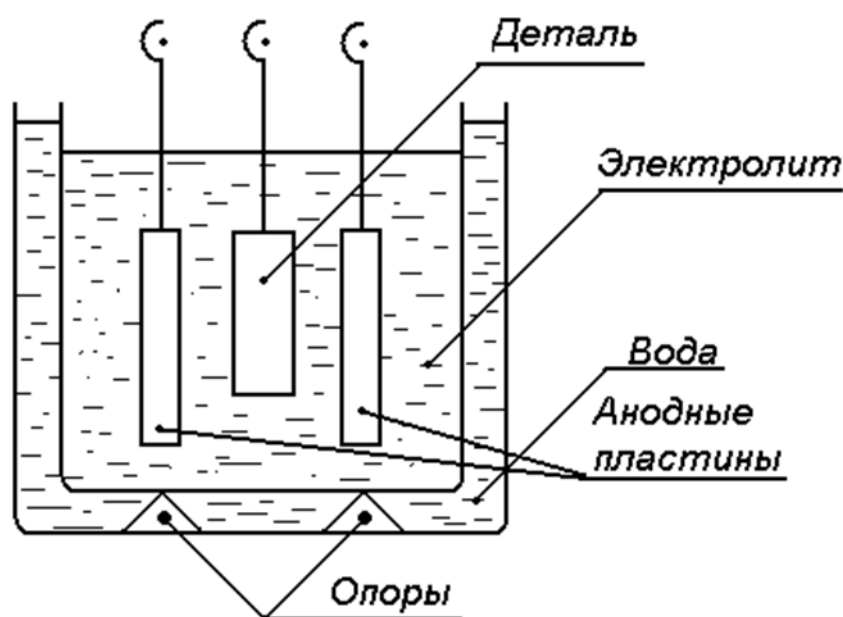
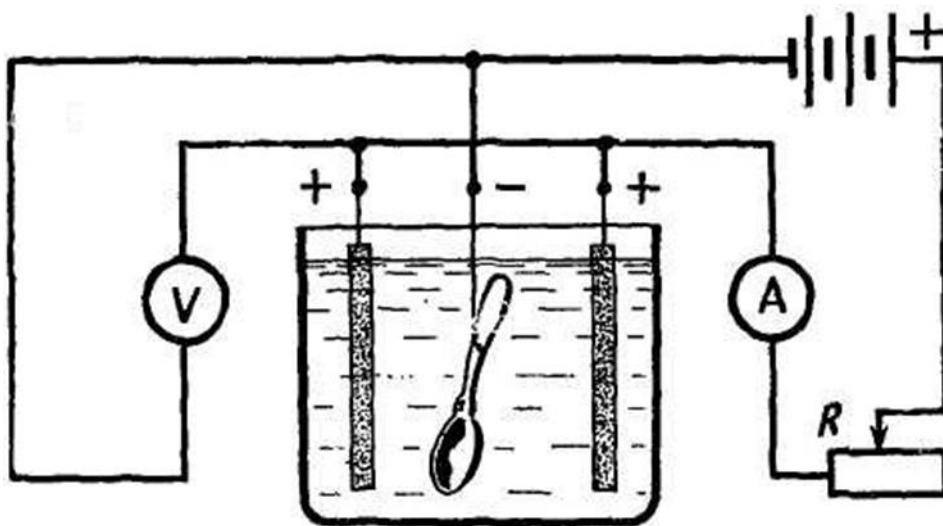


Схема гальванической ванны



Область применения покрытий.

Электрохимические покрытия применяют:

- для повышения износостойкости и компенсации износа деталей (Cr, Fe, Ni,);
- для придания защитно-декоративных (Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Sn, Pb) и антифрикционных свойств (Fe, Cu, Zn, Sn);
- для улучшения прирабатываемости трущихся поверхностей (Cu, Sn, Pb);
- при восстановлении деталей с небольшими износами, но с высокими требованиями к износостойкости их поверхностей;
- покрытия могут изменять качественные характеристики изделий – электропроводность, паяемость, антифрикционные и магнитные свойства, отражательную способность и т.д. – специальные покрытия.

Нанесение электрохимических покрытий обеспечивает сохранение структуры материала детали за счет отсутствия тепловложения в него, высокую износостойкость и твердость покрытий, равномерную их толщину, использование недорогих материалов.

В авторемонтном производстве наибольшее применение получили железнение, хромирование и цинкование. Первые два процесса обеспечивают получение износостойких покрытий, последний – как износостойких, так и

защитных. Цинк обеспечивает надежную анодную защиту стальных деталей.

Характеристика электролитов:

1. Концентрация основного компонента (соли металла).

2. Кислотность:

$\text{pH} < 7$ – кислый раствор

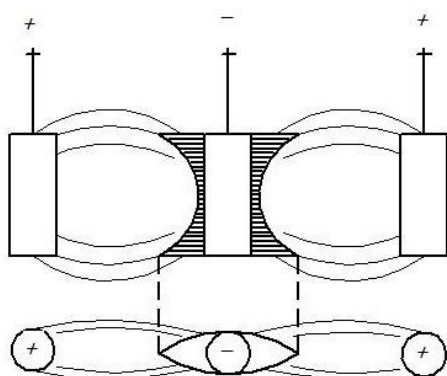
$\text{pH} = 7$ – нейтральный раствор

$\text{pH} > 7$ – щелочной раствор.

Чтобы металл не выпадал в гидроксид (осадок), необходимо поддерживать кислотность раствора на уровне $\text{pH}_{\text{гд}}$ (гидратообразования) в заданных условиях электролиза. Для Fe^{2+} - $\text{pH}_{\text{гд}} = 2 \dots 3$, для Fe^{3+} - $\text{pH}_{\text{гд}} = 1 \dots 2$. С увеличением кислотности значительно снижается выход металла по току....

3. Рассеивающая способность – это свойство электролита давать равномерные осадки по поверхности катода.

4. Кроющая способность – способность электролита покрывать наиболее рельефные участки поверхностей детали (например-шпоночные канавки).



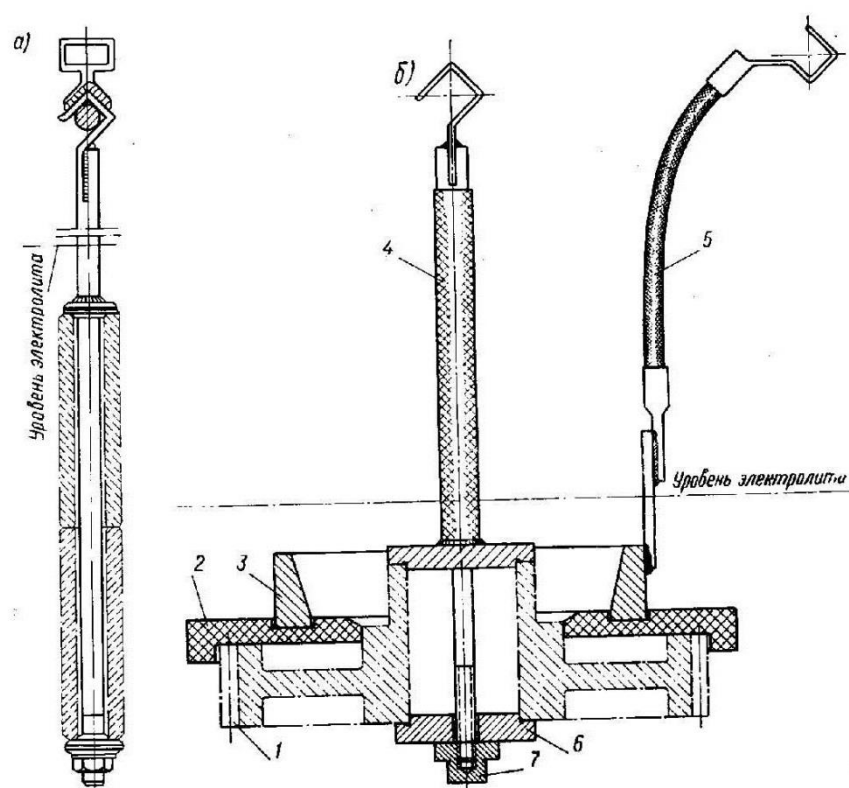
В качестве анодов используются:

- Растворимые аноды (железо, никель, цинк);
- Нерастворимые - свинец (хромирование)

Нанесение электрохимических покрытий включает предварительную обработку до удаления износа и

следов коррозии, установку заготовок на подвески, защиту мест, не подлежащих восстановлению, обезжиривание, травление и анодную обработку заготовок, осаждение металла, нейтрализацию остатков электролита на заготовках, промывку в холодной и горячей воде, снятие заготовок с подвесок и удаление изоляции, сушку и термообработку (при необходимости).

При монтаже заготовок на подвески необходимо обеспечить надежный электрический контакт в цепи «заготовка - подвеска - штанга» и убедиться в наличии условий для равномерного осаждения покрытия.



Подвесные приспособления:
a — простое групповое; *б* — анодно-катодное:
1 — деталь; *2* — изолирующая прокладка; *3* — анод; *4* — стержень подвески; *5* — подвеска анода; *6* — шайба; *7* — гайка

Невосстанавливаемые поверхности изолируют намазыванием полихлорвиниловой ленты, установкой резиновых колпаков или нанесением токонепроводящих материалов.

Поверхности обезжиривают химическим способом растворами щелочей, протиранием венской известью (смесью гидратов окиси кальция и магния) и электрохи-

мическим способом в щелочных растворах при токе 5...10 а/дм².

Заготовки после обезжиривания тщательно промывают сначала в теплой (около 60 °С), а затем в холодной (17...20 °С) воде.

Тонкую пленку оксидов удаляют с поверхности травлением химическим или электрохимическим.

Восстановление деталей

хромированием

Свойства электролитического хрома:

1. Высокая твердость (до 1000 НВ);
2. Коррозионная стойкость;
3. Высокая жаростойкость;
4. Износостойкость (в 2 раза выше закаленной стали 45).

Электролиты хромирования:

- | | | |
|---------------------------------|--|-------|
| 1. CrO ₃ =350 (г/л); | H ₂ SO ₄ =3,5 (г/л) | 100/1 |
| 2. CrO ₃ =250 (г/л); | H ₂ SO ₄ =2,5 (г/л) | 100/1 |
| 3. CrO ₃ =150 (г/л); | H ₂ SO ₄ =1,5 (г/л). | 100/1 |

Виды осадков:

- Блестящие (износостойкие, декоративные покрытия),

t°=60С°; Плотность тока=30-40 (А/дм²);

- Матовые (очень твердые);
- Молочные (мягкие).

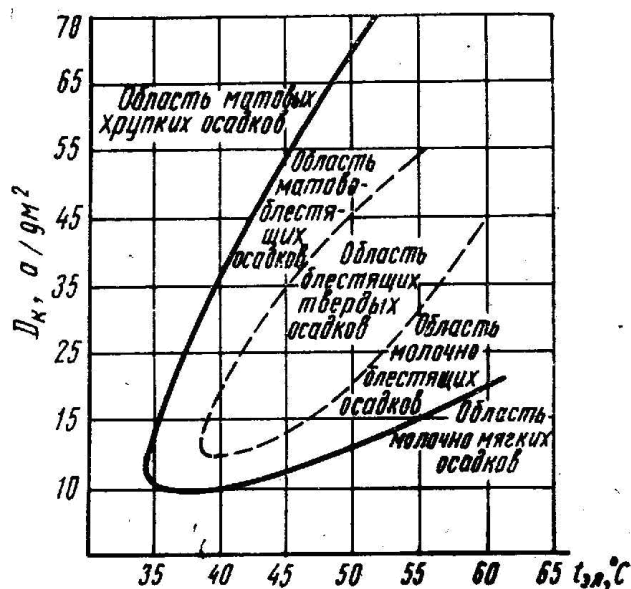


Рис. 206. Зависимость вида осадка хромового покрытия от плотности тока и температуры ванны (для электролита состава CrO_3 — 250 г/л; H_2SO_4 — 2,5 г/л)

Схема технологического процесса хромирования

1. Предварительная механическая обработка;
2. Изоляция мест, не подлежащих покрытию;
3. Монтаж детали на подвеску;
4. Обезжиривание (электролитическое или венской известью);
5. Промывка в горячей воде;
6. Декапирование в хромовой ванне (на аноде «+»); плотность тока = 20 (А/дм²); $t < 1$ (мин).
7. Переключение детали на прямую полярность. (деталь на «-»).
8. Постепенное (в течение 1-2 мин) повышение тока до расчетного значения.
9. Электролиз. Скорость осаждения = 0,02 (мм/час);
10. Промывка в ванне – уловителе хрома;
11. Нейтрализация в 10%-м растворе каустической соды;

12. Промывка;

13. Механическая обработка шлифованием.

Для получения **пористого хрома** деталь после электролиза переключают на анод («+») для растравливания имеющихся микротрещин на поверхности покрытия. При этом выбирают режимы получения трещиноватых покрытий.

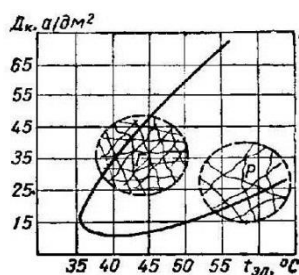
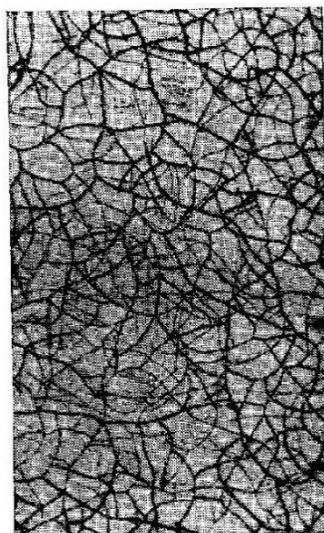


Диаграмма осадков хрома, имеющих первичную сетку трещин различной густоты (Г — густая сетка трещин и Р — редкая сетка трещин)



Канальчатый пористый хром

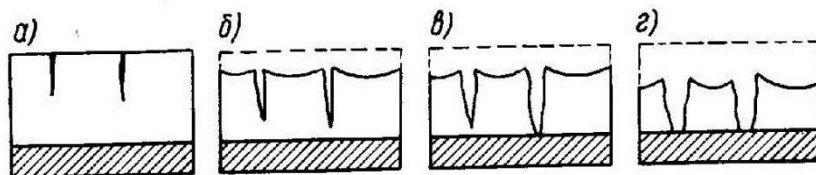


Схема формирования поверхности канальчатого хрома:
а — г — последовательные стадии процесса

Для повышения производительности процесса применяются саморегулирующиеся электролиты, в которых оптимальное (100/1) соотношение хрома и H_2SO_4 поддерживается растворением или осаждением SrSO_4 :

- $\text{CrO}_3=250$ (г/л) – Хромовый ангидрид;
- $\text{SrSO}_4=5-6$ (г/л); - (малорастворимая соль)
- $\text{K}_2\text{SiF}_6=18-20$ (г/л);

- $\text{H}_2\text{SO}_4=2-3$ (г/л);
- $t^0=60\text{C}^0$;
- Выход по току=20%;

Тетрахроматный холодный электролит:

- $\text{CrO}_3=400$ (г/л)
- $\text{H}_2\text{SO}_4=2-2,5$ (г/л);
- NaOH – каустическая сода;
- Выход по току =25-30%;
- $t^0=25\text{C}^0$;

Недостатки хромирования:

- Низкая производительность;
- Высокая стоимость процесса.

Железнение износостойкое (осталивание)

Достоинства:

- Производительность: 0,3 (мм/час);
- Выход по току: до 90%;
- Низкая стоимость;
- Твердость до 500 НВ (причина....
- Износостойкость выше закалённой стали 45 на 30-50%.

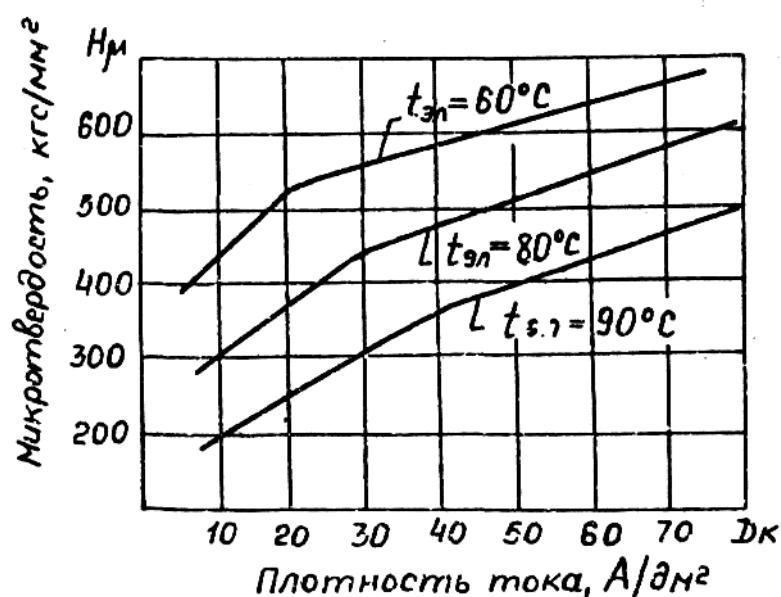
В качестве электролита при железнении распространён раствор хлористого железа (300...500 г/л) и соляной кислоты (2...3 г/л) в воде.

Для поддержания необходимой массовой доли ионов железа применяют растворимые аноды из армко-железа (или стали с содержанием С до 0,15%), площадь которых превышает площадь катодов примерно в 2 раза.

Во время электролиза на электродах протекают следующие процессы: на катоде - разряд ионов железа, вы-

деление водорода, восстановление трехвалентного железа; на аноде - растворение железа, окисление двухвалентного железа, выделение кислорода. Катодная плотность тока 5... 25 А/дм².

Зависимость твердости покрытия от режима
осталивания



РА. Рис.

МАДИ 2.688 т.1500 15.06.81г.

Вневанные

способы нанесения гальванических покрытий применяются для восстановления небольших изношенных поверхностей крупногабаритных деталей (кол. вал, распр. вал, шатун и др)

Проточные способы:

1. Струйное хромирование (например: шеек коленчатого вала, распределительного вала).

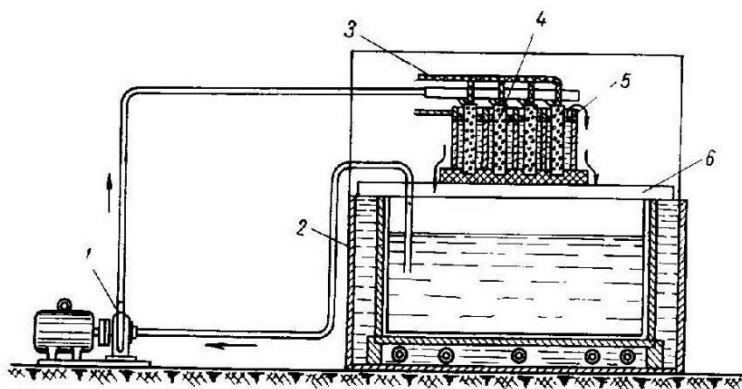
Анодно-струйное хромирование осуществ-

ляют при высокой плотности тока (до 300 А/дм²) и скорости осаждения хрома до 0,3 мм/ч. В большинстве случаев этот метод применяют с целью местного восстановления изношенных поверхностей на крупногабаритных деталях и деталях со сложным профилем.

2. Электролитическое натирание. Применяется войлочный тампон, смоченный электролитом, который прижимается анодом к детали.

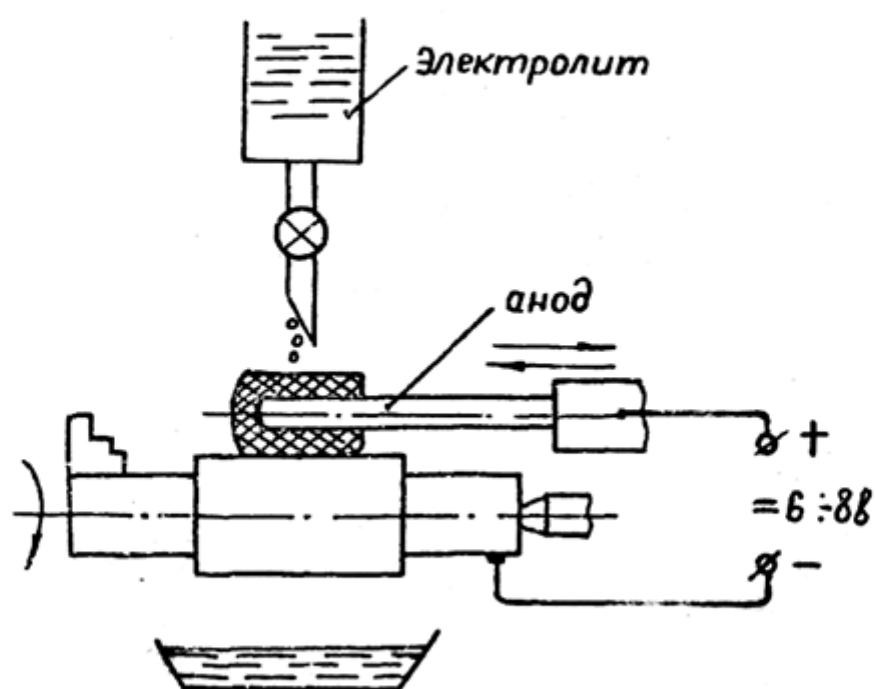
Восстанавливаемая деталь крепится в токарном станке. Анодом является тампон — графитный, стальной или свинцовый стержень, обмотанный стеклотканью или шерстяным сукном. Тампон постоянно смачивается электролитом и движется взад-вперед относительно детали. Таким образом восстанавливают малоизношенные цилиндрические поверхности, например, шейки и отверстия под подшипники. В зависимости от электролита детали можно покрывать цинком, медью, железом и другими металлами.

Непроточные способы: отверстия под подшипник картера КП, редуктора заднего моста и др. .



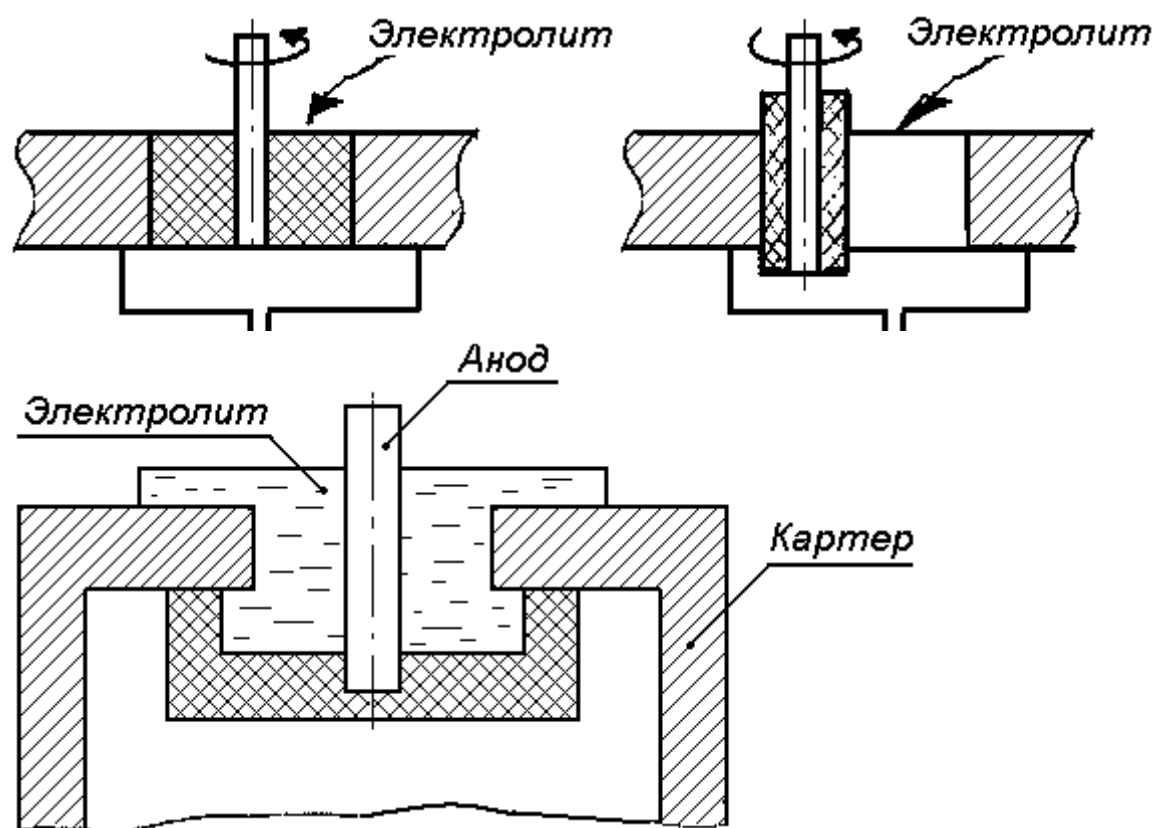
Установка для безванного хромирования рабочей поверхности цилиндров блока двигателя

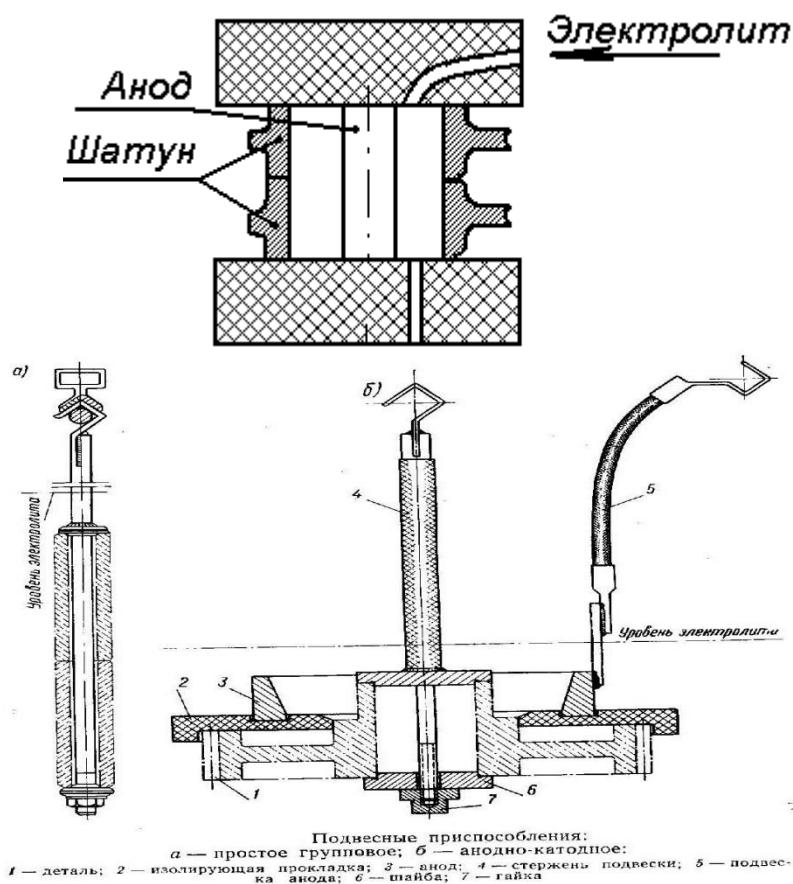
Схема нанесения покрытия электролитическим напылением



Р.А. Рис.

НАУК 3.688 г.1500 15.06.81г.





Размерное нанесение гальванических покрытий предполагает нанесение покрытия толщиной 0,01...0,03 мм без последующей обработки. Технология нанесения....

Защитно-декоративные гальванические покрытия

Известно, что значительная часть (5-10%) металла, производимого в мире, в результате коррозии и преждевременного физического износа металлических изделий используется неэффективно и теряется безвозвратно.

Электрохимическая защита, основанная на наложении катодного тока, носит название катодной. Она реализуется в производственных условиях в двух вариантах.

В первом необходимый сдвиг потенциала обеспечивается **подключением защищаемого изделия в качестве катода** к внешнему источнику тока. В качестве анода используются вспомогательные инертные электро-

ды. Так защищают буровые платформы, сварные металлические основания, подземные трубопроводы. Катодная защита эффективно используется для подавления различных видов коррозии стали, алюминия, других металлов, коррозионного растрескивания под напряжением латуней, магния, межкристаллитной коррозии нержавеющей стали.

Другой вариант этого вида защиты - протекторная или гальваническая катодная защита. В этом случае катодная поляризация металлоизделия достигается за счет контакта его с более электроотрицательным металлом, который в паре с защищаемым металлом выступает **в роли анода**. Его электрохимическое растворение обеспечивает протекание катодного тока через защищаемый металл. Сам же анод (обычно это магний, цинк, алюминий и их сплавы) постепенно полностью разрушается. Этот вид защиты используют для сравнительно небольших конструкций или дополнительно покрытых изоляцией металлообъектов (например, трубопроводы) с низким потреблением тока. С помощью одного магниевого анода защищают до 8 км трубопровода с покрытием, без него - всего 30 м. В США на производство протекторов ежегодно расходуется около 11,5 млн кг алюминия.

Протекторная защита автомобиля предполагает подключение цинковых пластинок в местах интенсивной коррозии Ме.....Отключение аккумулятора при длительном хранении автомобиля -

Ряд напряжений металлов

Металл	$E^{\circ}, \text{В}$
K^{+}	-2,924
Ca^{2+}	-2,864
Na^{+}	-2,771
Mg^{2+}	-2,370
Al^{3+}	-1,700
Ti^{3+}	-1,208
Cr^{2+}	-0,852
Zn^{2+}	-0,763

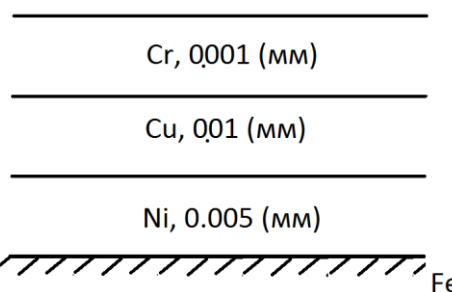
Fe²⁺	-0,441
Co²⁺	-0,277
Ni²⁺	-0,234
Sn²⁺	-0,141
Pb²⁺	-0,126
H⁺	± 0,000
Cu²⁺	+0,338
Hg₂²⁺	+0,796
Ag⁺	+0,799
Pt^{II}	+0,963
Au⁺	+1,691

Анодная защита – металлические покрытия являются анодом по отношению к детали и растворяются под воздействием агрессивной среды. Анодным является покрытие, металл которого имеет более электроотрицательный потенциал, чем металл изделия. В результате коррозии разрушается такое покрытие, а не металл детали. Растворяется всегда более электроотрицательный (см. ряд напряжения металлов) металл.

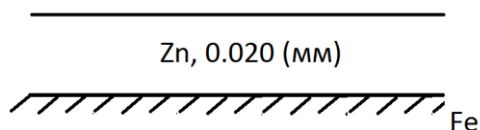
Катодные металлические покрытия являются катодом по отношению к детали (Sn, Ni, Cu, Ag). Защищают деталь, когда покрытие беспористо. Эти покрытия защищают чисто механически. Они должны быть беспористыми, т.к. коррозионная среда, проникая через поры к основному металлу, разрушают его. Катодное покрытие при наличии пор даже ускоряют коррозионный процесс.

Наиболее высокое качество защиты обеспечивают многослойные покрытия:

Многослойное покрытие:



Однослойное покрытие:



Хромирование декоративное. Применяются режимы блестящего хромирования: электролит – 250 г/л, $T^{\circ}=60C^{\circ}$; плотность тока: 10-20 А/дм², скорость осаждения=20 (мкм/час). После хромирования – полировка.

Никелирование

Состав ванны: никель сернокислый – 120 (г/л); NH_4Cl – 23 (г/л); борная кислота – 25 (г/л); pH=5-6; $U=2(V)$; $I=1$ (А/дм²).

Меднение

Область применения: подслой, гальвано-пластика, для защиты от науглероживания детали при цементации.

- Электролиты на основе: $CuSO_4$ – 280 (г/л); $H_2SO_4=40$ (г/л); pH=1; Режимы – как при никелировании.

Цинкование

Как антикоррозионное покрытие.

Сернокислый цинк – 300 (г/л);

$NaCl$ – 12 (г/л);

H_3BO_3 – 19 (г/л);

$Al_2(SO_4)_3$ – 10 (г/л);

pH=3-4;
 $t^{\circ}=20-30\text{C}^{\circ}$;
 $U=2-3(\text{В})$;
Плотность тока: $i=10 (\text{А/дм}^2)$.

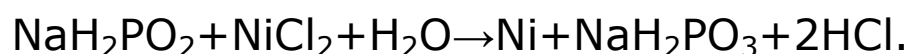
Оксидные защитные покрытия

Получают путем химического или электрохимического травления детали в соответствующих растворах.

Фосфатирование, анодирование, коррундирование, сульфидирование, силицирование и др. получают путем химического или электрохимического травления детали в соответствующих растворах, в результате чего на поверхностях детали образуется окисная пленка заданного назначения: декоративное покрытие, пористое, под покраску, противоизносное и др..

Химическое никелирование (без тока)

Способ основан на восстановлении никеля гипофосфористой кислотой (H_3PO_2) из растворов хлористого никеля NiCl_2 и гипофосфита натрия:



Достоинство способа – равномерность покрытий

Гальванические покрытия в канавках не осаждаются, а при химическом Ni-и – осаждаются.

Скорость осаждения: 0,02 (мм/час).

Режимы:

NaH_2PO_2 – 10 (г/л)

NiCl_2 – 30 (г/л)

CH_3COONa – 10 (г/л)

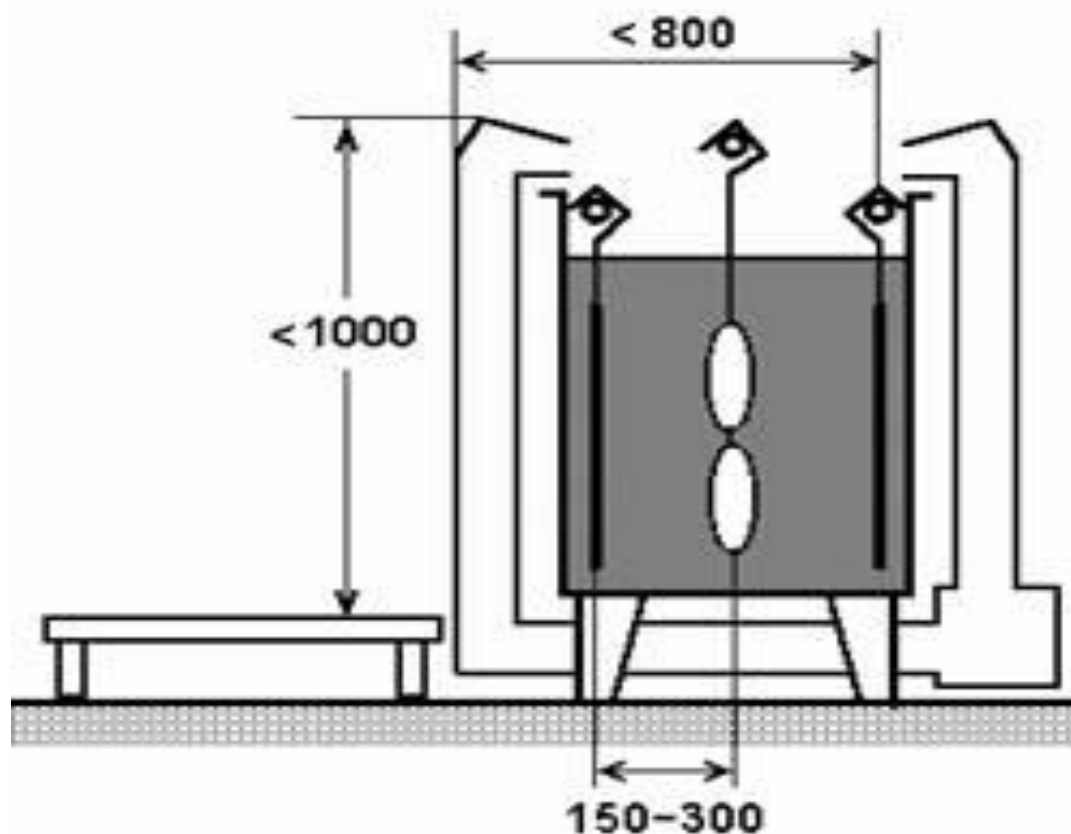
$t^{\circ}=98 \text{C}^{\circ}$;

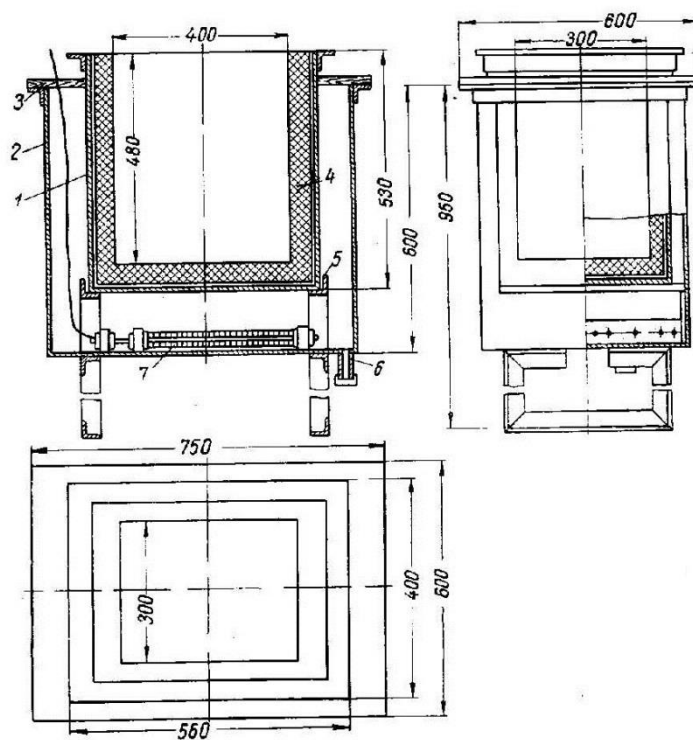
pH=5-5,5;

Производительность: 0,02 (мм/час).

Оборудование гальванических цехов:

гальванические ванны с внешним и внутренним нагревом, промывочные ванны, источники тока, приточно-вытяжное вентиляционное оборудование, оборудование для очистки выбросов и сточных вод, подъёмно-транспортное оборудование.



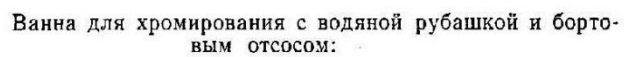


Ванна для осталивания, выложенная диатомовыми плитками:

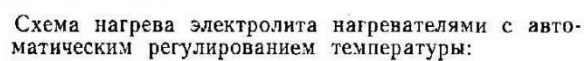
1 — железная ванна; 2 — кожух масляной рубашки; 3 — деревянная крышка; 4 — диатомовая облицовка; 5 — подставка-угольник; 6 — спускной штуцер; 7 — электронагреватель для масла



Компания ЛВ-Инжиниринг

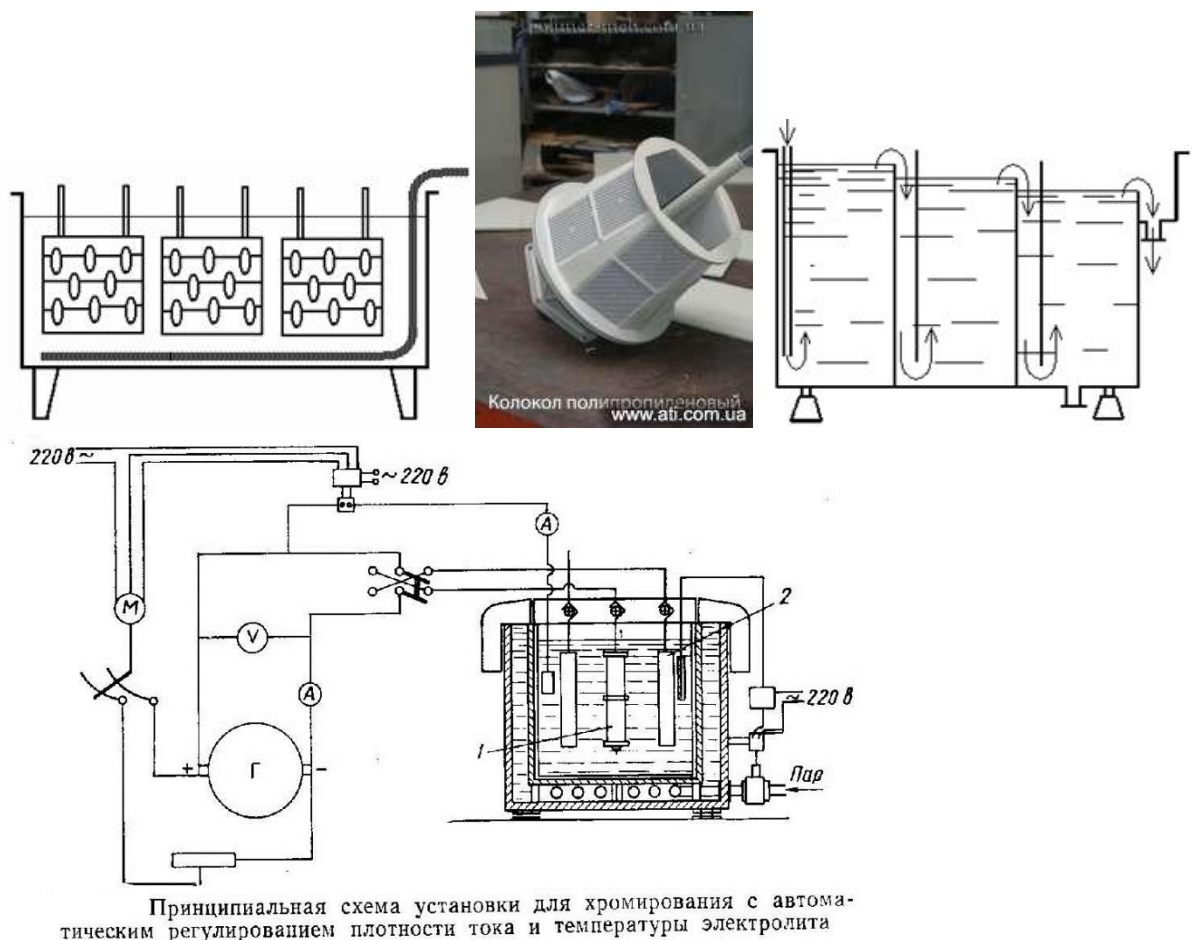


1 — наружная ванна; 2 — внутренняя ванна; 3 — штанги; 4 — бортовой отсос; 5 — сборник; 6 — подогреватель



1 — нагреватель; 2 — кнопка включения терморегулятора; 3 — дополнительное сопротивление; 4 — конденсатор; 5 — сопротивление; 6 — трансформатор; 7 — контактор; 8 — вспомогательное реле; 9 — контактный термометр





Футеровка гальванических ванн

Осталивание:

1. **Винипласт (не теплопроводный);** Он представляет собой окрашенный или неокрашенный непластифицированный твёрдый поливинилхлорид (ПВХ), изготовленный методом прессования. Винипласт стоек практически во всех растворах электролитов, применяемых в гальванотехнике, однако нестойк к действию концентрированной азотной кислоты. Большим преимуществом винипласта является то, что он легко сваривается, формуется и обрабатывается механически; это позволяет использовать его как для футеровки ванн, так и в качестве самостоятельного конструкционного материала.
2. **Пластикат;** полихлорвиниловый **пластикат**. Он представляет собой неокрашенный пластифицированный эластичный поливинилхлорид. Пластикат устойчив во всех обычных гальванических электролитах, включая хромовый и травильный (серно-кислый) при температурах до 70 °С.
3. **Полипропилен,** обладает удовлетворительной механической прочностью, высоким сопротивлением ударным нагрузкам, повышенной пластичностью, инертностью к большинству химических реагентов. Преимуществом полипропилена является возможность его **применения при высокой температуре**, что в сочетании с другими свойствами открывает широкие перспективы использования полипропилена

не только для футеровки ванн методом вкладыша, но и для изготовления другого оборудования гальванических цехов: бортовых отсосов, вентиляционных коробов, крышек к гальваническим ваннам, барабанов. Полипропилен уступает по термостойкости и химической стойкости только фторопласту и пентапласту.

4. Пентапласт. Этот химически стойкий полимер обладает комплексом ценных физико-механических, теплофизических и антикоррозионных свойств. Покрытия на его основе возможно использовать в весьма агрессивных средах при температуре до 120 °С. По химической стойкости в ряду термопластов пентапласт уступает только фторопластам. Пентапласт устойчив при воздействии растворов кислот и их смесей: фосфорной и плавиковой; соляной и азотной; серной, азотной и плавиковой; соляной и плавиковой. Однако пентапласт нестойк в сильных окислителях: в дымящейся азотной кислоте при температуре кипения, в олеуме и т.д.

5. Антегмит; (теплопроводный)

6. Фторопласт (теплопроводный);

7. Фаолит Т (теплопроводный);

8. Титановые листы.

Хромирование:

1. Свинец;

2. Нержавеющая сталь.

Источники тока.

Применяют: машины постоянного тока АНД и АНГ ($I =$ до 10000 А, $U = 12$ В)

Выпрямители (ВАКГ и ВСМР) ($I =$ до 6000 А, $U = 12$ В).

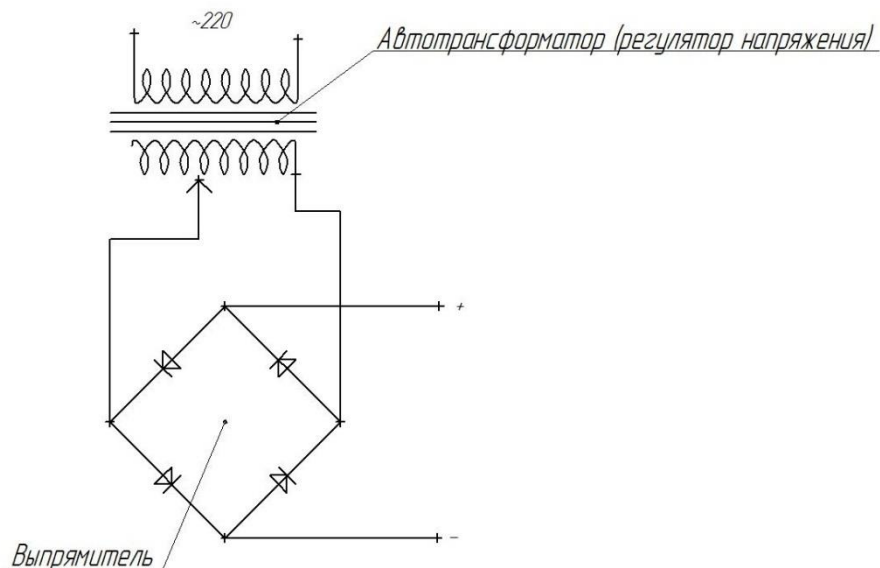
ВАКГ – 12/6 – 3000 А

$I = 3000$ А, $U = 12/6$ В.

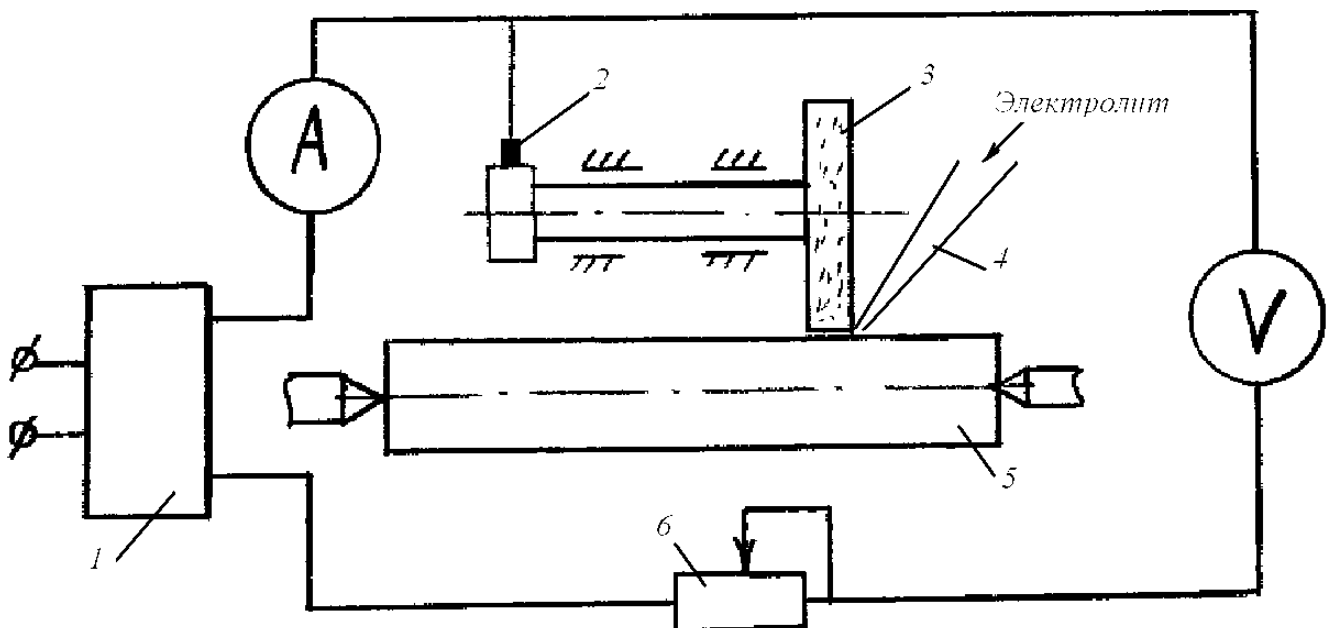
ВСМР 3000-6. $I = 3000$ А, $U = 12$ В.

На каждую ванну – самостоятельный источник тока.

Схема регулирования тока



Анодно-механическая обработка



Токопроводящий круг 3 при помощи скользящего контакта 2 соединен с отрицательным полюсом источника постоянного тока 1. Обрабатываемая деталь соединена с положительным полюсом. В зону обработки подают электролит 4, силу тока регулируют реостатом 6. В зазор между кругом и деталью подают электролит. Под действием электротока происходит анодное растворение поверхности детали, а зерна вращающегося круга удаляют продукты растворения.

Абразивные круги изготавливают на токопроводящих связках, основные компоненты которых: медь, цинк, алюминий. Используют электролит – 3%-ый раствор NaNO_3 и 0,3%-ый раствор NaNO_2 , р-р Na_2SiO_3 .

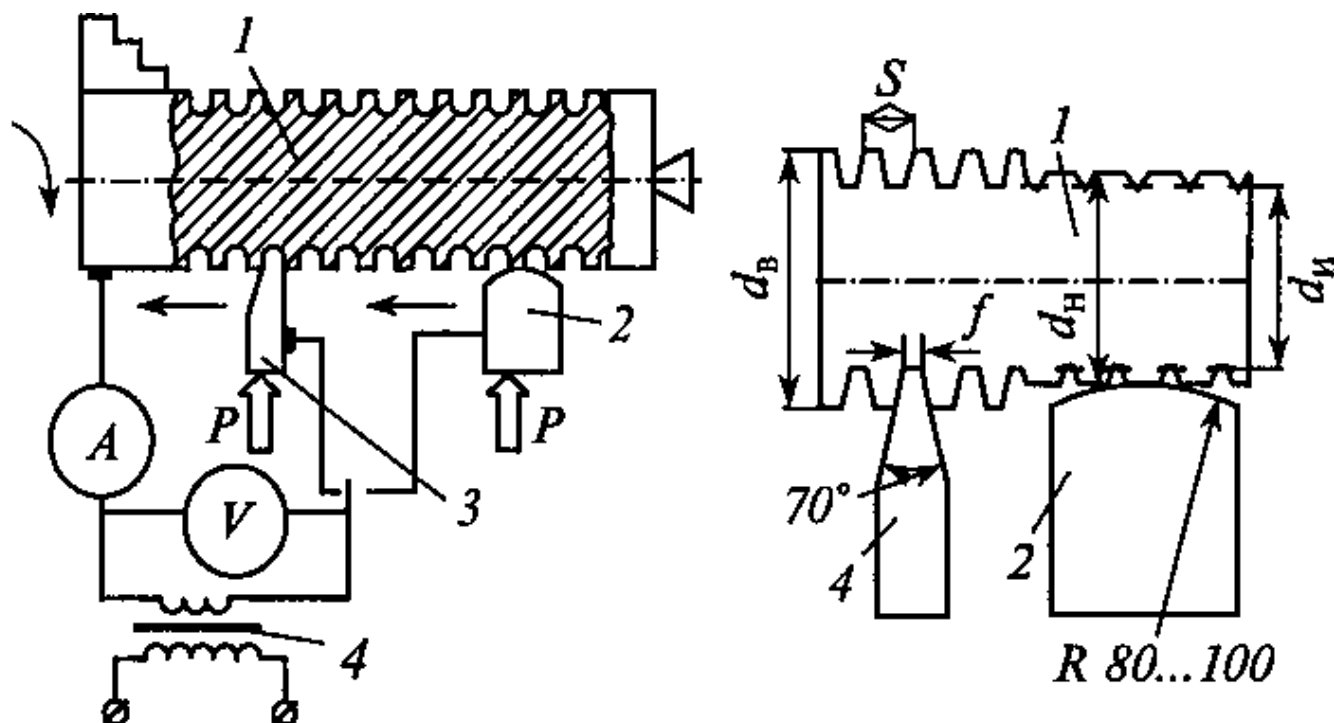
Сущность способа: в зону обработки подается электролит, растворяющий металл. Съём металла осуществляется путем механического его удаления вращающимся инструментом. Область применения - высокопроизводительная обработка твердых закаленных поверхностей деталей машин.

Достоинства:

- Высокая производительность по сравнению со шлифованием.
- Возможность обработки самых высокотвердых материалов.

Режимы обработки: $U=20$ (В); $I=10-40$ (А); $n_{кр.}$ 15-20 м/с

Электрохимическая обработка деталей



Сущность способа: к обрабатываемой детали и инструменту подводится соответствующий потенциал. В точ-

ке контакта возникает короткое замыкание: $I=1000(A)$ – происходит выравнивание (выглаживание) поверхности, наклёп, упрочнение.

Режимы: $U=2...5 (В)$;

$I \leq 1000 (A)$.

Область применения: восстановление методом высадки, накатки; упрочнения поверхности; вместо чистового шлифования.