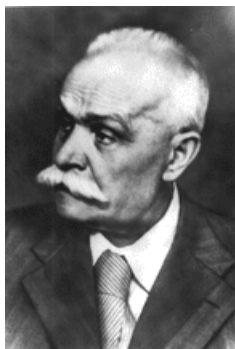
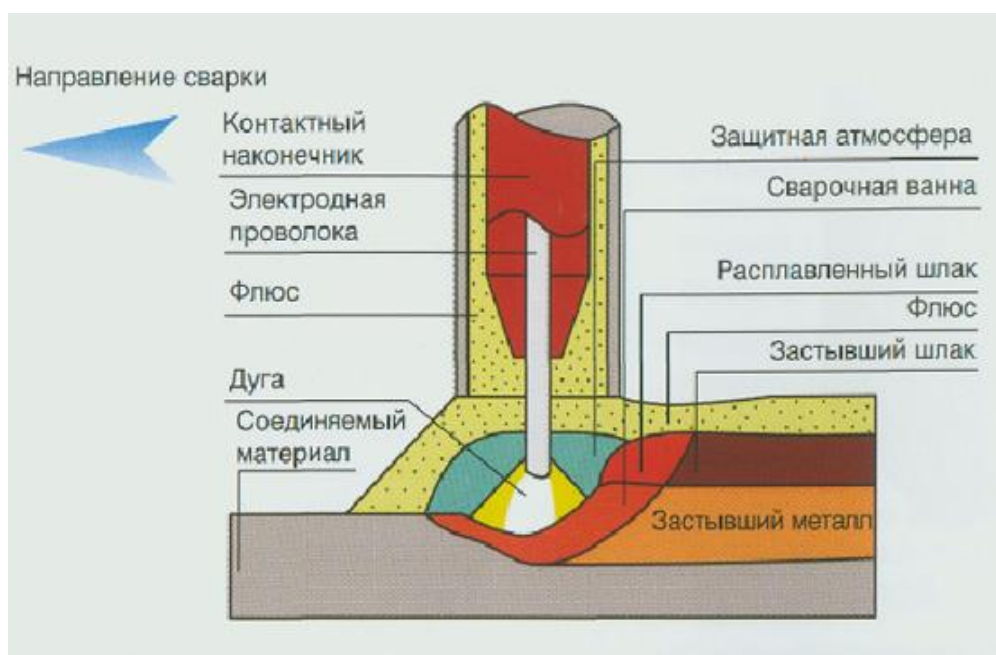


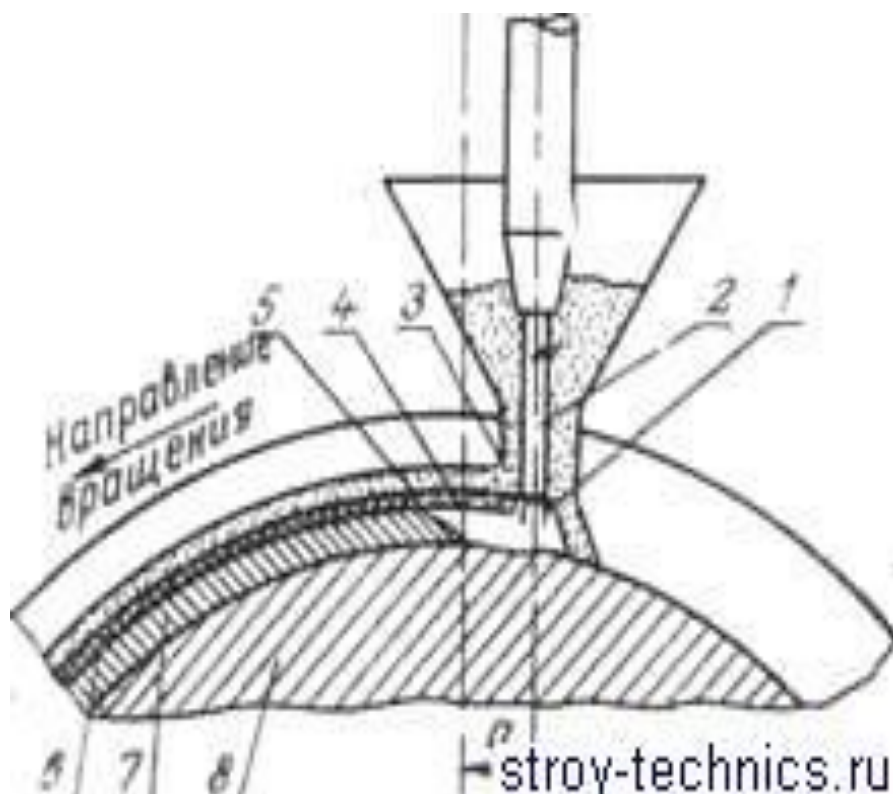
Автоматическая сварка и наплавка подслоем флюса

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 внедрены 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 электродом 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:

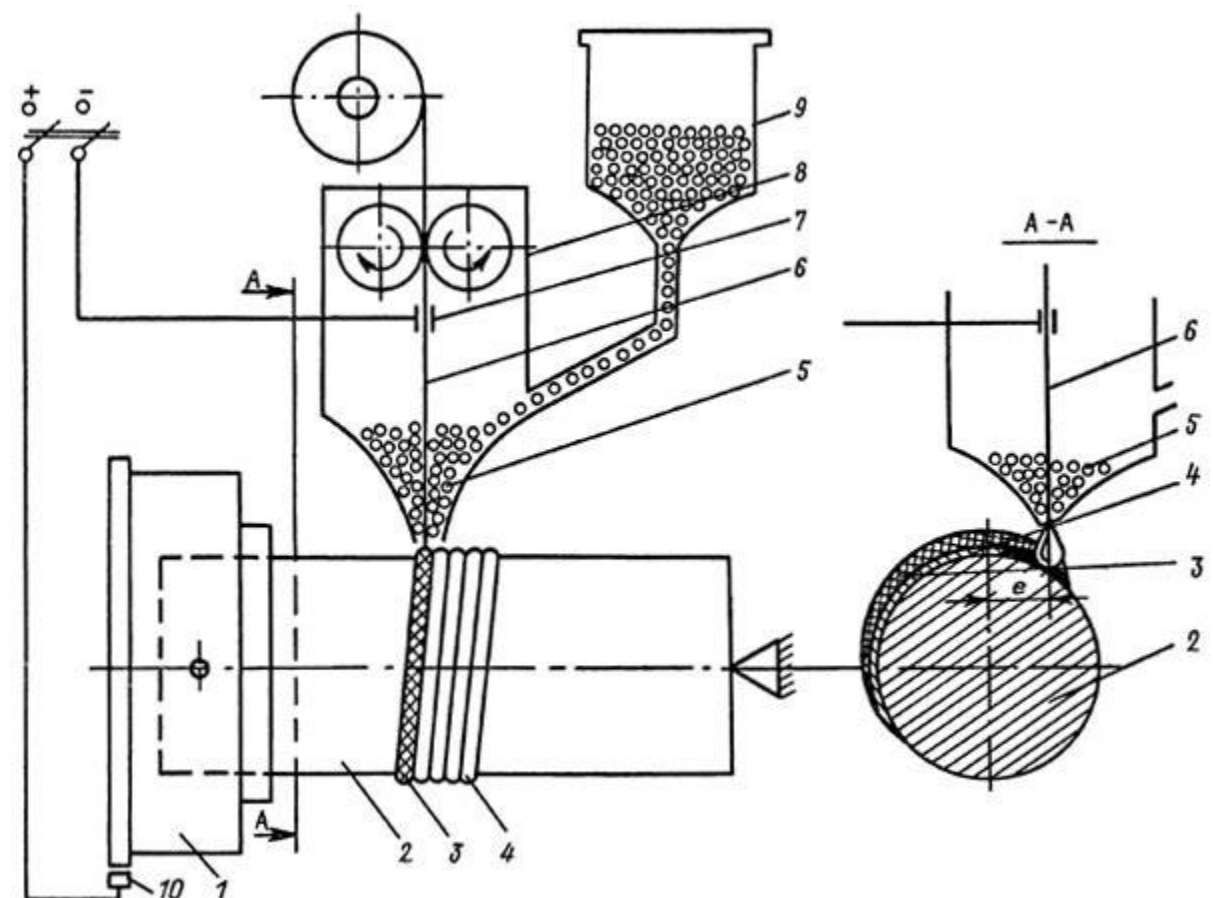
- высокая производительность;
- высокое качество (малая ЗТВ);
- экономия материалов и электроэнергии;
- улучшение условий труда;
- технологические преимущества.

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 заданные механические свойства, отделимость шлаковой корки, формирование шва.

Флюсы бывают:

1. низко- и высококремнистые;
2. марганцовистые ($Mn>1\%$) и безмарганцовистые ($Mn<1\%$);

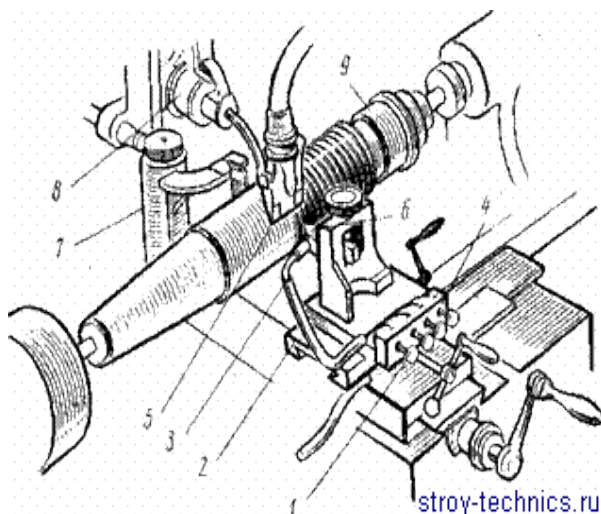
По способу изготовления флюсы делятся на **плавленные и неплавленные (керамические)**.

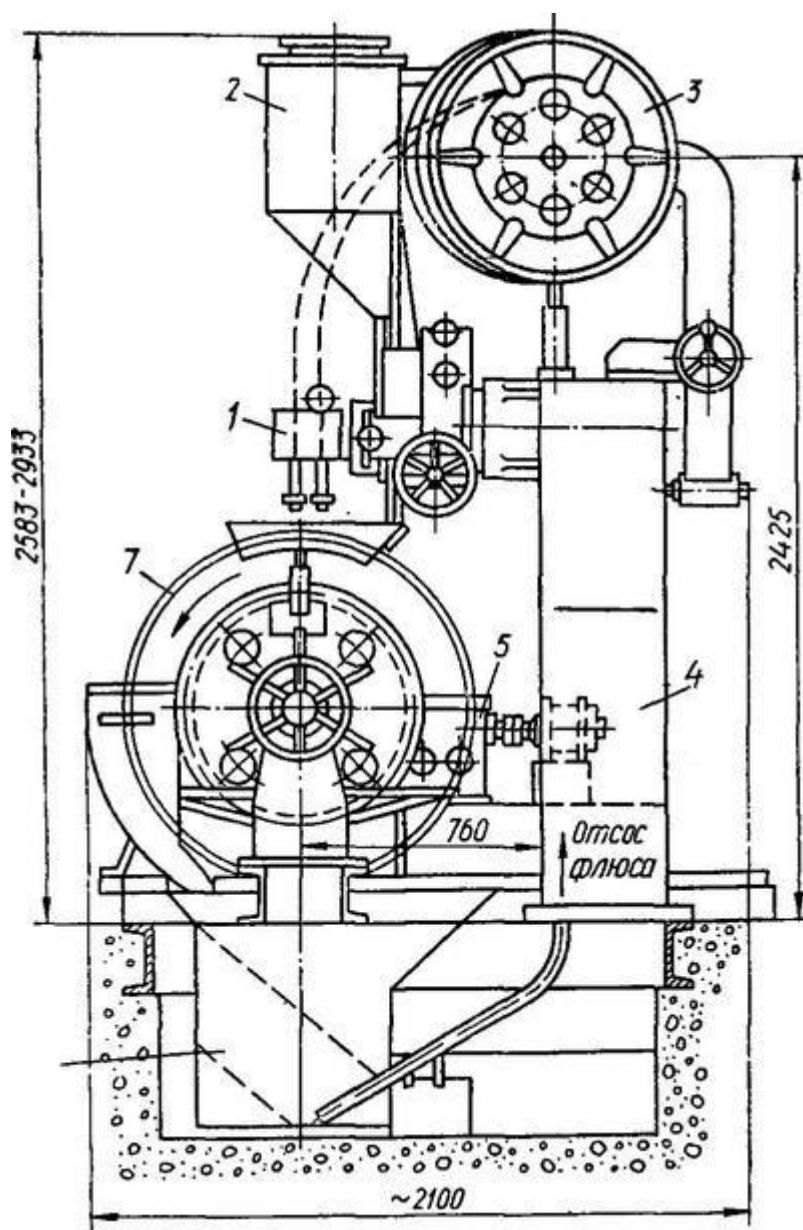
Плавленные флюсы, напр., **АН-348**, получают путем сплавления компонентов шихты: **Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , CaO ,**

MgO, FeO, MnO₂, 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 и износостойкость без термообработки.







Наплавка вала МНЛЗ

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, гарантированная 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
условий 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 чугунных валов:

1. По оболочке из мягкой жести;
2. Специальной проволокой, легированной
редкоземельными металлами (15ГСТЦЮА);
3. Широкой наплавка под специальным флюсом
(графит – 14%, Fe – 50%, плавиковый шпат – 1,5%,

комплексный модификатор – 10%, Al – 8%, остальное – АН-348А);

4. Наплавка специальной порошковой проволокой;
5. Контактная наплавка (наварка);
6. Электрошлаковая наплавка.

Сварка в CO_2

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 CO_2 , который предохраняет шов от окисления, охлаждает шов и, разлагаясь на CO и O_2 , способствует восстановлению железа.

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

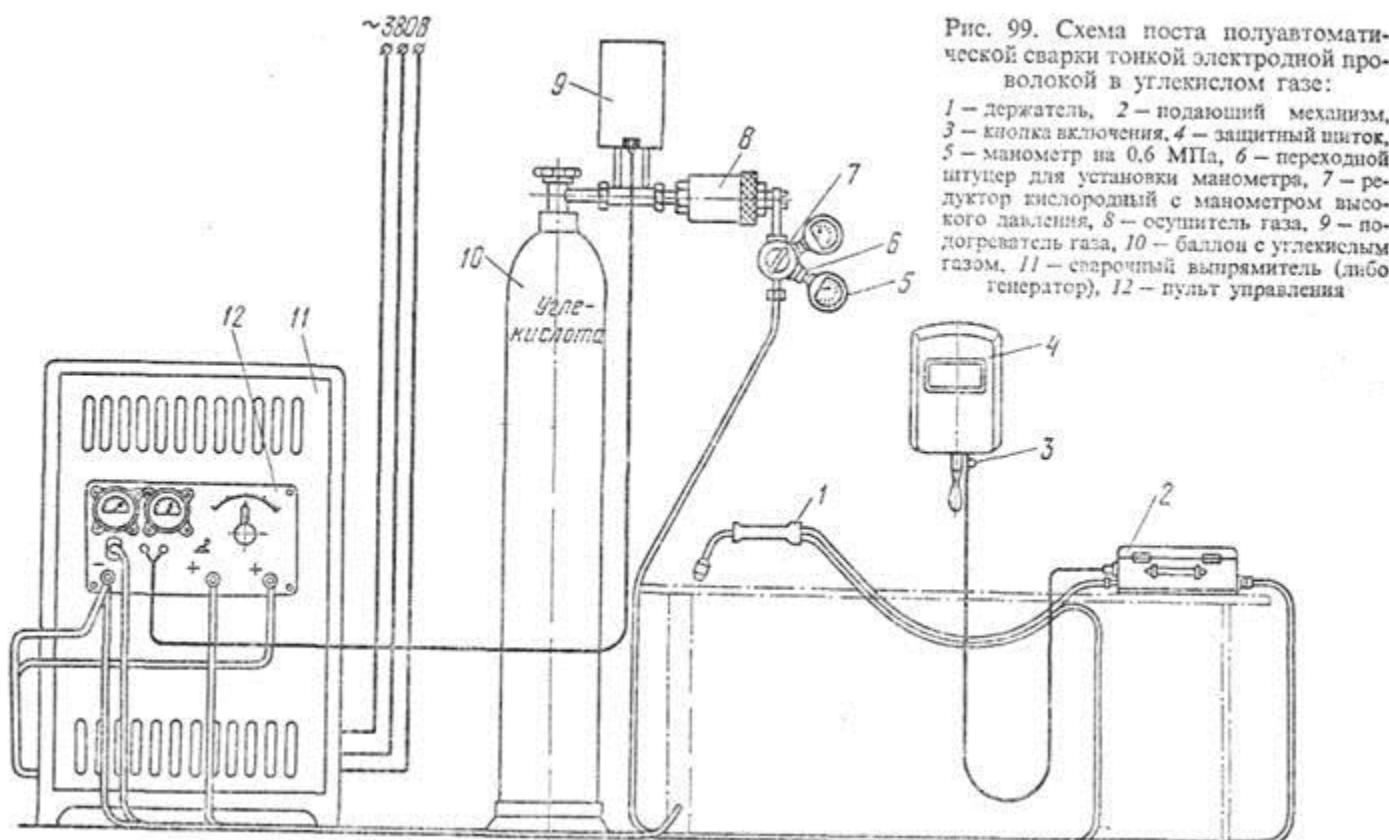


Рис. 99. Схема поста полуавтоматической сварки тонкой электродной проволокой в углекислом газе:
1 – держатель, 2 – подающий механизм, 3 – кнопка включения, 4 – защитный шток, 5 – манометр на 0,6 МПа, 6 – переходной штуцер для установки манометра, 7 – редуктор кислородный с манометром высокого давления, 8 – осушитель газа, 9 – подогреватель газа, 10 – баллон с углекислым газом, 11 – сварочный выпрямитель (либо генератор), 12 – пульт управления

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.

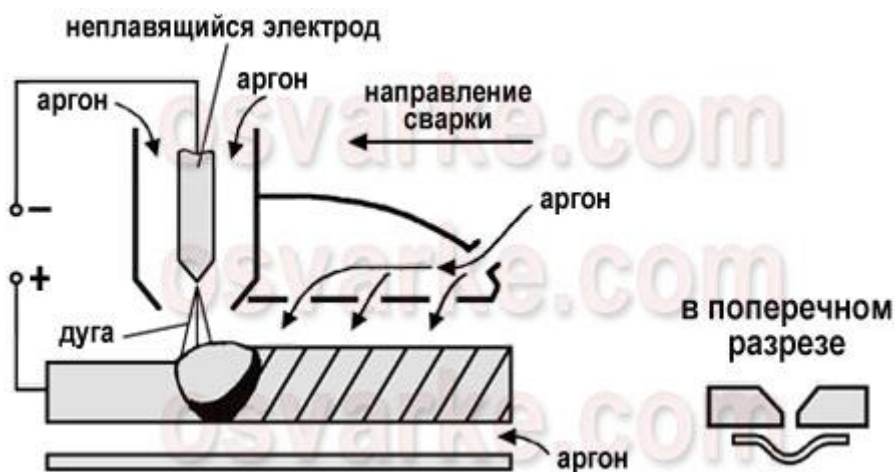
Применяется для сварки тонкостенных деталей, легированных деталей, а также для деталей из чугуна.

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 титана неплавящимся электродом

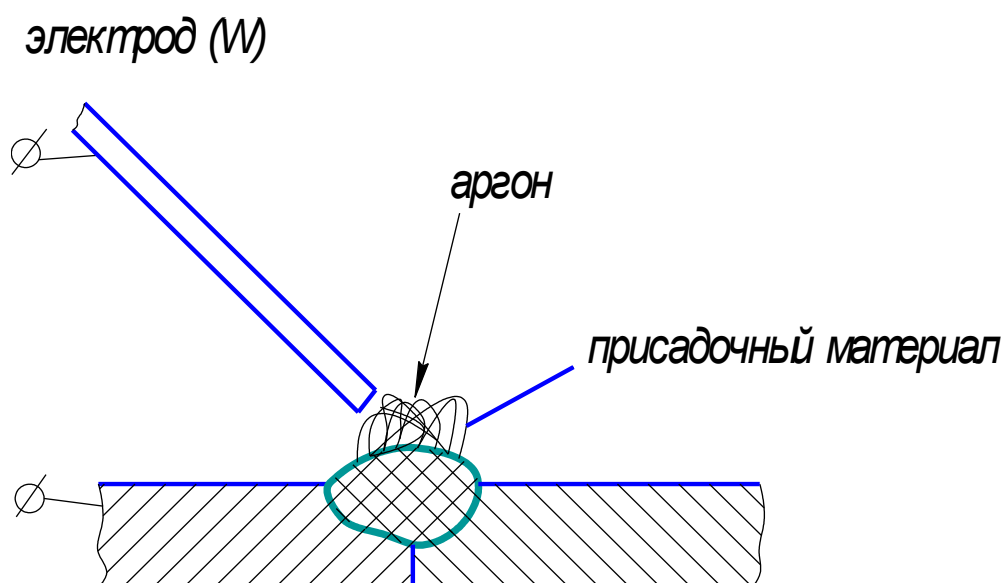


Схема аргонно-дуговой сварки.

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, $I = 100 \dots 150 \text{ А}$.

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

Режимы: $U = 25 \text{ В}$, $I = 100 \text{ А}$, 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 характеризуется 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.).

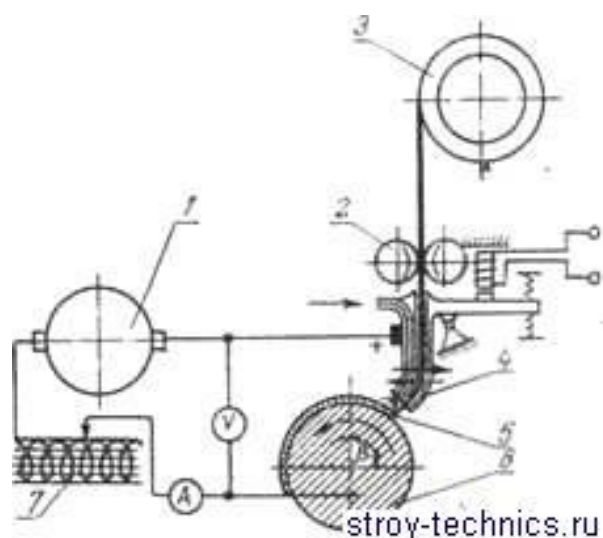
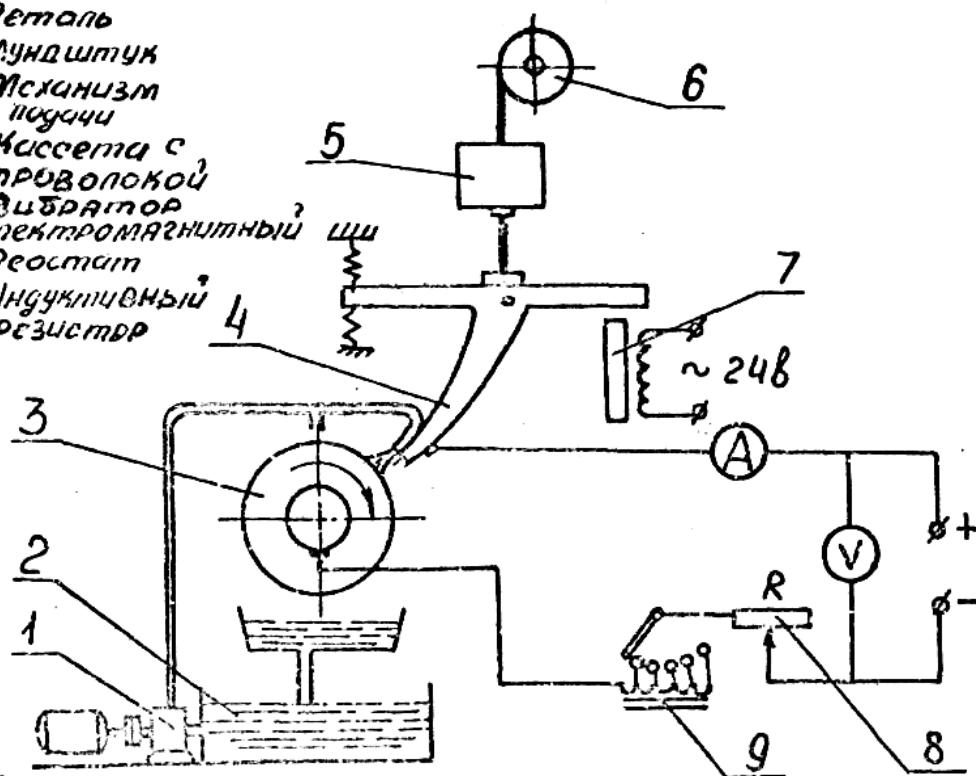


Схема установки для вибродуговой наплавки

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



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

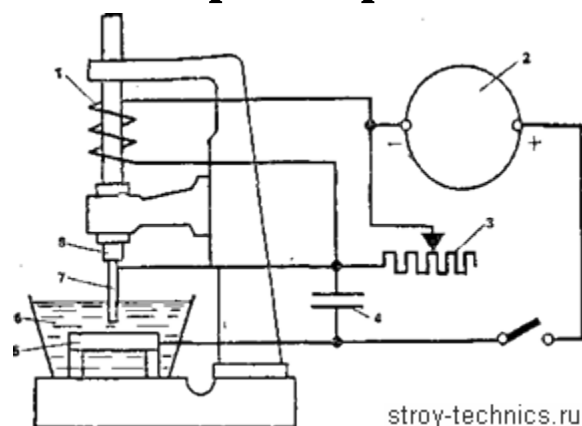


Рис. 1. Схема электроискровой обработки (прошивки)
1 — соленоид; 2 — источник тока; 3 — сопротивление; 4 — конденсатор; 5 — деталь(+); 6 — жидкая среда (масло, керосин); 7 —инструмент(-); 8 — ползун

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

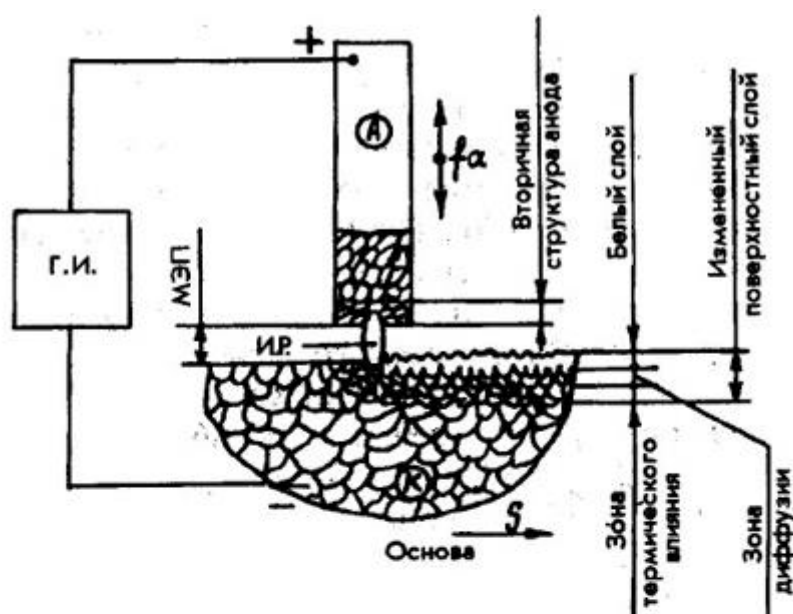
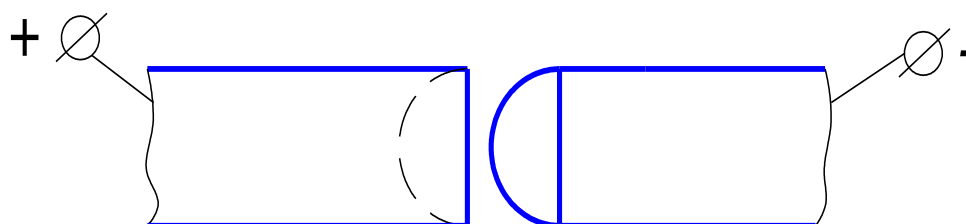
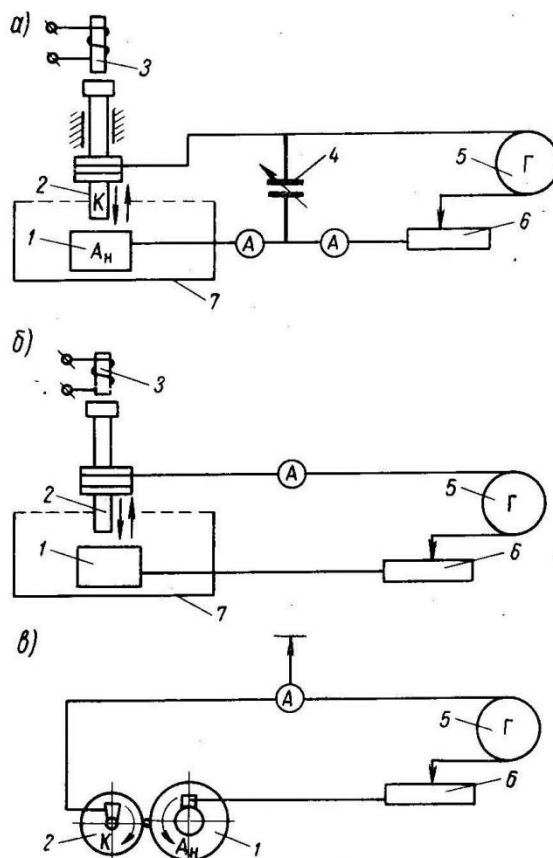


Рис. 1 Общая схема электроискрового процесса

ГИ – генератор импульсов; МЭП – межэлектродный промежуток; ИР – искровой разряд; А – анод (компактный электрод); К – катод (деталь, инструмент); f_a – 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_b/h_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, имеющих большую плотность (7,4 ... 7,7 г/см³), чем серый чугун (6,9 ... 7,3

г/см³), 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 – исключить 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:

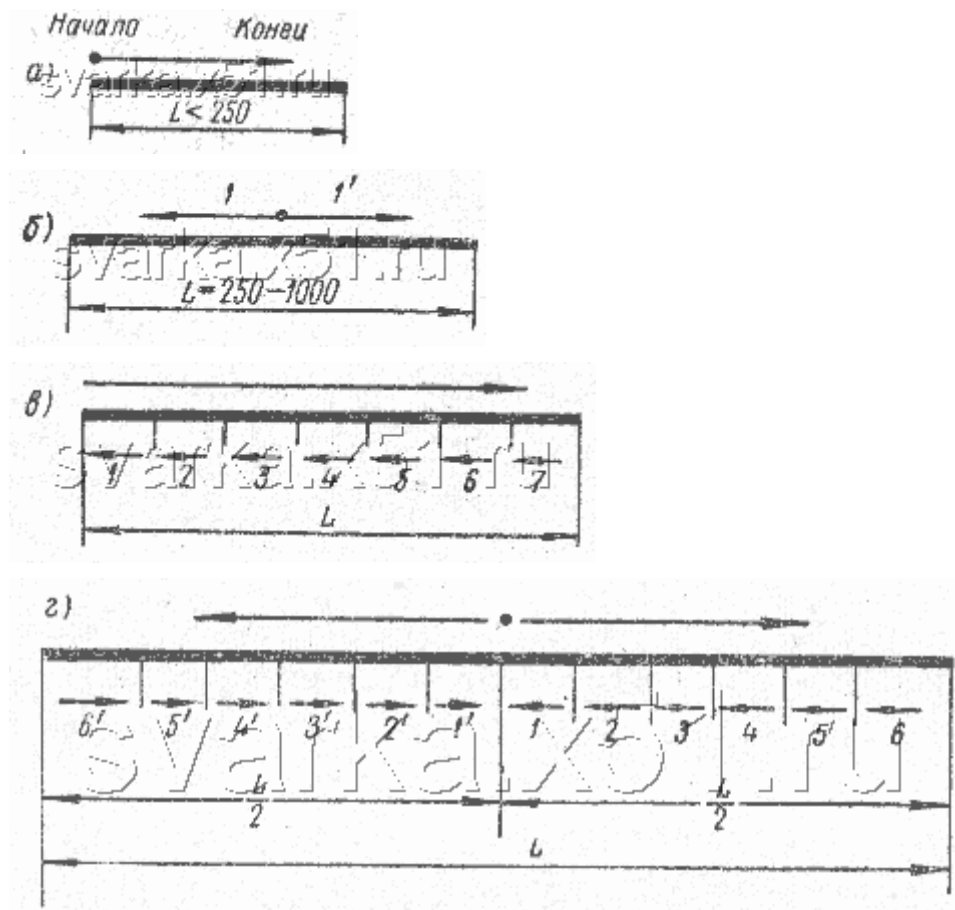
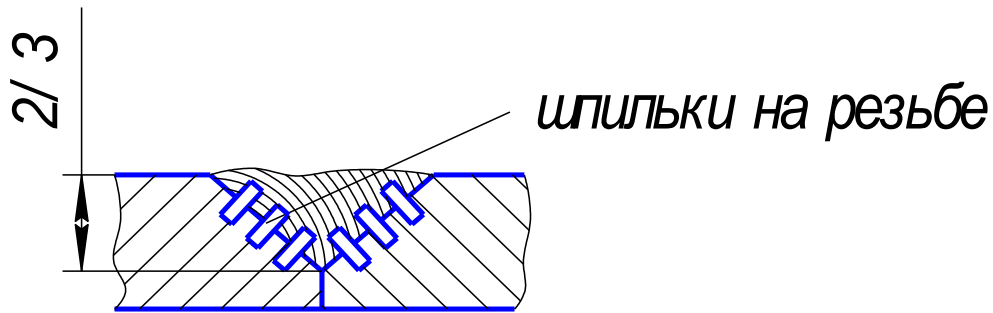


рис.1. Способы выполнения сварных швов по длине

а — на проход; б — от середины к краям; в — обратноступенчатый;
г — обратноступенчатый 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, $I = 100 \dots 150 \text{ A}$.

(Сварка алюминия и чугуна – ролик 8 мин)