

Технология сварки ТИГ

Высоколегированные стали
(нержавеющие)

Цветные металлы и сплавы.

ТИГ сварка

Повторение основной теории.



Часть 1. Теория TIG сварки.

Выбор источника тока. Режим PULSE

Часть 2. TIG горелки

Выбор защитного газа
и вольфрамового электрода

Часть 3. Выбор присадочного прутка

Часть 1

https://www.youtube.com/watch?v=YJTT65jFXzg&feature=emb_logo

В видео:

- Что такое аргонодуговая сварка, где и для чего она применяется.
- Преимущества и недостатки ТИГ.
- Что нужно для TIG сварки.
- Расходники, оборудование и пр.
- Как выбрать источник тока для аргонодуговой сварки,
- Источник тока для ТИГ сварки нержавеющей стали,
- Источник тока для ТИГ сварки чёрного металла,
- Источник тока для ТИГ сварки алюминия
- Источник тока для сварки TIG начального и продвинутого уровня.
- Сварка на постоянном и переменном (AC/DC) токе, заварка кратера, режим ПУЛЬС (PULSE).
- Основные и дополнительные функции аппаратов

Часть 2

<https://www.youtube.com/watch?v=0>

[QZE-tBPKv4](#)

- чем отличаются друг от друга TIG горелки и какая нужна именно вам, Какой защитный газ необходим для TIG сварки.
- Отличия Аргона и Гелия, сфера их применения.
- Можно ли использовать углекислоту или Ar+CO₂ для TIG сварки?
- Настройка давления газа при TIG сварке.
- Выбор вольфрамового электрода.
- Цветовые коды TIG электродов и их предназначение.
- Как выбрать нужный диаметр вольфрамового электрода.
- Зависимость диаметра электрода от силы сварочного тока.
- Заточка вольфрамового электрода для работы на постоянном и переменном токе.

Часть 3

<https://www.youtube.com/watch?v=3K4JTvdbU0U&t=52s>

В видео:

- Как выбрать присадочный пруток для TIG сварки.
- Состав прутка и его диаметр.

**Технология сварки
высоколегированных
(нержавеющих) и
жаропрочных сталей и
сплавов**

Высоколегированная нержавеющая сталь – один из самых сложных металлов для сварочных работ

- Что такое сталь: это сплав железа с углеродом.
 - Доля углерода может быть разной, чем она выше, тем сталь прочнее.
 - В сталь добавляют легирующие элементы для корректировки свойств стали.
- Что такое нержавеющая сталь: это сталь, в которую для устойчивости к коррозии добавляют хром.
 - Его доля в нержавеющем сплаве составляет от 12 до 30%.
 - Хром (и другие компоненты типа молибдена, никеля и др.), отлично работают для антикоррозийной защиты, но совсем не облегчают процесс сварки.

Высоколегированные нержавеющие стали широко применяются

- в пищевой,
- химической,
- авиационно-космической,
- электротехнической промышленности

- У нержавеющей стали **теплопроводность ниже**, чем у других видов стали. Поэтому ее приходится прогревать намного дольше, а электричества тратить намного больше.
- У нержавеющей стали очень **высокий коэффициент расширения**, поэтому при соединении двух поверхностей толстых заготовок есть риск возникновения микротрещин в большом количестве. Чтобы минимизировать эту проблему, зазор между заготовками должен быть шире, чем в работе с другими видами стали.
- **Высокое сопротивление** нержавеющей стали процессам плавления ведет к значительному перегреву.
- **Внимание! Главный враг в сварке сталей – межкристаллитная коррозия или МКК** – очень опасный дефект, который может возникнуть при нагреве нержавеющей стали выше 500°C , поэтому определять режим сварки нужно самым тщательным образом, включая в него принудительное охлаждение стальных заготовок

<https://www.youtube.com/watch?v=s>

[G03TbX8u6w](https://www.youtube.com/watch?v=s)

- [00:05](#) Выбор источника тока для ТИГ сварки нержавеющей стали.
- [00:28](#) Бесконтактный поджиг и функция заварки кратера.
- [00:48](#) Выбор присадочного прутка для ТИГ сварки нержавеющей стали
- [01:02](#) ER308
- [01:25](#) Газовая защита шва
- [01:32](#) Газовая линза
- [02:19](#) Сопло для газовой линзы
- [02:42](#) Вольфрамовый электрод
- [03:44](#) Сварка тонкой нержавеющей стали
- [03:57](#) Медная подложка для ТИГ сварки
- [04:07](#) Настройка инвертора для ТИГ сварки тонкой нержавеющей стали [05:37](#) ТИГ сварка без присадочного прутка.

<https://www.youtube.com/watch?v=0a3z2Z7Lj0Q>

- [00:06](#) TIG сварка труб из нержавеющей стали. Защита шва аргоном.
- [01:54](#) TIG сварка массивных заготовок из нержавеющей стали
- [02:12](#) Настройка аппарата для стали 3мм. [02:47](#) Режим PULSE при сварке нержавеющей стали [03:29](#) Настройка ПУЛЬС режима для сварки нержавеющей стали.

**Технология сварки
высоколегированных (нержавеющих) и
жаропрочных сталей и сплавов**

<https://weldering.com/tehnologiya-svarki-vysokolegirovannyh-nerzhaveyushchih-zharoprochnyh-staley-splavov>

Высоколегированные стали

Марка	Свариваемость	Технологические особенности сварки
12X18H9T, 12X18H10T, 08X18H10T, 12X17H9T	Хорошая	Присадок Св-01X19H9, Св-04X19H9, Св-07X19H10Б
ХН78ВТ, ХН75М6ТЮ		Присадок Св-ХН78Т
12X17,08X17Т, 15X25Т	Ограниченная	Рекомендуется термообработка Присадок Св-07X25H13, Св-08X14ГНТ, Св-13X25Т
20X13	Удовлетворительная	Подогрев и последующая термообработка. Присадок Св-12X13, Св-20X13, Св-06X14
10X14Г14Н4Г		Подогрев и последующая термообработка. Присадок Св-04X19H9
08X17H5M3		Необходима термообработка. Присадок Св-06X21H7БТ
15X17АГ14		Подогрев и последующая термообработка. Присадок Св-01X18

Трудности при сварке

- Защитный газ необходимо предварительно просушить или добавить к нему 2-5% кислорода.
 - Это обеспечит плотность шва.
- Нужно поддерживать самую короткую дугу и добиваться получения шва с низким коэффициентом формы (отношением ширины шва к его толщине).
 - Иначе в металле шва и околошовной зоны появятся горячие (кристаллизационные) трещины.
- **После сварки металл должен как можно быстрее остыть.**
 - Для этого используют медные, охлаждаемые водой, подкладки;
 - промежуточное остывание слоев;
 - охлаждение швов водой.
 - Это повысит коррозионную стойкость сварного соединения

Подготовка к сварке

- Кромки стыкуемых деталей из высоколегированных сталей лучше подготавливать механическим способом.
- допускаются плазменная, электродуговая, газофлюсовая или воздушно-дуговая резка.
- При огневых способах резки обязательна механическая обработка кромок на глубину 2-3 мм
- Снимать фаску для получения скоса кромки можно только механическим способом.
- Перед сборкой свариваемые кромки защищают от окалины и загрязнений на ширину не менее 20 мм снаружи и изнутри, после чего обезжиривают.



Сборка

- СТЫКОВ ВЫПОЛНЯЮТ ЛИБО В ИНВЕНТАРНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ, ЛИБО С ПОМОЩЬЮ ПРИХВАТОК.
- При этом необходимо учесть возможную усадку металла шва в процессе сварки.
- Ставить прихватки в местах пересечения швов нельзя.
- К качеству прихваток предъявляются те же требования, что и к основному сварному шву.
- Прихватки с недопустимыми дефектами (горячие трещины, поры и т.д.) следует удалить механическим способом.

Выбор параметров режима

- Основные рекомендации те же, что при сварке углеродистых и низколегированных сталей.
- Главная особенность сварки высоколегированных сталей - **минимизация погонной энергии, вводимой в основной металл.**
 - короткая сварочная дуга;
 - отсутствие поперечных колебаний горелки;
 - максимально допустимая скорость сварки без перерывов и повторного нагрева одного и того же участка;
 - минимально возможные токовые режимы.

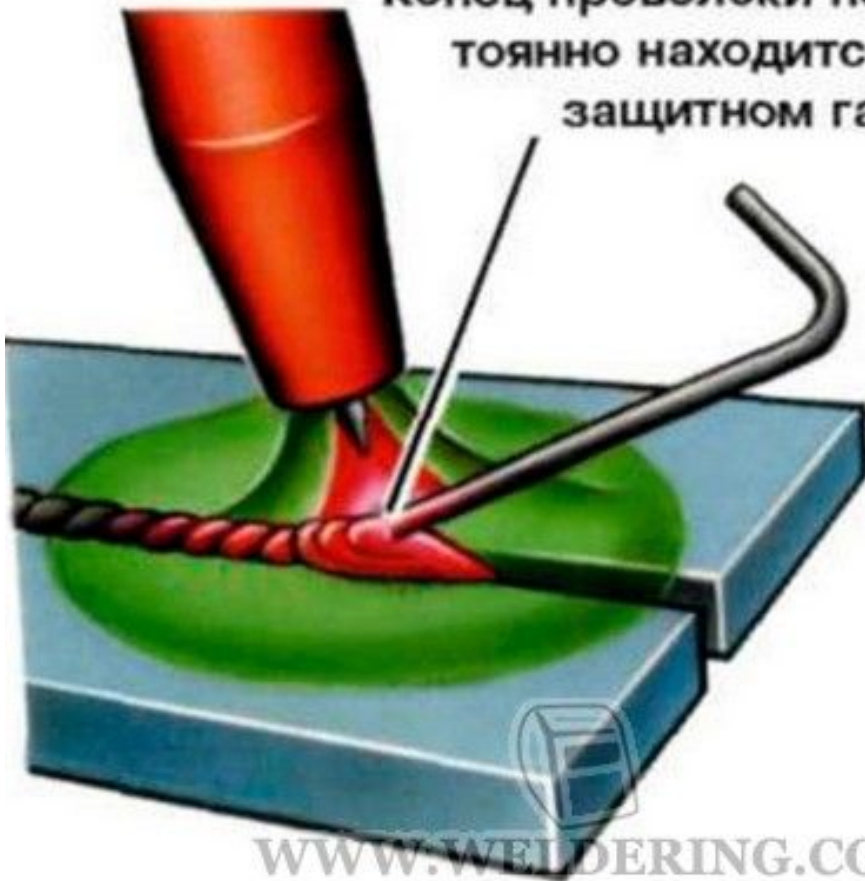
Техника сварки.

- Основное правило: поддерживать короткую дугу, поскольку при этом расплавленный металл лучше защищен газом от воздуха.
- При сварке в аргоне W-электродом подавать присадочную проволоку в зону горения дуги следует равномерно, чтобы не допускать брызг расплавленного металла, которые, попадая на основной металл, могут вызвать очаги коррозии.
- В начале сварки горелкой подогревают кромки и присадочную проволоку.
- После образования сварочной ванны выполняют сварку, равномерно перемещая горелку по стыку.
- Необходимо следить за глубиной проплавления, отсутствием непровара.
- По форме расплавленного металла сварочной ванны определяют качество проплавления: хорошее (ванна вытянута по направлению сварки) или недостаточное (ванна круглая или овальная)

Значение сварочного тока уточняют при сварке пробных СТЫКОВ

Окисленный конец проволоки
удаляют кусачками или
пассатижами

Конец проволоки по-
стоянно находится в
защитном газе



Технология сварки алюминия и его сплавов

Температура плавления алюминия 660°C , окисной пленки 2060°C

Классификация алюминиевых сплавов по способу их получения

Деформируемые,
подвергаемые обработке давлением

Упрочняемые термообработкой

Дюралюминий Д1; Д16

Сплавы АВ, АК, В95

Неупрочняемые термообработкой

Сплав с магнием АМг

Сплав с марганцем АМц

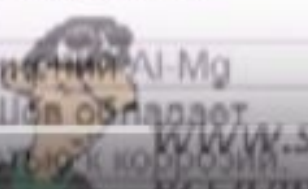
Литейные,
в виде фасонного литья

Наиболее распространены
силумины (сплавы с кремнием
4-13% Si)

Марка	Свариваемость	Технологические особенности сварки
Технически чистый алюминий		
АД00, АД0, АД1 , АД	Хорошая	Присадок Св-А1, СвА000, Св-85Т
Деформируемые, термически не упрочняемые сплавы		
АМц, АМцС, Д12	Хорошая	Присадок Св-АМц
АМг1, АМг2, АМг3		Присадок Св-АМг3
АМг4, АМг5		Присадок Св-АМг5
АМг6		Присадок Св-АМг6, Св-АМг7
Деформируемые, термически упрочняемые сплавы		
АД31, АД33, АД35 АВ, АК6, АК8	Удовлетворительная	Присадок Св-АК5, Св-1557
АК4, АК4-1	Ограниченная	
В95	Плохая	Предварительный подогрев Термообработка после сварки при $t^{\circ} = 200-250^{\circ}\text{C}$ Присадок Св-1557, Св-АМг5, Св-АМг6
1915,1925	Удовлетворительная	
Литейные сплавы		
АЛ1, АЛ2, АЛ9, АЛ25, АЛ26	Хорошая	Присадок той же марки, что и основной металл
АЛ3, АЛ4, АЛ5, АЛ7, АЛ8, АЛ10В	Удовлетворительная	

Очистка кромок и
присадка от окисной
пленки

Пруток	Применение
1070	АД1, АМц
1100	АД1, АМц
1450	С добавлением титана. Применяется для сварки алюминия и его сплавов в авиастроении, пищевой промышленности.
4043	Для сварки литейных AlSi сплавов типа АД31, АД33, АД35 (блоки ДВС, опорные плиты, рамы и т.п.).
4047	С добавлением кремния, для увеличения текучести и снижение усадочных деформаций
5087	С добавлением Zn, для снижения вероятности возникновения горячих трещин. Применяется для сварки сплавов Al с содержанием до 5%Mg.
5183	Пищевая промышленность, морское судостроение. Для сварки Al-Mg; Al-Mn сплавов;
5356	AMg3, AMg4, AMg5, AMg6
5554	Ёмкости для хранения химических материалов, рамы и колёсные диски автомобилей
5556	Для сварки таовровых соединений Al-Mg
5754	Для сварки Al-Mg сплавов. Шла обладает высокой прочностью и стойкостью к коррозии.

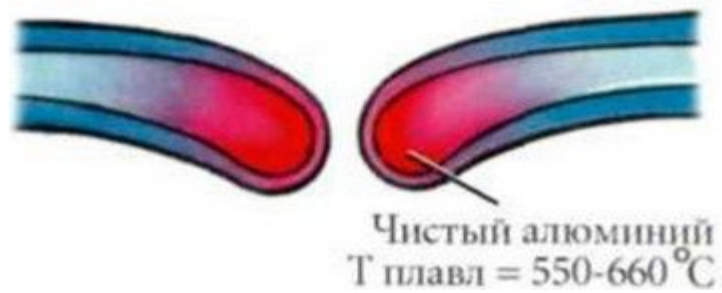


Марки присадочной проволоки, используемой для сварки алюминия и его сплавов

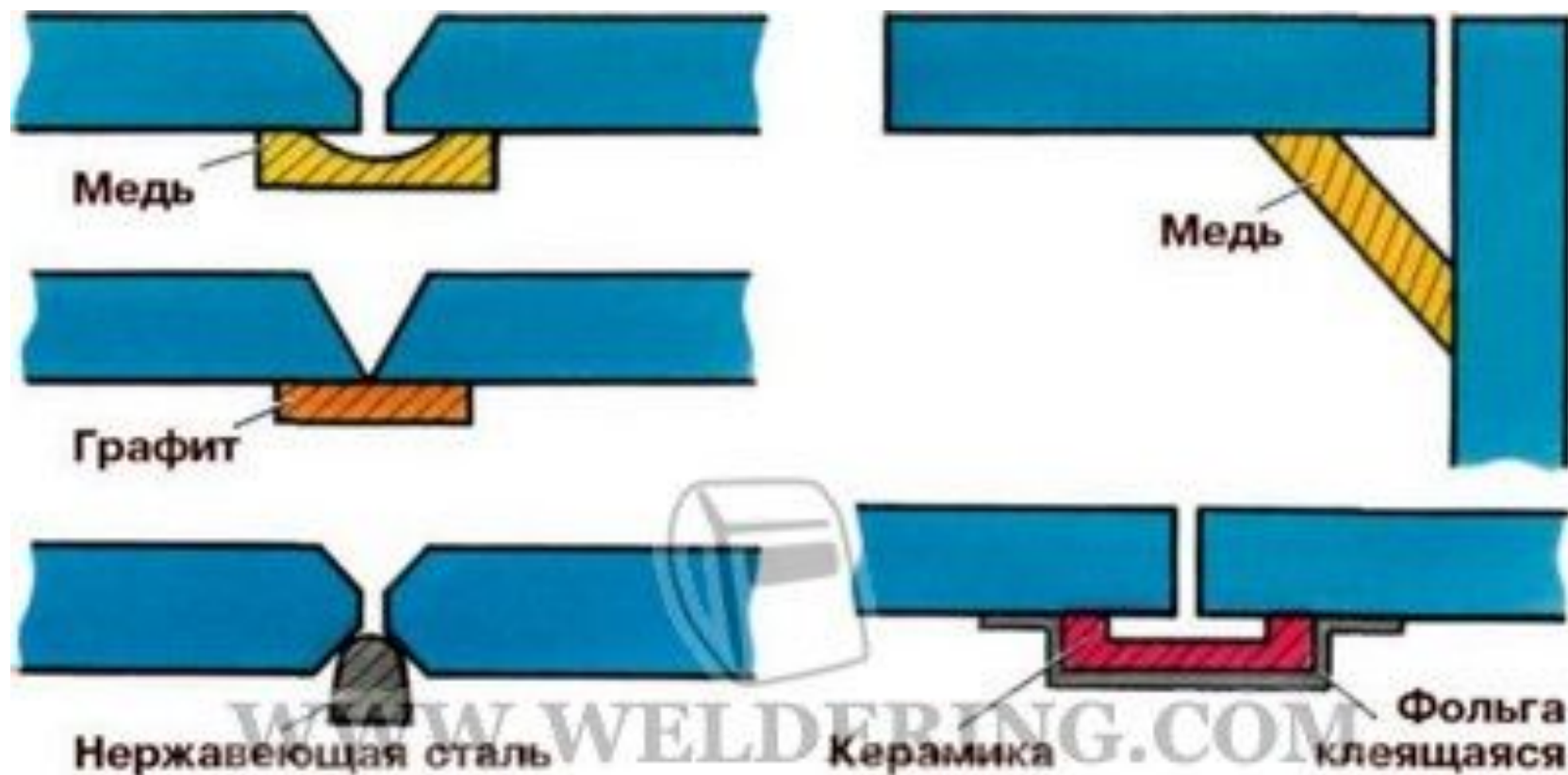
Св-А1	Св-1557	Св-А97	Св-А5с	Св-АМц			
Св-АМг3	Св-АМг5	Св-АМг6	Св-АМг7	Св-АК3			
Св-АК5	Св-АКЮ	Св-А85Т	Св-А000	Св-1201П4			
Толщина металла, мм			до 1,5	1,6-3	3,1-5	5,1-10	10-15
Рекомендуемый диаметр присадка, мм			1-2,5	2,5-3	3-4	4-6	6-8

Трудности при сварке

- Температура плавления окисной пленки значительно выше, чем алюминия, и она расплавляется позже.
- Высокая теплопроводность алюминия требует увеличения сварочного тока в 1,2-1,5 раза по сравнению, например, со сваркой стали
- Образуются значительные остаточные деформации, что требует специальных мер и приспособлений
- Окисная пленка не растворяется в жидком алюминии.
 - Это мешает формированию шва и служит причиной появления в нем металлических включений
- При нагреве алюминия и его сплавов нет явных признаков их перехода в жидкое состояние.
 - Это требует высокой квалификации сварщика



ПОДКЛАДКИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ВЫТЕКАНИЯ МЕТАЛЛА ИЗ СВАРОЧНОЙ ВАННЫ



Подготовка к сварке.

- Резка и подготовка кромок ведутся механическим способом.
- На ширину 100-150 мм их обезжиривают ацетоном, авиационным бензином, уайт-спиритом или другим растворителем.
- Окисленную пленку удаляют механически или химическим травлением. При механической обработке свариваемые кромки на ширину 25-30 мм зачищают наждачной бумагой, шабером и металлической щеткой из нержавеющей проволоки.
- Зачистку проводят непосредственно перед сваркой.
- Химическое травление проводят в течение 0,5-1 мин в реактиве, состоящем из 50 г едкого натра и 45 г фтористого натрия на 1 л воды.
- После травления следует промывка в проточной воде, а затем осветление в 30-35%-ном растворе азотной кислоты (для алюминия и сплавов типа АМц) или в 25%-ном растворе ортофосфорной кислоты (для сплавов типа АМг и В-95). После повторной промывки необходима сушка до полного испарения влаги.
- Алюминиевую сварочную проволоку перед сваркой также обрабатывают. Сначала ее обезжиривают, а затем подвергают травлению в 15%-ном растворе едкого натра в течение 5-10 мин при температуре 60-70°С. После этого промывают в холодной воде и сушат 10-30 мин при температуре 300°С.
- Подготовленные к сварке материалы сохраняют свои свойства в течение 3-4 дней. Затем на поверхности вновь образуется окисная пленка

Выбор параметров режима

- Метод сварки неплавящимся электродом применяют для изделий из алюминиевых сплавов толщиной до 12 мм.
- При сварке металла толщиной от 1 до 6 мм применяют вольфрамовые электроды диаметром от 1 до 5 мм.
- Сварочный ток (А) определяют по формуле:
$$I_{св}=(60÷65)dэ,$$
 - где $dэ$ - диаметр электрода, мм
- Питание дуги осуществляется от источника переменного тока с осциллятором, что помогает разрушить окисную пленку.
- Напряжение холостого хода источника должно быть повышенным.
- Надежность газовой защиты дуги и сварочной ванны зависит от диаметра и формы сопла горелки, расстояния сопла от поверхности свариваемого изделия.
- Длина выступающего из сопла W-электрода (выпуск) должна составлять при сварке стыковых соединений 1-1,5 мм, а тавровых и угловых 4-8 мм. Длину дуги поддерживают в пределах 1,5-3 мм. Скорость сварки выбирают от 8 до 12 м/ч.
- Соединения с отбортовкой кромок целесообразно применять при сварке металла толщиной 0,8-2 мм.

Рекомендуется выдерживать такие соотношения:

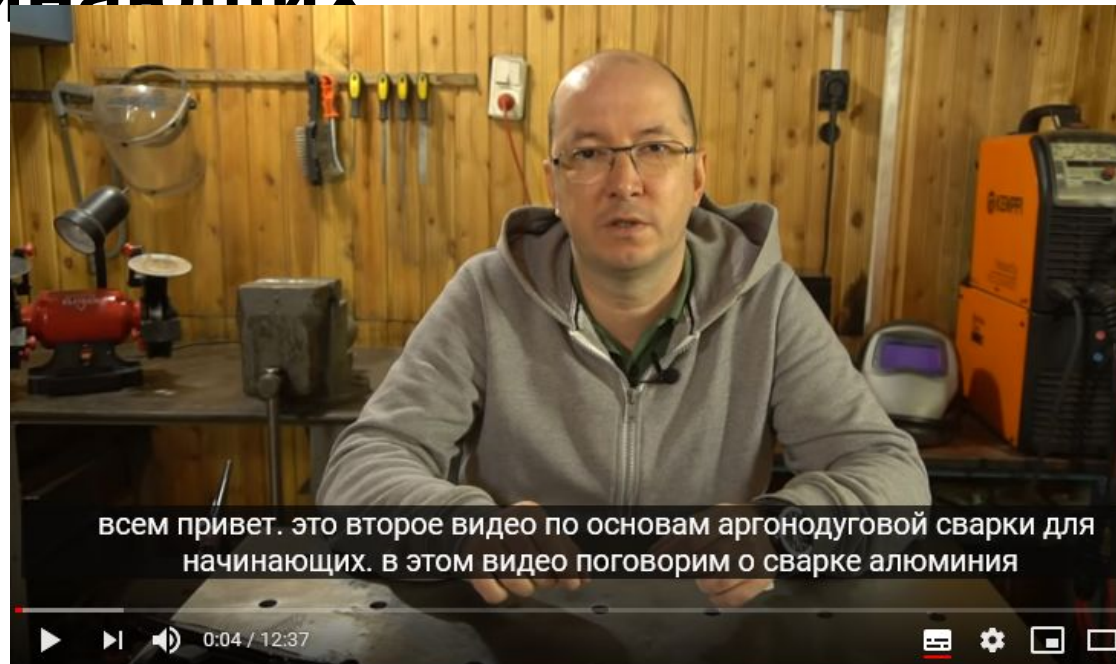
Диаметр электрода, мм	2-3	4	5	6
Диаметр сопла, мм	10-12	12-16	14-18	16-22

Техника сварки

- Ручной аргонодуговой сваркой W-электродом выполняют стыковые, угловые и тавровые соединения.
- Конструкции толщиной до 10 мм сваривают «углом вперед», а более 10 мм - «углом назад».
- Угол между присадочной проволокой и горелкой должен составлять 90°.
- Проволоку подают короткими возвратно-поступательными движениями.
- Поперечные колебания W-электрода недопустимы.
- Изделия толщиной до 4 мм включительно сваривают за один проход на стальной подкладке.
- При толщине от 4 до 6 мм сварку выполняют с двух сторон, а при толщине 6-12 мм подготавливают кромки с V-образной или X-образной разделкой.
- Подачу аргона начинают за 3-5 с до возбуждения дуги, а прекращают через 5-7 с после окончания сварки.
- Чтобы снизить вероятность окисления металла шва, размеры сварочной ванны нужно выдерживать минимальными.

<https://www.youtube.com/watch?v=Z51mUKRGkl>

- **TIG сварка алюминия. Основы аргодуговой сварки для начинающих**



TIG сварка алюминия. Основы аргодуговой сварки для начинающих.

Основные независимые регулирующие установки ТИГ сварки на переменном токе

- 1) **баланс** (процент времени отрицательной полярности электрода);
- 2) **частота, Гц** (число циклов в секунду);
- 3) величина сварочного тока при отрицательной полярности на электроде;
- 4) величина сварочного тока при положительной полярности на электроде

параметры при сварке на переменном токе

- **AC Frequency** - частота на переменном токе;
- **AC Balance** - баланс на переменном токе;
- **Pulse Frequency** - частота пульсации;

Регулировка частоты

- С повышением частоты увеличивается давление дуги на сварочную ванну, повышается стабильность горения дуги, и она значительно сужается.
- При сварке повышенной частотой угловых или стыковых швов с разделкой устраняется отклонение дуги, дуга горит по оси электрода. Это повышает концентрацию энергии и увеличивает глубину проплавления.
- Инверторные источники сварочного тока позволяют производить сварку в диапазоне частот от 20 до 400 Гц.
- Сварка на пониженной частоте применяется, когда для выполнения сварного соединения нужна мягкая, с меньшей энергией дуга, например в авиастроении, а также при сварке торцевых швов и когда требуется малая глубина проплавления

Регулировка частоты на переменном токе

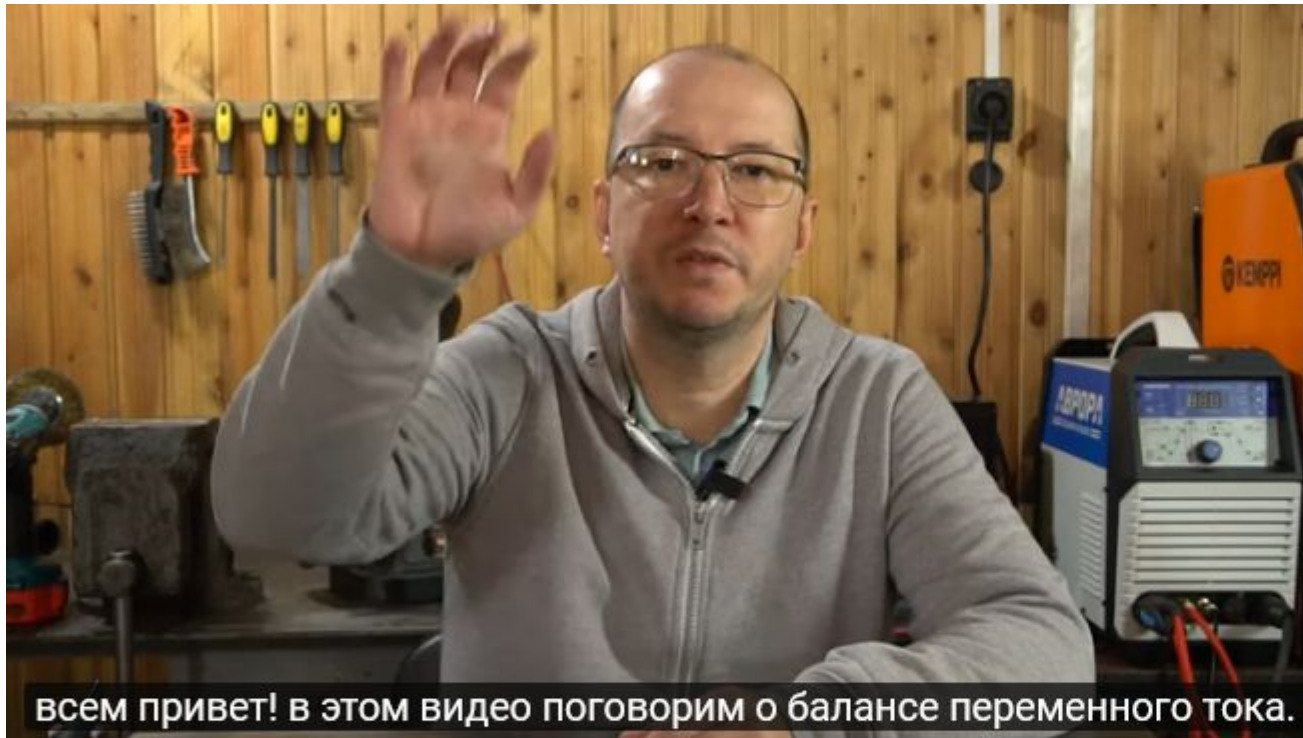
- Регулировка частоты(Hz) позволяет контролировать амплитуду дуги:
 - чем выше частота, тем уже дуга и лучше контроль.



<https://www.youtube.com/watch?v=wCwPc3TtCHU>

CwPc3TtCHU

- **Подробно про баланс переменного тока. (AC Balance) TIG сварка алюминия.**



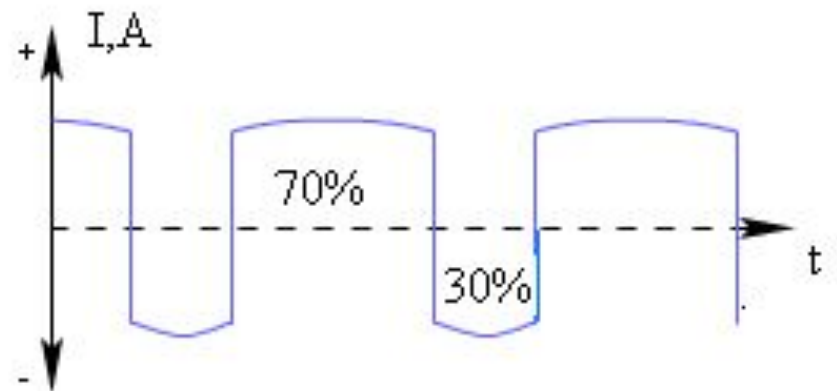
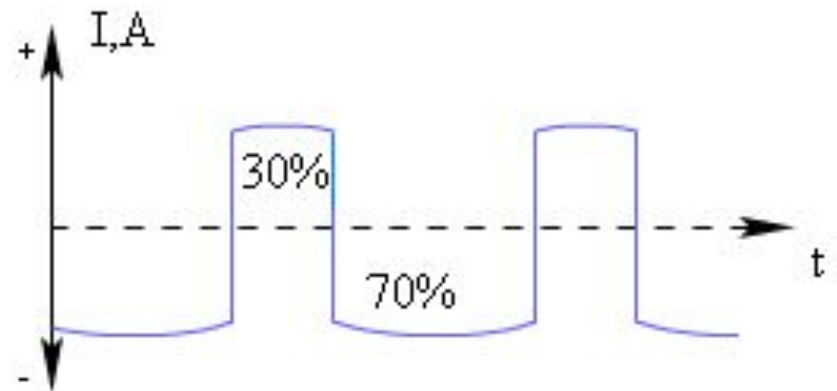
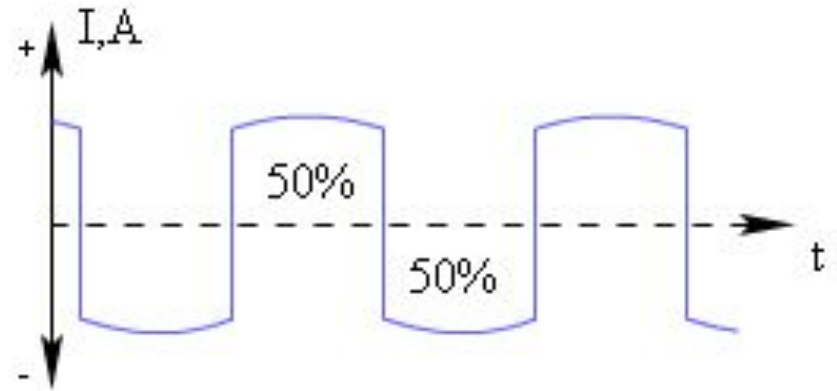
Установка баланса полуволны переменного тока

- Эта функция активна только на переменном токе.
- С увеличением баланса полуволны глубина провара увеличивается.
- С уменьшением баланса глубина провара уменьшается.
- Возможно регулировать от 35 до 85%.

Максимальное проплавление при сварке на переменном токе

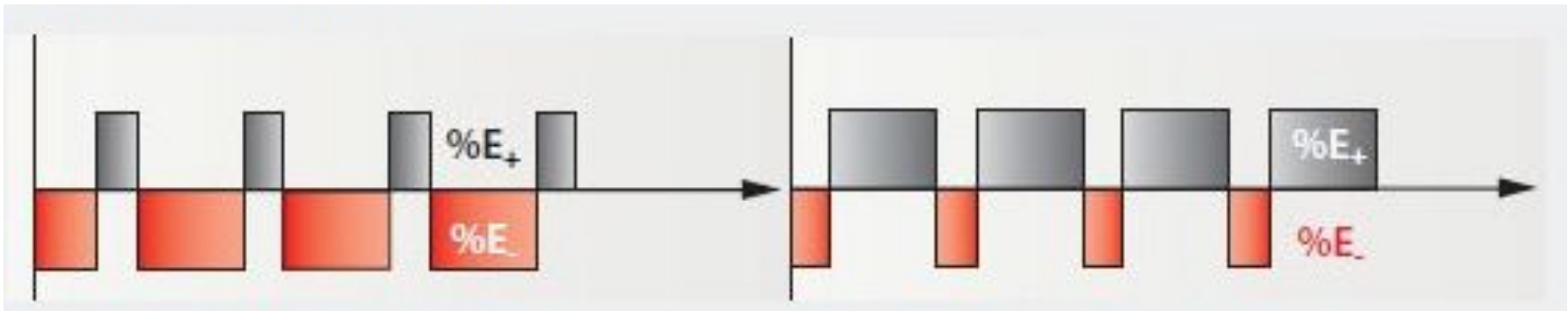
- достигается при максимальной продолжительности отрицательной полуволны (минус на электроде) и минимальной продолжительности положительной. При этом:
 - можно использовать больший сварочный ток с меньшим электродом;
 - увеличивается глубина проплавления при данной силе тока и скорости сварки;
 - применяется меньшее сопло сварочной горелки и уменьшается расход защитного газа;
 - околошовная зона получает меньше тепла, соответственно, меньше деформация

- 1. 50%-50% - симметричная форма волны - сбалансировано.
- 2. 30%-70% - глубокий провар - маленькое очищающее действие.
- 3. 70%-30% - меньшая глубина провара, лучшее очищающее действие, но горячий электрод.









Баланс переменного тока

- Более высокие значения баланса позволяют производить быструю сварку с большим проникновением, более концентрированной дугой, небольшой сварочной ванной и ограниченным нагревом электрода.
- Меньшие значения позволяют добиться большей чистоты детали.



Максимальные и минимальные значения параметров при сварке на переменном токе

	Min	Max
AC Frequency		
AC Balance		
Pulse Frequency		

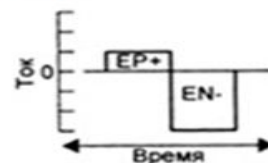
Максимальное очищающее действие дуги

- наступает, когда положительная полуволна больше отрицательной, т. е. продолжительность сварки на обратной полярности больше, чем на прямой.
 - Однако следует учитывать, что есть определенный предел увеличения продолжительности положительной полуволны, выше которого улучшение очистки уже не происходит.
 - Снижается скорость сварки, уменьшается глубина проплавления и требуется увеличение диаметра вольфрамового электрода, иначе происходит его перегрев и разрушение

Независимое регулирование переменного сварочного тока в положительной и отрицательной полуволне. Например, при сварке алюминия ток обратной полярности может устанавливаться на нижний уровень регулировки, при этом возрастает глубина проплавления и скорость сварки.

Примечание: при симметрии прямоугольных импульсов, отрицательная и положительная полуволна имеет одну и ту же продолжительность во времени и одинаковую величину тока.

График тока:



Проплавление:



Ток прямой полярности больше, чем обратной. Глубокое проплавление и большая скорость сварки

Внешний вид валика сварного шва:



Узкий валик без видимой очистки

График тока:

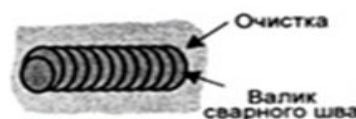


Проплавление:



Ток обратной полярности больше, чем прямой. Поверхностное проплавление

Внешний вид валика сварного шва:



Широким валик с очисткой

Регулирование частоты переменного тока. Например, для сварки алюминия большой толщины лучше подходит минимальная частота. Большее тепловложение, более широкий шов. С возрастанием частоты конус дуги становится более узким и увеличивается давление дуги на сварочную ванну, повышается стабильность дуги и уменьшается ее блуждание.

График тока:



Проплавление:



Низкая частота: широкий валик шва, хорошее проплавление — идеальный режим для сварки Внешний вид валика сварного шва:

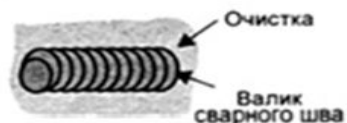


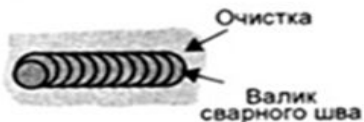
График тока:



Проплавление:



Высокая частота: более узкий валик шва, для сварки угловых швов и автоматизированной сварки Внешний вид валика сварного шва:



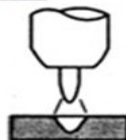
Загруженный валик с очисткой

Регулирование продолжительности отрицательной полуволны. Позволяет получить регулируемую ширину сварного шва и необходимую глубину проплавления.

График тока:



Проплавление:



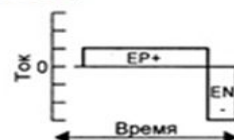
Большая часть времени сварка на обратной полярности. Глубокое проплавление и большая скорость сварки.

Внешний вид валика сварного шва:



Узкий валик без видимой очистки

График тока:

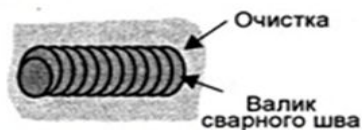


Проплавление:



Большая часть времени сварка на прямой полярности. Поверхностное проплавление.

Внешний вид валика сварного шва:



Широкий валик с очисткой

TIG сварка алюминия для чайников в 3-х частях



TIG сварка алюминия для чайников Ч 1 1 3

https://www.youtube.com/watch?v=rAQAaN_0-8U

Из видео вы узнаете:

- [00:20](#) Какой источник тока нужен для TIG сварки алюминия
- [00:40](#) Функциональные особенности инвертора для сварки AL (Баланс тока, Заварка кратера, Продувка газом)
- [01:07](#) Качество аргона и его влияние на результат работы
- [01:31](#) Выбор присадочного прутка
- [02:38](#) Выбор вольфрамового электрода (цветовой код электрода для сварки алюминия; диаметр, заточка электрода; форма шарика на конце электрода)
- [04:40](#) Газовая защита (преимущества газовой линзы при сварке алюминия; сопло для газовой линзы; вылет электрода.)

<https://www.youtube.com/watch?v=qz3vH9x19tY>

Из видео вы узнаете как настроить AuroraPRO IRONMAN 200 AC/DC для сварки алюминия.

- [00:29](#) Баланс переменного тока при сварке чистого алюминия и его сплавов
- [03:12](#) Сила сварочного тока для работы с тонким алюминием
- [03:32](#) Заварка кратера
- [04:04](#) Продувка газом после сварки

<https://www.youtube.com/watch?v=IKJ6CxW2Clg>

Из видео вы узнаете:

- [00:05](#) Особенности настройки сварочного тока для работы с алюминием
- [01:08](#) Подготовка алюминиевых деталей к сварке
- [03:22](#) Собственно сварка алюминия.

Аргонодуговая сварка алюминиевых и магниевых сплавов в среде защитных газов инструкция

- <http://weldworld.ru/instructions/svarka-dugovaya/5696-argonodugovaya-svarka-alyuminievyh-i-magnievyyh-splavov-v-srede-zashchitnyh-gazov.html>

- <https://www.youtube.com/user/SvarckaRU/videos>

Сварка цветных металлов

- [Технология сварки меди](#)
- [Технология сварки бронзы](#)
- [Технология сварки латуни](#)
- [Технология сварки титана и его сплавов](#)
- <https://weldering.com/yuhin-ruchnaya-dugovaya-svarka-neplavyashchimsya-elektrodom-zashchitnyh-gazah-tigwig>

Технология сварки меди

Температура плавления меди 1883°C

Марка	Свариваемость	Технологические особенности сварки
Медь катодная		Присадок БрКМц 3-1 МНЖКТ-5-1-0,2-0,2 БрОЦ 4-3, БрХ 0,7 При толщине более 8-10 мм необходим предварительный подогрев до 200-300°C
М00к, М0к, М1к	Хорошая	
Медь раскисленная		
М1р, М2р, М3р	Хорошая	
Медь рафинированная		

Бронзы оловянные литейные	
Бр03Ц12С5 Бр05Ц5С5, Бр08Ц4 Бр010Ф1, Бр010Ц2	Удовлетворительная
Бр03Ц7С5Н1 Бр04Ц7С5 Бр010С10	Плохая
Бронзы безоловянистые литейные	
БрА9Ж3Л	Хорошая
БрА9Мц2Л БрА10Ж3Мц2 БрАПЖ6Н6 БрА7Мц15Ж3Н2ц2	Удовлетворительная
Бронзы деформируемые	
Бр0ф7-0,2, БрХ1 БрКМц3-1, БрБ2	Хорошая
БрАМц9-2 БрАЖ9-4, БрСр1	Удовлетворительная
БрА5, БрА7	Плохая

Присадок той же марки, что и основной металл
 При толщине более 10-15 мм необходим
 предварительный подогрев до 500-600°С

БрА5, БрА7	Плохая	Присадок БрОЦ4-3 БрКМц 3-1, ЛК62-0,5 ЛК80-3, ЛМц 59-0,2 При толщине более 12 мм необходим предварительный подогрев до 300-350°С
Латуни деформируемые		
Л96, ЛА77-2, ЛК80-2	Хорошая	
ЛМцС58-2, ЛСЗ Л062-1	Удовлетворительная	
ЛС59, ЛС60-1	Плохая	

Трудности при сварке

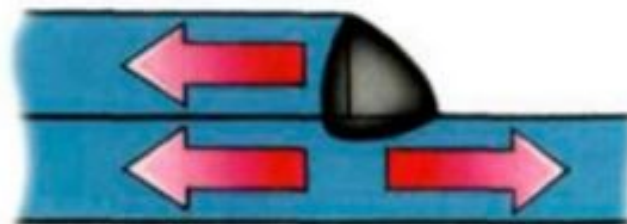
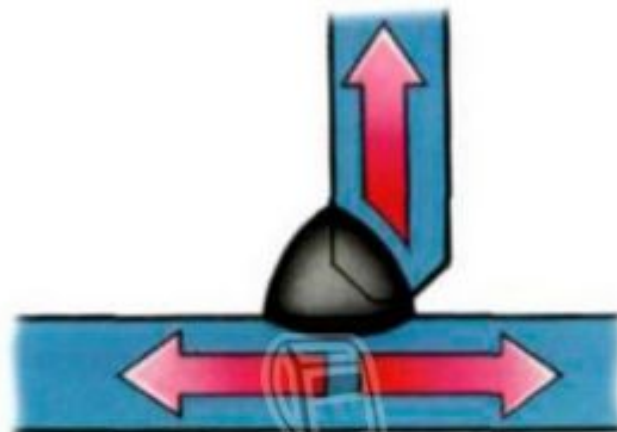
- **Высокая теплопроводность меди** (в 6 раз выше, чем у железа)
 - требует применять сварочную дугу с увеличенной тепловой мощностью и симметричным отводом тепла из зоны сварки.
 - Рекомендуемые типы сварных соединений - стыковые и схожие с ними по характеру теплоотвода.
- **Большая жидкотекучесть меди** (в 2-2,5 раза выше, чем у стали)
 - осложняет сварку вертикальных и потолочных швов. Она возможна лишь при минимальных размерах сварочной ванны и коротком времени пребывания металла в жидком состоянии.
 - При сварке стыковых соединений в нижнем положении с гарантированным проплавлением во избежание прожогов необходимо применять подкладки из графита, сухого асбеста, флюсовых подушек и т.н.

Рекомендуемые соединения



WWW.WELDING.COM

Нерекомендуемые соединения



WWW.WELDING.COM

 направление
теплоотвода

Трудности при сварке

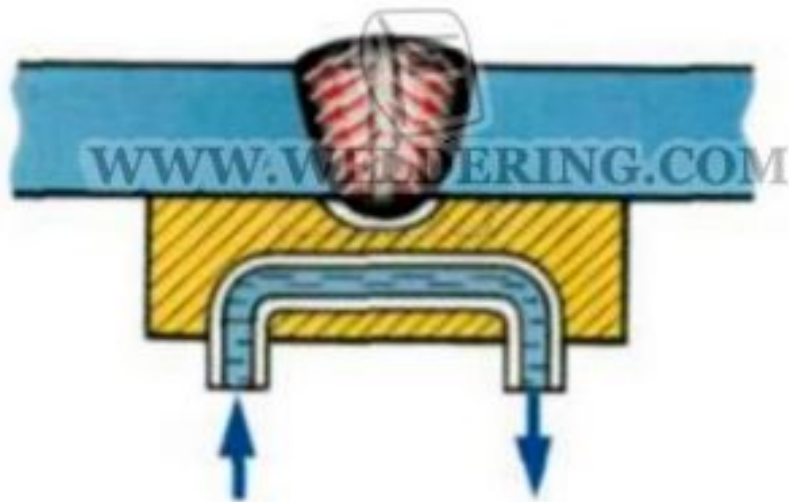
- **Активная способность** поглощать при расплавлении газы (кислород и водород), приводящая к пористости шва и горячим трещинам,
 - требует надежной защиты металла шва и сварочных материалов от загрязнений вредными примесями.
- **Из-за склонности меди к окислению с образованием тугоплавких окислов**
 - необходимо применять присадочный материал с раскислителями, главные из которых фосфор, кремний и марганец.
- **Большой коэффициент линейного расширения** меди (в 1,5 раза выше, чем у стали) влечет за собой значительные деформации и напряжения, образование горячих трещин.
 - Устранить их можно за счет предварительного подогрева конструкций: из меди до 250-300°C, из бронзы до 500-600°C

Подготовка к сварке

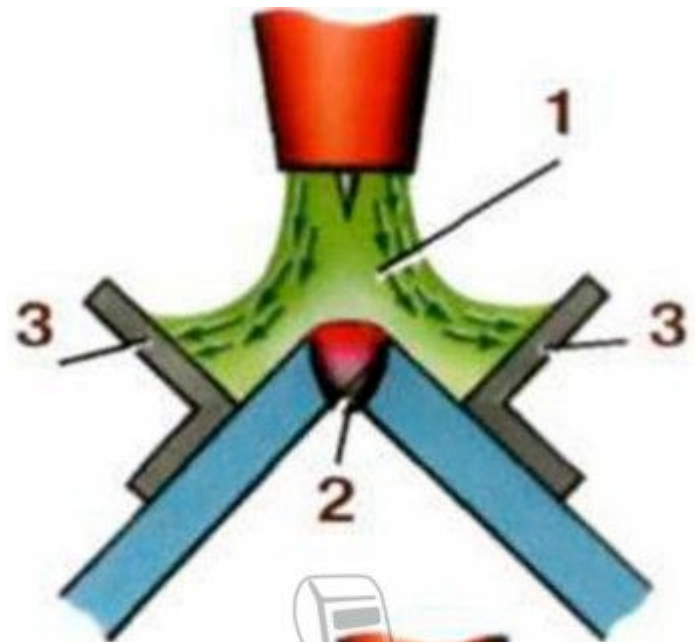
- Медь или ее сплавы разрезают на мерные заготовки шлифовальной машиной, труборезами, на токарных и фрезерных станках, а также плазменно-дуговой резкой.
- Кромки под сварку подготавливают механическими способами.
- Свариваемые детали и присадочную проволоку очищают от окислов и загрязнений до металлического блеска и обезжиривают.
- Кромки обрабатывают мелкой наждачной бумагой, металлическими щетками и т.д. Использовать абразивы с крупным зерном не рекомендуется.
- Возможно травление кромок и проволоки в растворе кислот:
 - 75 см³ на 1 л воды азотной;
 - 100 см³ на 1 л воды серной;
 - 1 см³ на 1 л воды соляной
- с последующей промывкой в воде и щелочи и сушкой горячим воздухом.
- Конструкции с толщиной стенки 10-15 мм предварительно подогревают газовым пламенем, рассредоточенной дугой и другими способами.
- Сборку стыков деталей под сварку ведут либо в приспособлениях, либо с помощью прихваток.
- Зазор между стыкуемыми заготовками соблюдают одинаковым на всем протяжении.
- Прихватки должны быть минимального сечения, чтобы в процессе сварки их можно было переплавить.
- Поверхность прихваток необходимо очистить и убедиться в отсутствии поверхностных горячих трещин.
- Если сварка ведется в нижнем положении, то для улучшения теплоотвода используют специальные приспособления из графита или меди



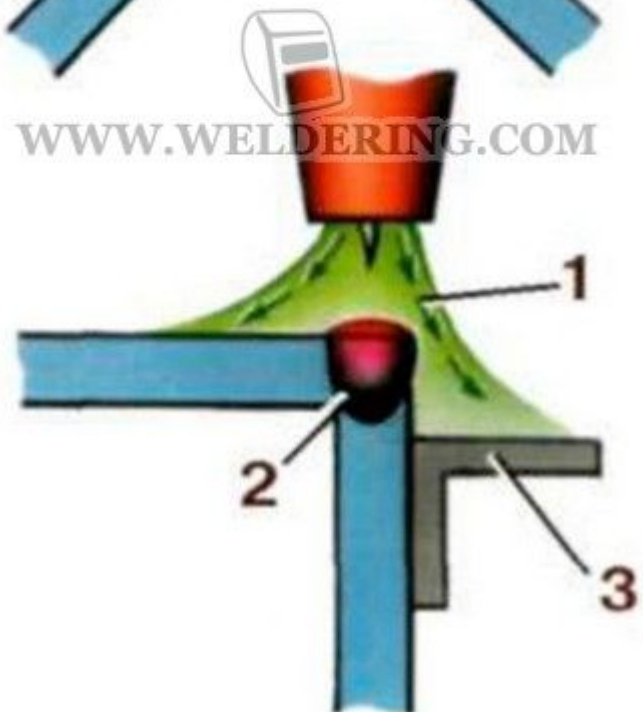
Графитовая подкладка



Медная водоохлаждающая подкладка



WWW.WELDING.COM



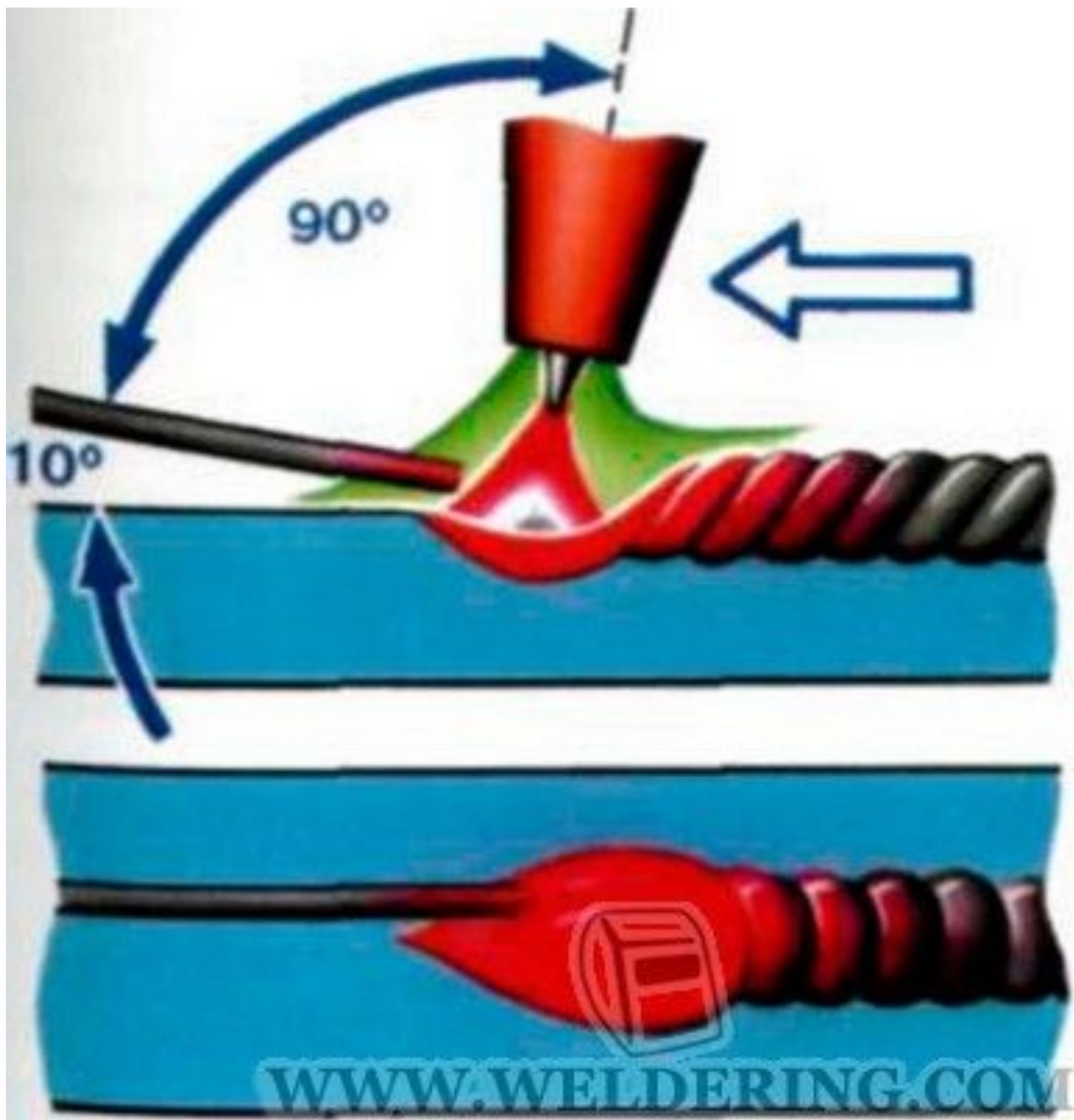
Выбор параметров режима

- Сварку ведут на постоянном токе прямой полярности.
 - Сварочный ток (А) ориентировочно определяют по формуле:
$$I_{св}=100 \times S,$$
 - где S - толщина металла, мм
- Защитными газами могут быть аргон, гелий, азот и их смеси.
- Длина дуги в аргоне и гелии должна быть не более 3 мм.
- В азоте ее увеличивают до 12 мм.
 - Поэтому возрастают напряжение на дуге и ее мощность (в 3-4 раза) по сравнению со сваркой в аргоне.
 - В гелии же мощность дуги по сравнению со сваркой в аргоне повышается вдвое.
- Расход защитного газа:
 - аргон - 8-10 л/мин
 - гелий - 10-20 л/мин
 - азот - 15-20 л/мин
- Скорость сварки выбирают из условий формирования шва с нужной геометрией.
- Конструкции толщиной 4-6 мм сваривают без предварительного подогрева в аргоне, а до 6-8 мм - в гелии и азоте.
- Для сварки металла большей толщины требуется предварительный подогрев от 200 до 300°C.

Техника сварки

Сварку в аргоне ведут

- «углом вперед» при выпуске электрода 5-7мм.
- В качестве присадочной проволоки используют:
 - раскисленную медь
 - медно-никелевый сплав МНЖКТ-5-1-0,2-0,2
 - бронзы БрКМц 3-1, Бр ОЦ 4-3
 - специальные сплавы с эффективными раскислителями.
- Для повышения стойкости металла шва против горячих трещин применяют сварочные проволоки:
 - БрАЖНМн 8,5-4-5-1,5
 - БрМц АЖН 12-8-3-3
 - М Мц 40
- Чтобы расплавленный металл не попал на конец W-электрода, присадочную проволоку вводят не в столб дуги, а подают к краю сварочной ванны и несколько сбоку



Аргонодуговая сварка меди инструкция

- <http://weldworld.ru/instructions/svarka-dugovaya/5698-argonodugovaya-svarka-medi.html>

Сварка в азоте

- который по отношению к меди является инертным газом, ведется **угольным или графитовым** стержнем.
 - Использовать W-электроды нецелесообразно, так как их расход в азоте слишком велик.
- Азотодуговую сварку угольным электродом ведут на постоянном токе прямой полярности при напряжении дуги 22-30 В.
- При токе 150-500 А диаметр электрода должен быть 6-8 мм. Расход азота - 3-10 л/мин

Бронзы

- сплавы меди с алюминием.
- Пример обозначения: бронза БрАЖМц 10-3-1,5
 - содержит 10% алюминия,
 - 3% железа и
 - 1,5% марганца.
 - В конце обозначения некоторых марок ставится буква «Л» (литейная).
- **Трудности при сварке.** Основная - повышенная жидкотекучесть бронз из-за присутствия в них окиси алюминия.
- Поэтому способы и технологии их сварки - те же, что для алюминия, а режимы - такие же, как для медных сплавов.

Режимы аргонодуговой сварки бронзы БрОЦС-4-4-2,5

Толщина металла, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Расход аргона, л/мин
1,5	120-130	20-22	28-30	6-8
2	150-160	18-20	24-26	8 - 10
2,5	180-200	16-18	20-22	10- 12

Латуни - сплавы меди с цинком

- Для улучшения свойств в них добавляют Al, Mn, Ni, Fe, Sn, Si и др.
- Такие латуни называют «специальными». Обозначают буквой «Л», справа от которой ставят буквенное обозначение специально вводимых элементов (кроме цинка), затем процент меди и процент специально вводимых элементов в той же последовательности, в какой указаны сами элементы.

В маркировке их обозначают русскими буквами:

- А - алюминий
- Ж - железо
- Мг-магний
- Б - бериллий
- Н - никель
- Х - хром
- О - олово
- Мц - марганец
- Ц - цинк
- С - свинец
- К – кремний

Примеры

- ЛТ96 (томпак) - медно-цинковая латунь (96% меди и 4% цинка)
- Л68 - медно-цинковая латунь (68% меди и 32% цинка)
- ЛАЖМц70-6-3-1 - специальная латунь

Трудности при сварке.

- В процессе сварки сильно испаряется цинк - при температуре 907°C , которая близка к температуре плавления латуни 910°C .
- При этом ухудшаются механические свойства сварного соединения.
- Чтобы снизить выгорание цинка, используют сварку на пониженной мощности дуги и **присадочную проволоку с кремнием**, который создает на поверхности сварочной ванны защитную окисную пленку SiO_2 , препятствующую испарению цинка.

Режимы аргонодуговой сварки латуни

Толщина металла, мм	Диаметр, мм		Сварочный ток, А	Расход аргона, л/мин
	электрода	присадка		
1,5	2,5-3	1,6	120-140	8-9
2,5	2,5-3	2	190-210	9-10
3	3,5-4	3	210-220	11-12

Технология сварки титана и его сплавов

Температура плавления титана 1668°C. Имеется около 20 сплавов

Марка	Свариваемость	Технологические особенности сварки
BT1-00, BT1-0, OT4-0, OT4-1	Хорошая	Зачистка кромок Режим с минимальной погонной энергией
OT4, BT5, BT5-1	Удовлетворительная	
BT6, BT3-1, BT9, BT14, BT16, BT20	Ограниченная	Мягкий режим с малыми скоростями охлаждения
BT22		Последующая термообработка
ПТ-7М, ПТ-3В, ПТ-1М	Хорошая	Режим с высокой скоростью охлаждения

Трудности при сварке

- Высокая химическая активность металла при высокой температуре, особенно в расплавленном состоянии.
 - Поэтому необходима надежная защита от воздуха не только сварочной ванны, но и остывающих участков шва и околошовной зоны, пока их температура не снизится до 250-300°C.
 - Требуется защита и обратной стороны шва даже в том случае, если металл не расплавлялся, а только нагревался выше этой температуры.
- Склонность титановых сплавов к росту зерна металла в нагретых до высоких температур участках.
 - Это затрудняет выбор режима сварки - такого, при котором нагрев околошовной зоны был бы минимальным.


Трудности при сварке

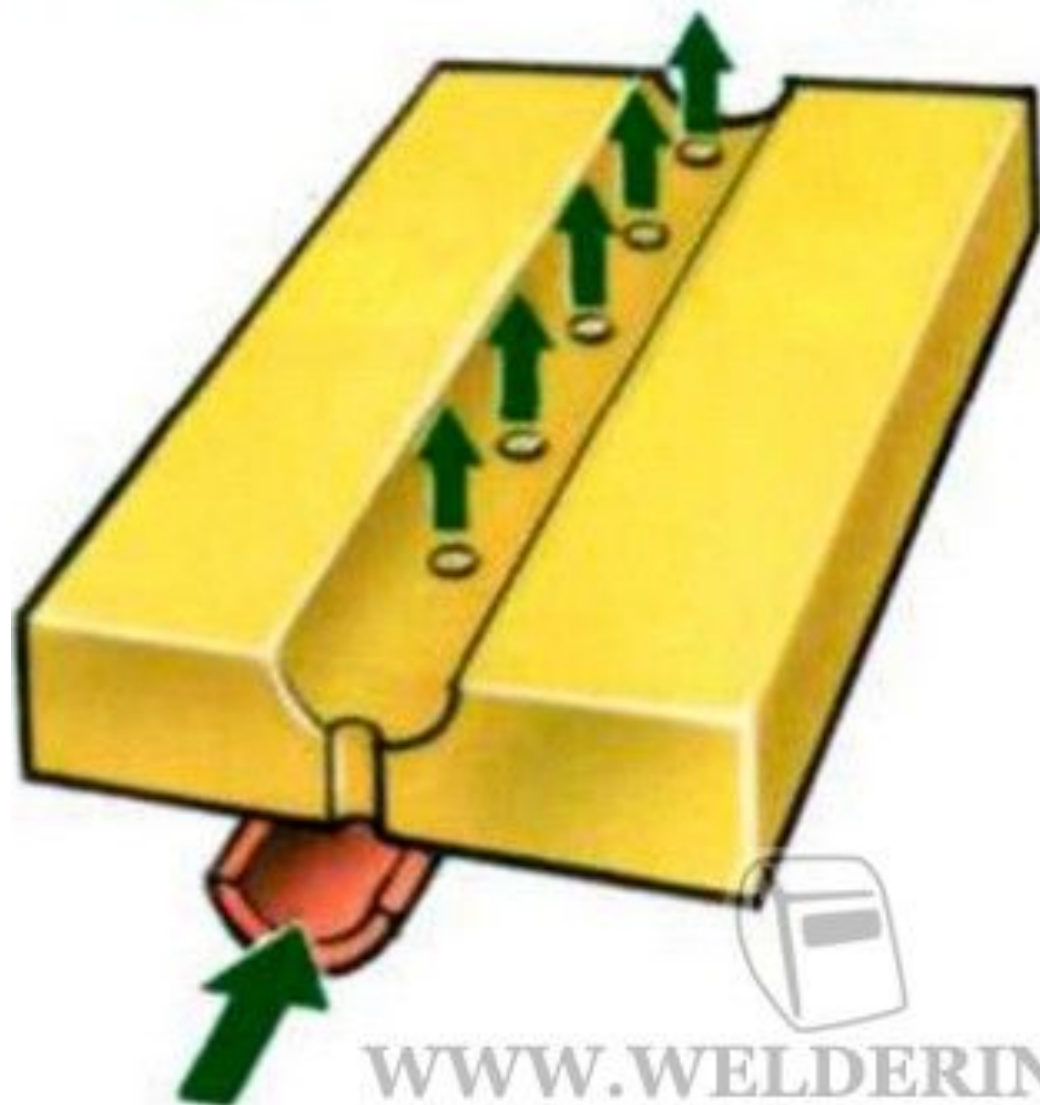
- Высокая температура плавления титана
 - требует применять концентрированные источники нагрева.
- Низкая теплопроводность титана приводит к снижению эффективности источника нагрева по сравнению со сваркой сталей.
- Поры и холодные трещины сварных соединений титана возникают из-за вредных газовых примесей и водорода.
 - Поэтому необходимо обеспечить чистоту основного металла и сварочных материалов, в том числе присадочной проволоки.
- Вблизи точки плавления поверхностное натяжение титана в 1,5 раза выше, чем алюминия, что позволяет формировать корень шва на весу.
- Однако расплавленный металл обладает низкой вязкостью, и при некачественной сборке деталей могут образоваться прожоги.

ГАЗОВАЯ ЗАЩИТА СВАРОЧНОЙ ВАННЫ

- струйная с использованием специальных приспособлений
- местная в герметичных камерах малого объема
- общая в камерах с контролируемой атмосферой (ВКС-1, ВУАС-1, УСБ-1)

- сварочные горелки с возможно большим газовым соплом, создающим обширную зону защиты.
- Поток аргона через сопло должен быть ламинарным,
 - что достигается газовыми линзами, установленными внутри сопла.
- Расход газа в зависимости от режима сварки колеблется от 8 до 20 л/мин.
- Если сопло горелки не гарантирует надежной защиты, то его дополняют специальной насадкой, коробом или другим приспособлением.
- Дополнительные защитные устройства изготавливают из нержавеющей стали. Внутри имеются рассекатели и газовые линзы.
- Насадка, прикрепляемая к газовой горелке для защиты кристаллизующейся сварочной ванны, должна иметь ширину 40-50 мм и длину от 60-120 мм в зависимости от режима сварки.
- Для сварки трубчатых конструкций, кольцевых поворотных и неповоротных стыков применяют местные или малогабаритные защитные камеры

 - поток защитного газа



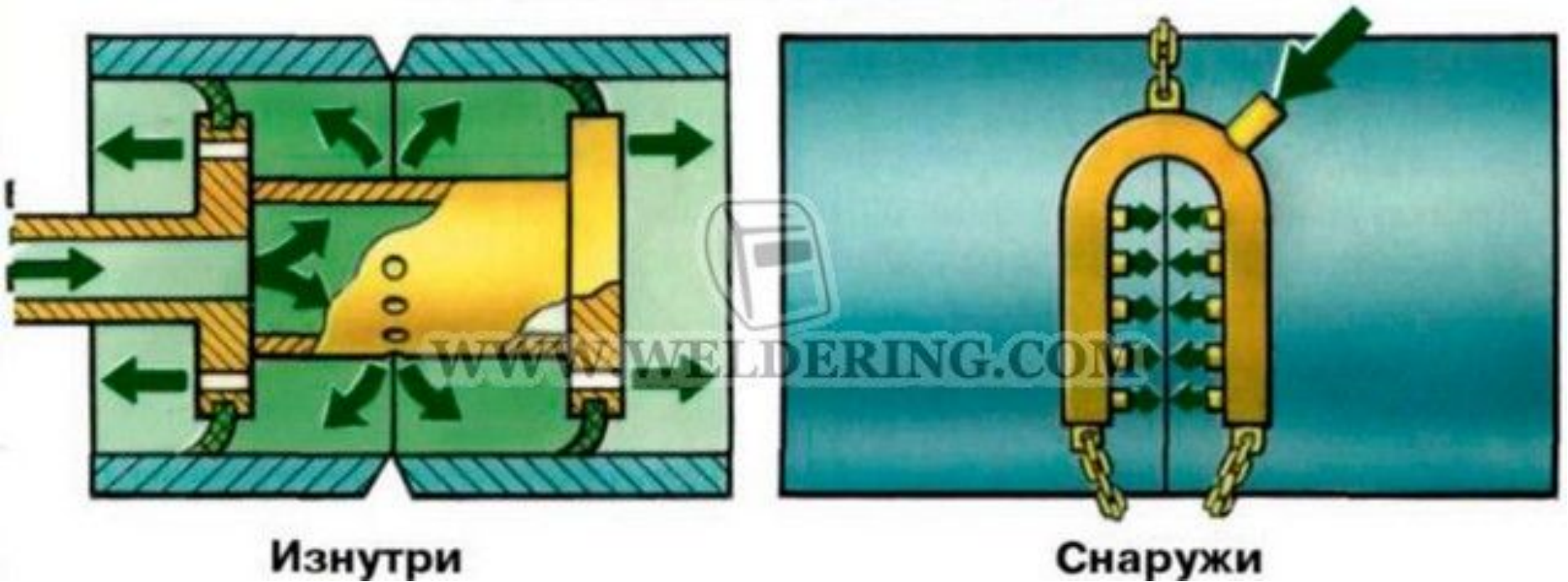
WWW.WELDING.COM

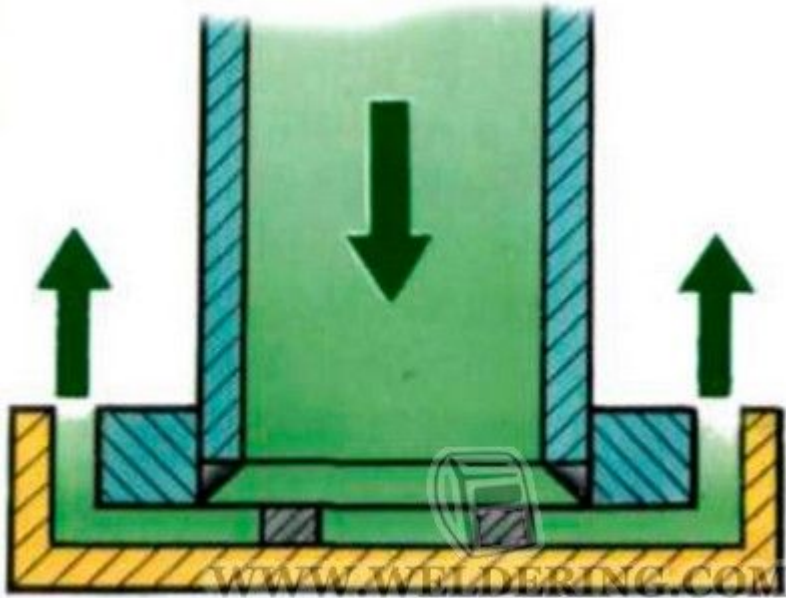
Защитные приспособления из нержавеющей стали для тавровых и угловых соединений

➔ - поток защитного газа



ЗАЩИТА ШВА ТРУБОПРОВОДА





Качество защиты

- Серебристая или соломенного цвета поверхность шва свидетельствует о хорошей защите.
- Желто-голубой цвет указывает на нарушение защиты, хотя в отдельных случаях такие швы считаются допустимыми.
- Темно-синий или синевато-серый цвет с пятнами серого налета характеризует низкое качество шва.

Подготовка к сварке

- Резку титана и подготовку кромок под сварку выполняют механическим способом.
- Для толстостенных изделий пригодны и газотермические способы, но с обязательной последующей механической обработкой кромок на глубину не менее 3-5 мм и на ширину 15-20 мм.
- После этого кромки зачищают металлическими щетками, шабером и т.п. и обезжиривают.
- Конструкции, которые перед сваркой испытывали нагрев - при вальцовке, ковке, штамповке и т.д. - должны быть подвергнуты дробеструйной или гидropескоструйной очистке и затем химической обработке: рыхлению оксидной пленки, травлению и осветлению

Режим химической обработки титана и его сплавов

Раствор		Длительность обработки, мин
Назначение	Состав	
Рыхление оксидной пленки	Нитрит натрия 150-200 г/л Углекислый натрий 500-700 г/л	120
Травление	Плавиковая кислота 220-300 мл/л Азотная кислота 480-550 мл/л	60-1200
Осветление	Азотная кислота 600-750 мл/л Плавиковая кислота 85-100 мл/л	3-10

- После этого свариваемые кромки промывают бензином на ширину 20 мм и протирают этиловым спиртом или ацетоном.
- Сварочную проволоку предварительно подвергают вакуумному отжигу и обезжиривают ацетоном или спиртом.
- Окисленную часть удаляют кусачками.
- Поверхности, подготовленные к сварке, нельзя трогать незащищенными руками

Выбор параметров режима


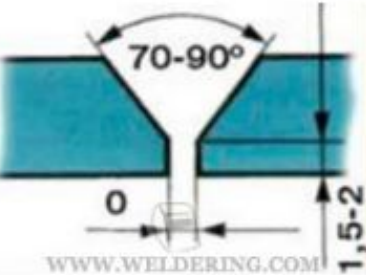
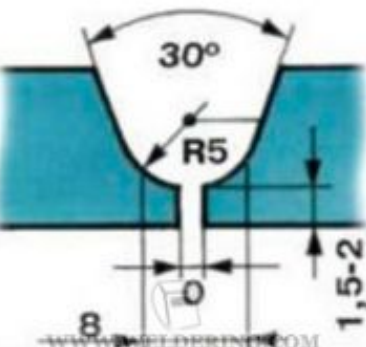
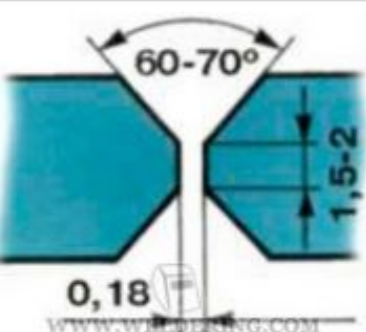
- Сварку титана и его сплавов рекомендуется вести в отдельном помещении.
 - Температура воздуха в нем должна быть не ниже + 15° С, а скорость его движения - не более 0,5 м/с.
- Сварку выполняют на постоянном токе прямой полярности непрерывно горящей или импульсной дугой.
- Используют аргон высшего сорта и гелий высокой чистоты.
- Сварочный ток выбирают в зависимости от толщины свариваемого изделия и диаметра W-электрода

Техника сварки

- Основное пространственное положение шва - нижнее.
- Ручную сварку ведут без колебательных движений горелкой, короткой дугой, "углом вперед"
- Проволоку подают непрерывно, угол между ней и горелкой поддерживают около 90°.
- Как правило, в качестве присадка используют проволоку того же химического состава, что и основной металл (ВТ1-00св, ВТ20-1св и т.д.).
- Для большинства сплавов годится проволока марок СПТ-2 и СП-15.

- При толщине металла до 2,5 мм его сваривают за один проход без разделки кромок.
- При больших толщинах выполняют многослойные швы с разделкой кромок и обязательным использованием присадка.
- По окончании сварки или при случайном обрыве дуги аргон подают до тех пор, пока металл не остынет до 250-300°C.
- Конструкции из титана и его сплавов толщиной 0,5-2,0 мм сваривают ручной импульсно-дуговой сваркой.
- Эффективность ее очевидна при различных пространственных положениях шва и для тех сплавов, где требуется минимальный нагрев околошовной зоны.
- От размера свариваемых деталей зависит вариант защиты инертным газом.

ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ РЕЖИМЫ СВАРКИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Вид разделки кромок	Толщина металла, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Диаметр присадка, мм	Число проходов
	1 2	40-60 70-90	10-14	1,2-1,5 1,5-2	1
	3 4 5 10	120-130 130-140 140-160 160-200	10-15 11-15 11-15 11-15	1,5-2 1,5-2 2-2,5 2-2,5	2 2 2-3 8-12
	12 16 20	180-210 200-230 230-280	12-16 13-16 13-16	2,5-3	12-16 16-20 24-26
	Более 20	230-280	13-16	2,5-3	Более 24

Инструкция на ручную аргонодуговую
сварку неплавящимся электродом
узлов и изделий из титана марок
BT1-1, BT1-0.

<http://weldworld.ru/instructions/svarka-dugovaya/5700-argonodugovaya-svarka-izdeliy-iz-titan-a-marok-vt1-1-i-vt1-0.html>

Дорогие ребята!

- Это была последняя лекция в этом году.
- Очень надеюсь, что следующий учебный год начнется традиционно и мы все снова соберемся в нашем учебном кабинете!
- К материалам по ТИГ сварке обещаю вернуться, когда будем изучать полуавтомат.
- При условии выполнения заданий:
(https://docs.google.com/spreadsheets/d/1ZaEeuEYME6lFjriDlCRD0K2UB_SVpncjp4EuZpFxGo/edit?usp=sharing лист2) и с учетом оценок в журнале вы будете аттестованы за год

Всем здоровья!!!