

# 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](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+CO<sub>2</sub> 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  $500^{\circ}\text{C}$ , 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-vysokolegированных-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  $660^{\circ}\text{C}$ , окисной пленки  $2060^{\circ}\text{C}$

## 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
<b>Технически чистый алюминий</b>		
АД00, АД0, АД1 , АД	Хорошая	Присадок Св-А1, СвА000, Св-85Т
<b>Деформируемые, термически не упрочняемые сплавы</b>		
АМц, АМцС, Д12	Хорошая	Присадок Св-АМц
АМг1, АМг2, АМг3		Присадок Св-АМг3
АМг4, АМг5		Присадок Св-АМг5
АМг6		Присадок Св-АМг6, Св-АМг7
<b>Деформируемые, термически упрочняемые сплавы</b>		
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	
<b>Литейные сплавы</b>		
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**

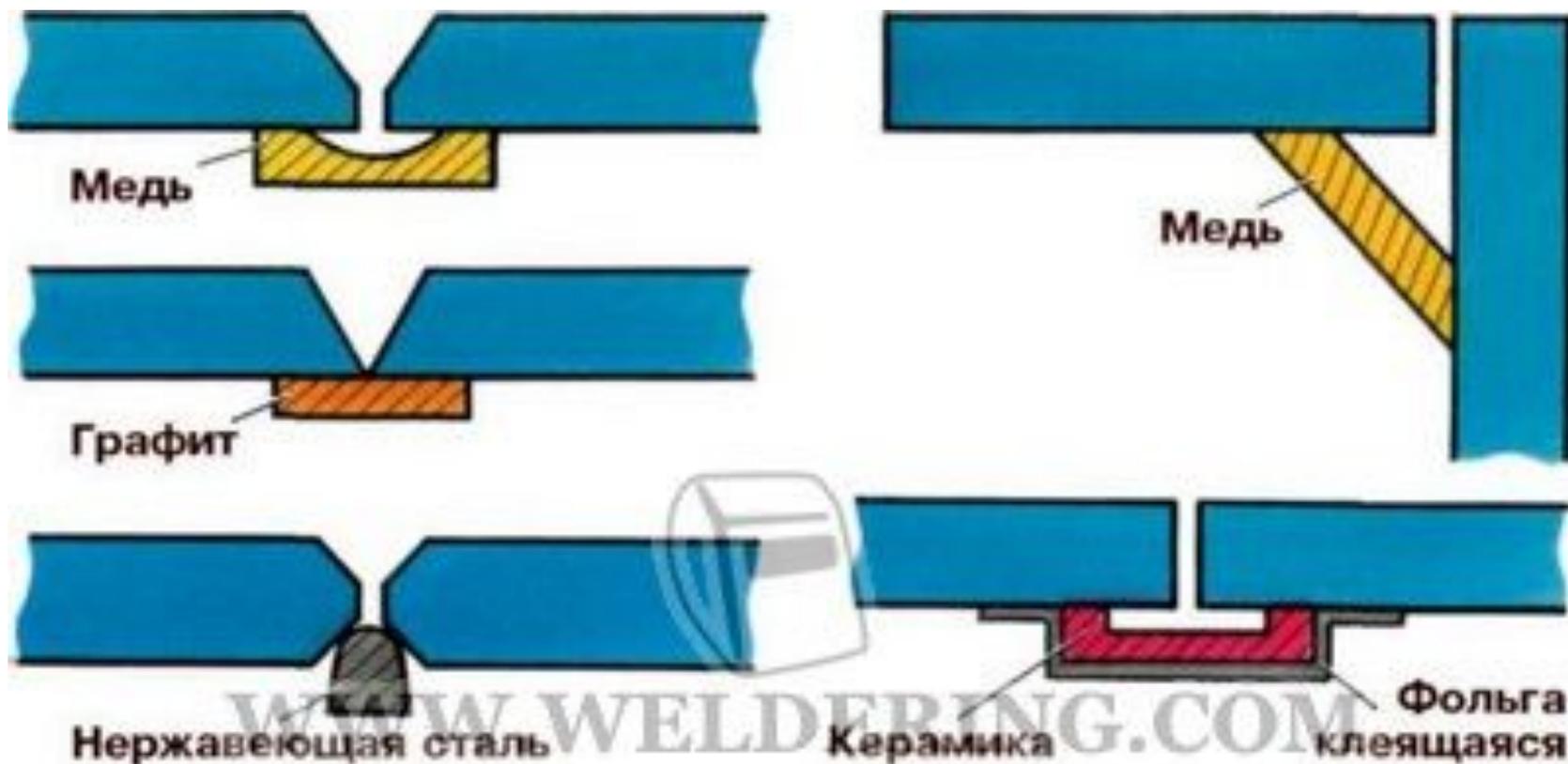
Св-А1	Св-1557	Св-А97	Св-А5с	Св-АМц			
Св-АМг3	Св-АМг5	Св-АМг6	Св-АМг7	Св-АК3			
Св-АК5	Св-АКЮ	Св-А85Т	Св-А000	Св-1201П4			
<b>Толщина металла, мм</b>			до 1,5	1,6-3	3,1-5	5,1-10	10-15
<b>Рекомендуемый диаметр присадка, мм</b>			1-2,5	2,5-3	3-4	4-6	6-8

# 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:**

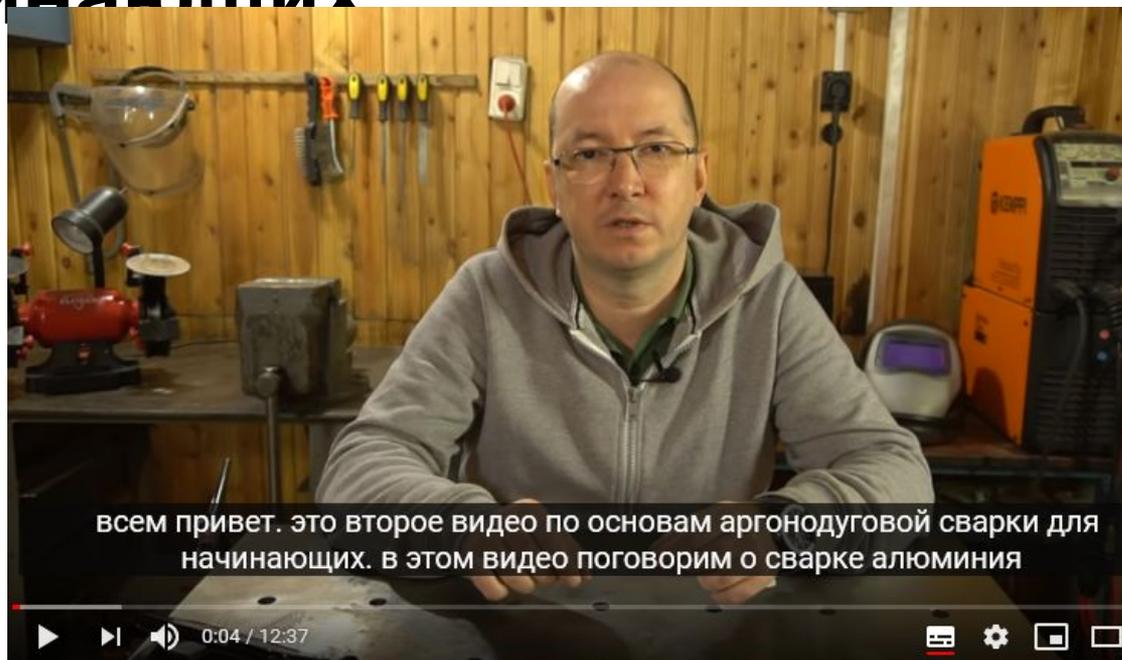
<b>Диаметр электрода, мм</b>	2-3	4	5	6
<b>Диаметр сопла, мм</b>	10-12	12-16	14-18	16-22

# 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

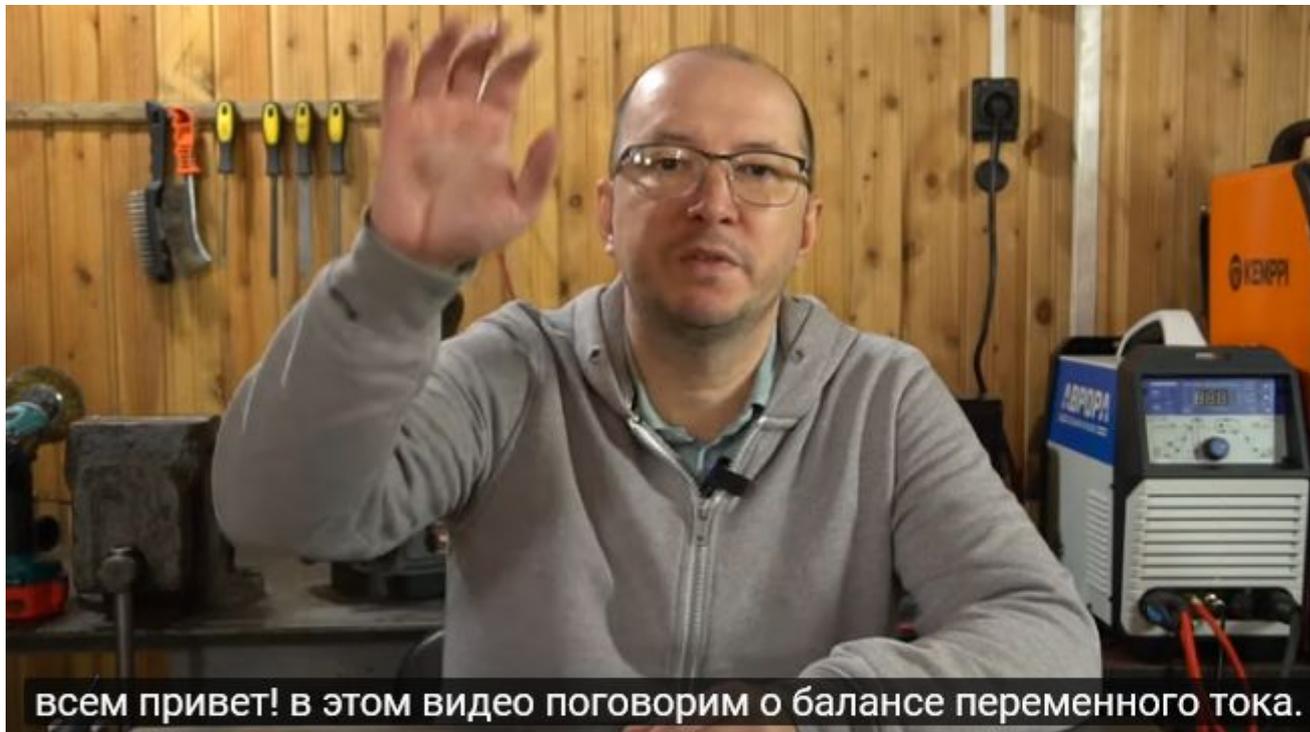
- Регулировка частоты(Hz) позволяет контролировать амплитуду дуги:
  - чем выше частота, тем уже дуга и лучше контроль.



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

## CwPc3TtCHU

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



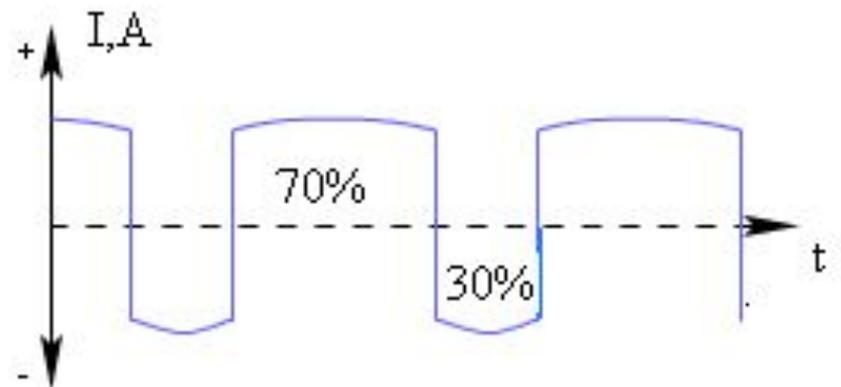
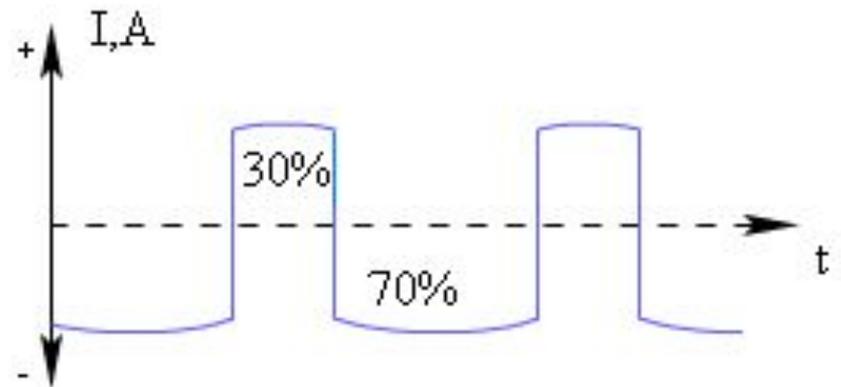
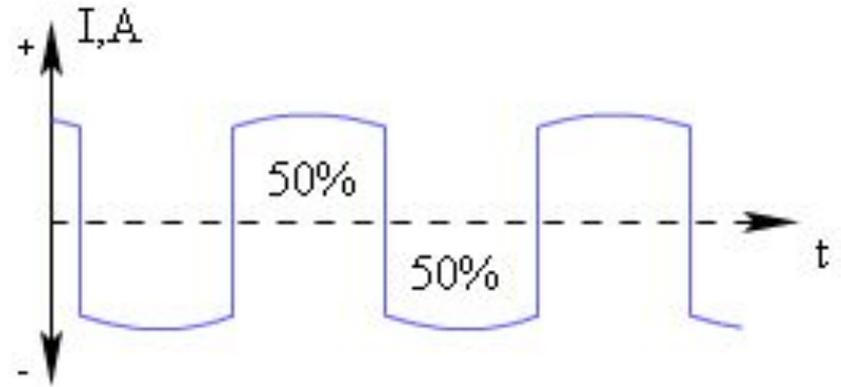
# Установка баланса полуволны переменного тока

- 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

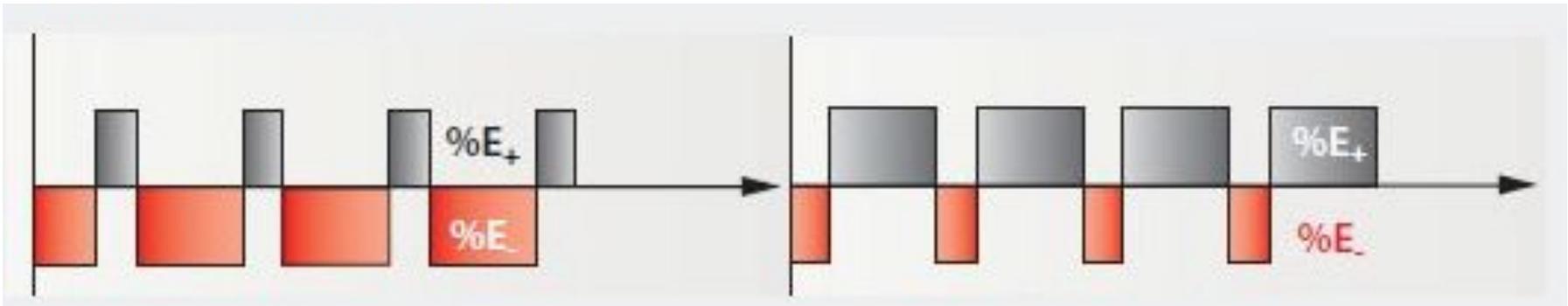
- достигается при максимальной продолжительности отрицательной полуволны (минус на электроде) и минимальной продолжительности положительной. При этом:
  - можно использовать больший сварочный ток с меньшим электродом;
  - увеличивается глубина проплавления при данной силе тока и скорости сварки;
  - 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		

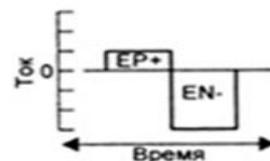
# Максимальное очищающее действие дуги

- 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:

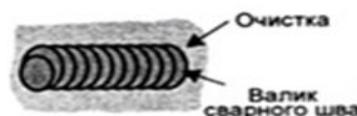


Проплавление:



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. Больше 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:

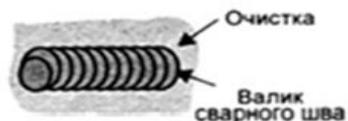
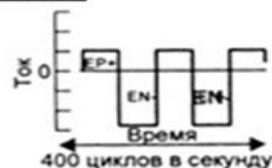


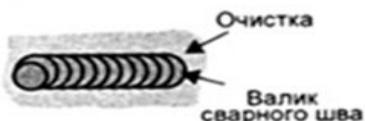
График тока:



Проплавление:



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



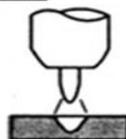
Загруженный валик с очисткой

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

График тока:

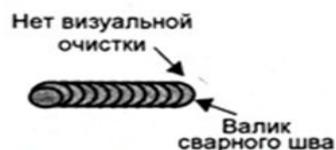


Проплавление:



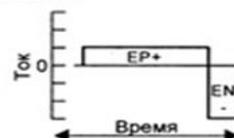
Большая часть времени сварка на обратной полярности. Глубокое проплавление и большая скорость сварки.

Внешний вид валика сварного шва:



Узкий валик без видимой очистки

График тока:

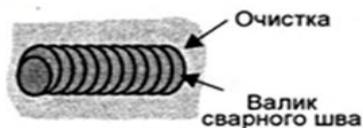


Проплавление:



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=rAQAAaN\\_0-8U](https://www.youtube.com/watch?v=rAQAAaN_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
<b>Медь катодная</b>		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	
<b>Медь раскисленная</b>		
М1р, М2р, М3р	Хорошая	
<b>Медь рафинированная</b>		

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

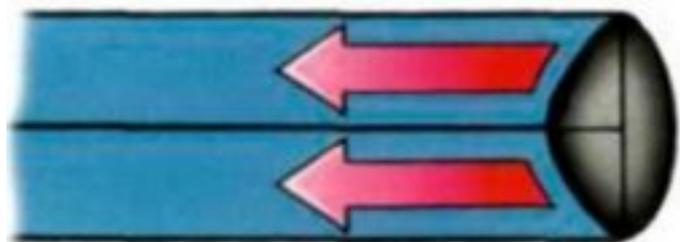
Присадок той же марки, что и основной металл  
 При толщине более 10-15 мм необходим предварительный подогрев до 500-600°С

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
<b>Латуни деформируемые</b>		
Л96, ЛА77-2, ЛК80-2	Хорошая	
ЛМцС58-2, ЛСЗ Л062-1	Удовлетворительная	
ЛС59, ЛС60-1	Плохая	

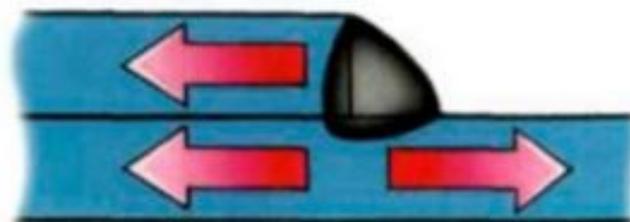
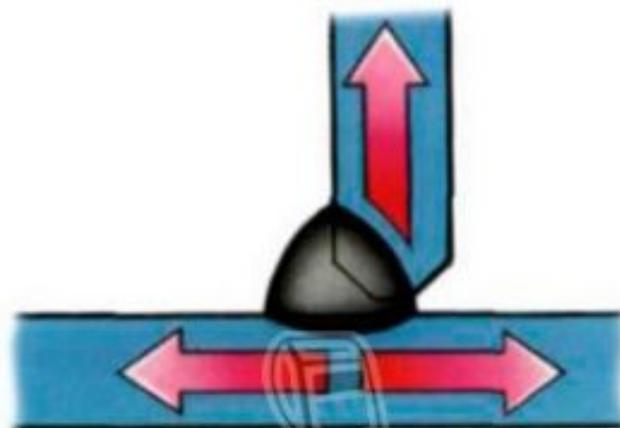
# Трудности при сварке

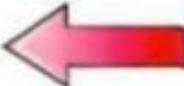
- **Высокая теплопроводность меди** (в 6 раз выше, чем у железа)
  - требует применять сварочную дугу с увеличенной тепловой мощностью и симметричным отводом тепла из зоны сварки.
  - Рекомендуемые типы сварных соединений - стыковые и схожие с ними по характеру теплоотвода.
- **Большая жидкотекучесть 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



## Нерекомендуемые соединения



 направление теплоотвода

WWW.WELDING.COM

WWW.WELDING.COM

# Трудности при сварке

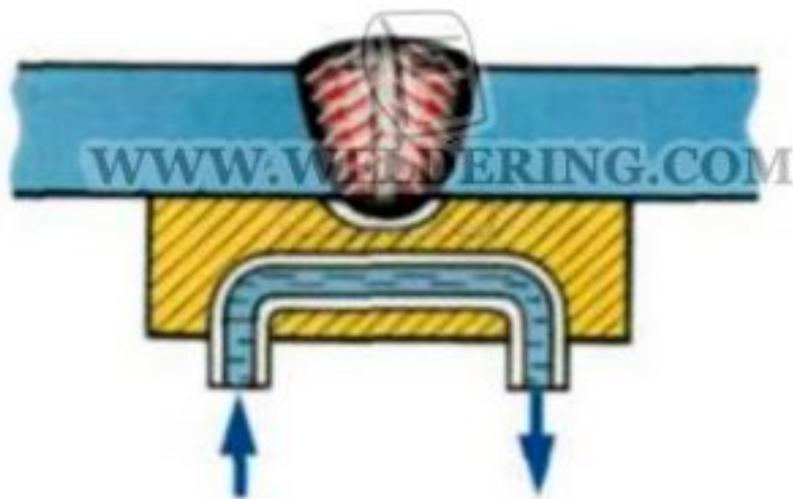
- **Активная способность** поглощать при расплавлении газы (кислород и водород), приводящая к пористости шва и горячим трещинам,
  - требует надежной защиты металла шва и сварочных материалов от загрязнений вредными примесями.
- **Из-за склонности меди к окислению с образованием тугоплавких окислов**
  - 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

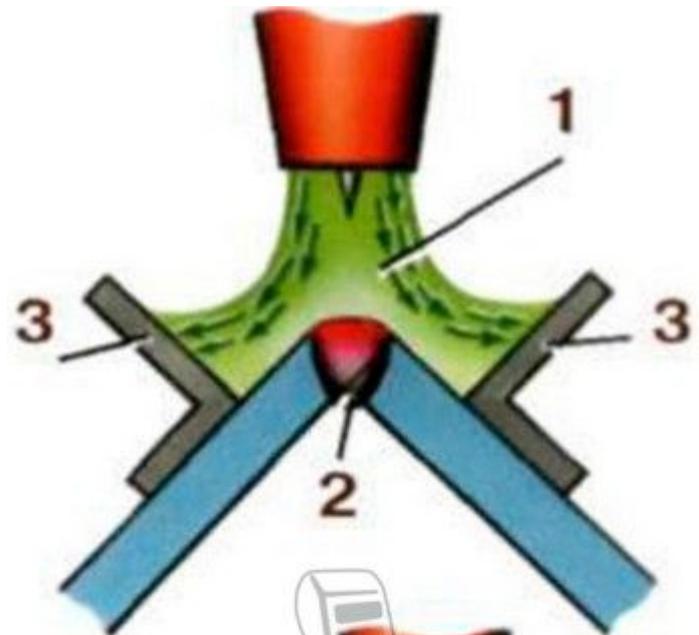
- Медь или ее сплавы разрезают на мерные заготовки шлифовальной машиной, труборезами, на токарных и фрезерных станках, а также плазменно-дуговой резкой.
- Кромки под сварку подготавливают механическими способами.
- Свариваемые детали и присадочную проволоку очищают от окислов и загрязнений до металлического 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 см<sup>3</sup> на 1 л воды азотной;
  - 100 см<sup>3</sup> на 1 л воды серной;
  - 1 см<sup>3</sup> 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



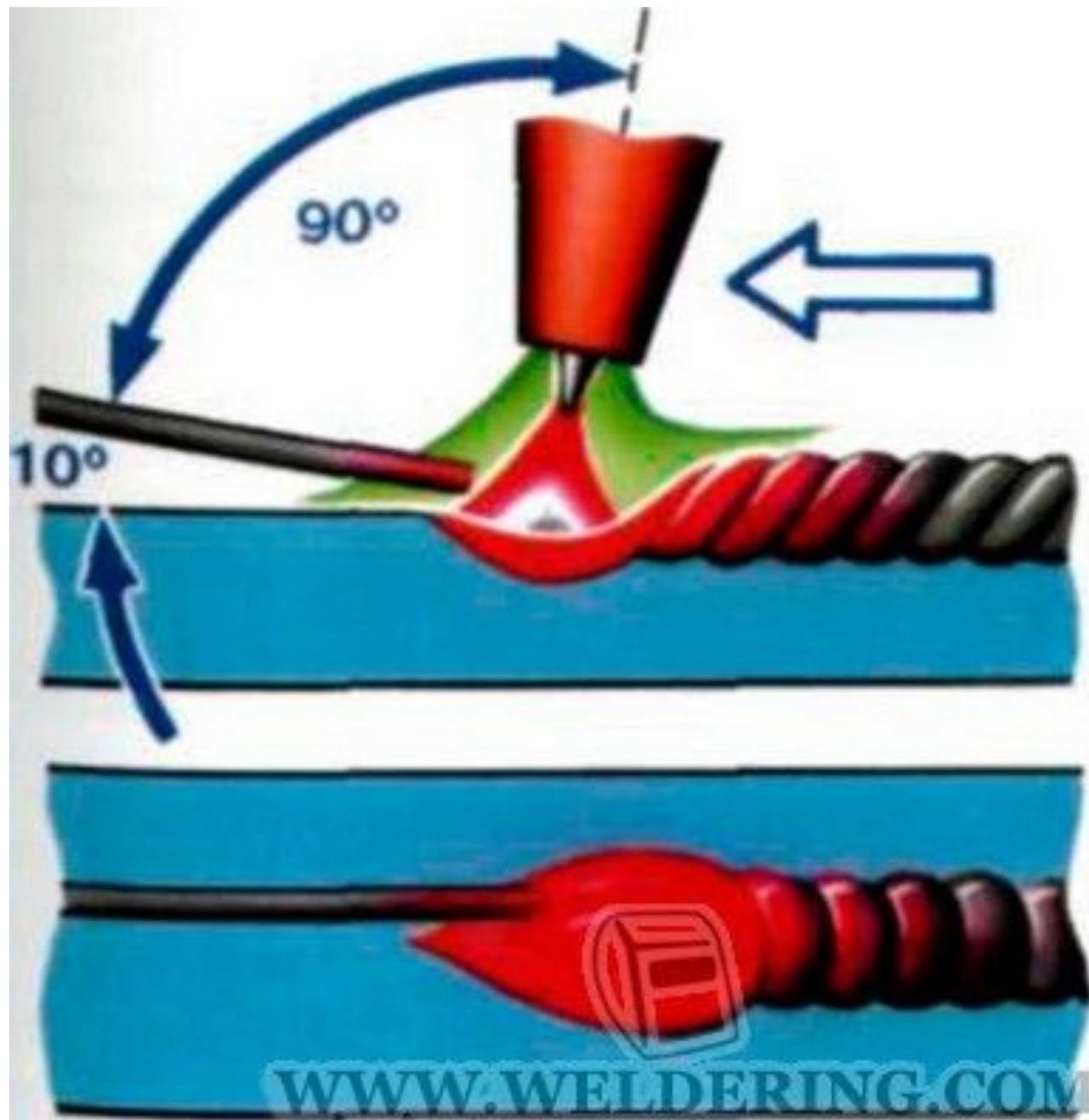
# Выбор параметров режима

- 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  $907^{\circ}\text{C}$ , которая близка к температуре плавления латуни  $910^{\circ}\text{C}$ .
- 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  $\text{SiO}_2$ , 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

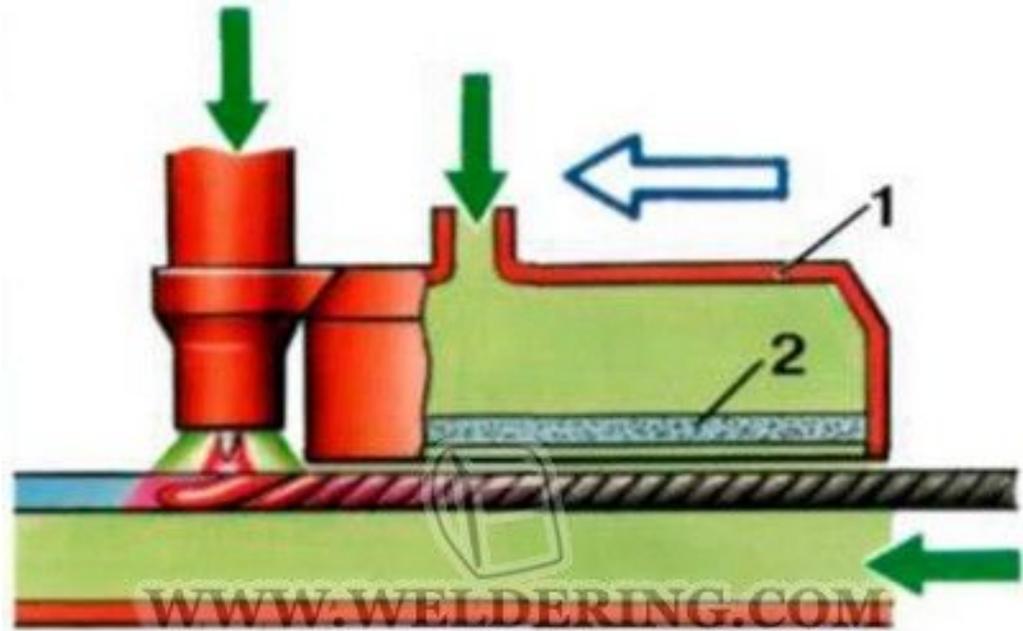
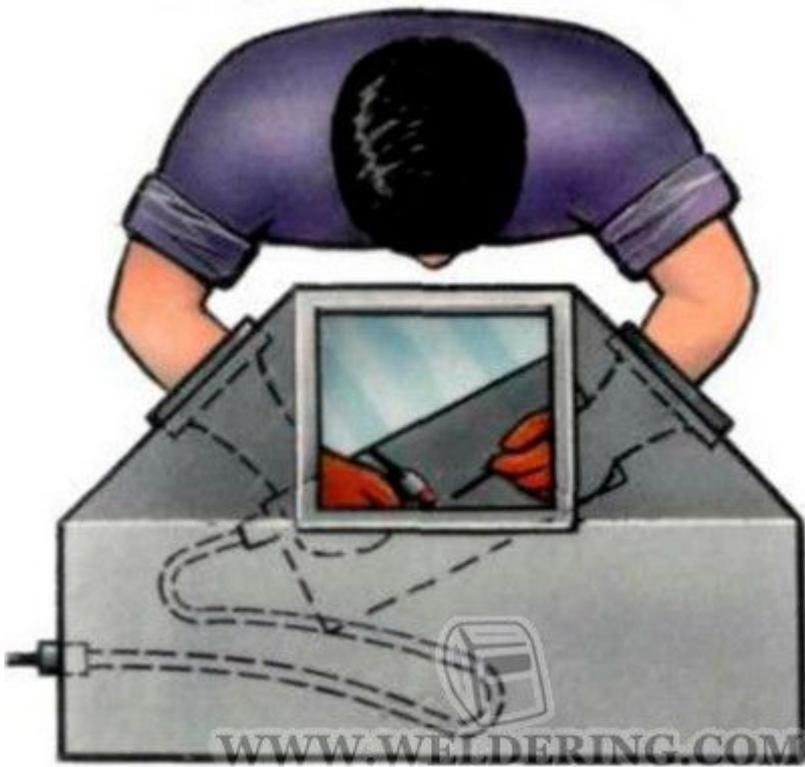
- Высокая химическая активность металла при высокой температуре, особенно в расплавленном состоянии.
  - Поэтому необходима надежная защита от воздуха не только сварочной ванны, но и остывающих участков шва и околошовной зоны, пока их температура не снизится до 250-300°C.
  - Требуется защита и обратной 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



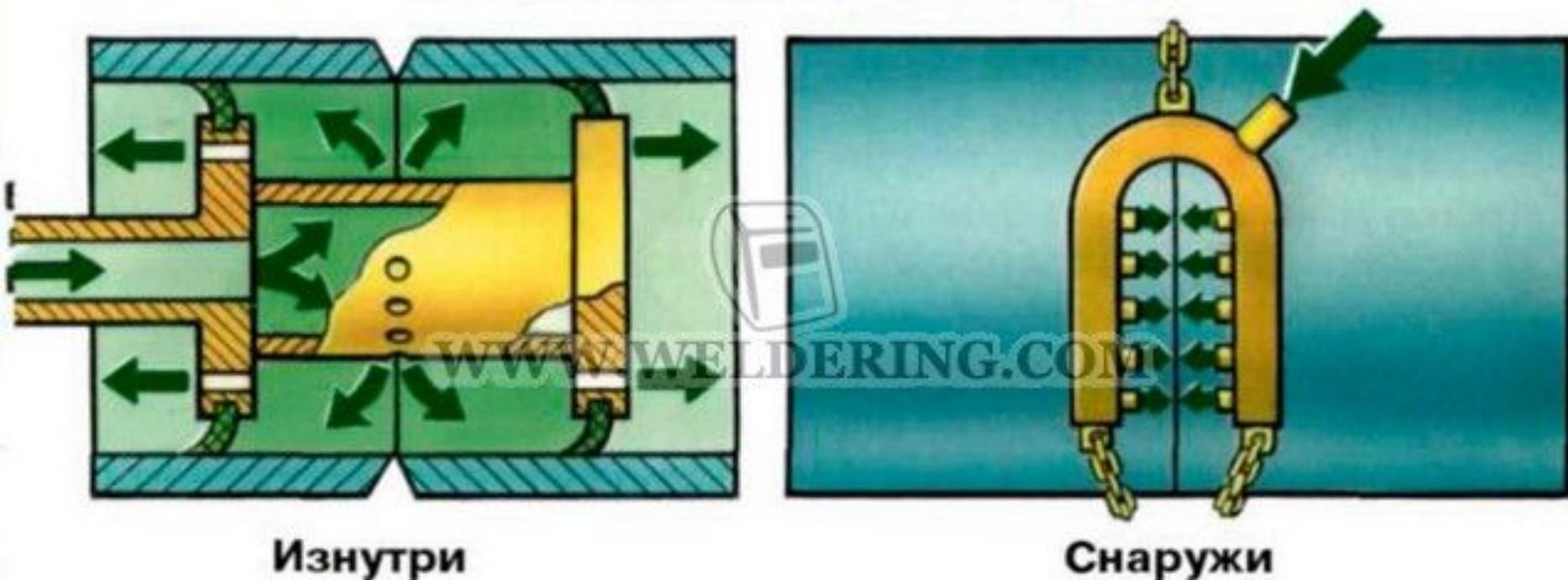
[WWW.WELDERING.COM](http://WWW.WELDERING.COM)

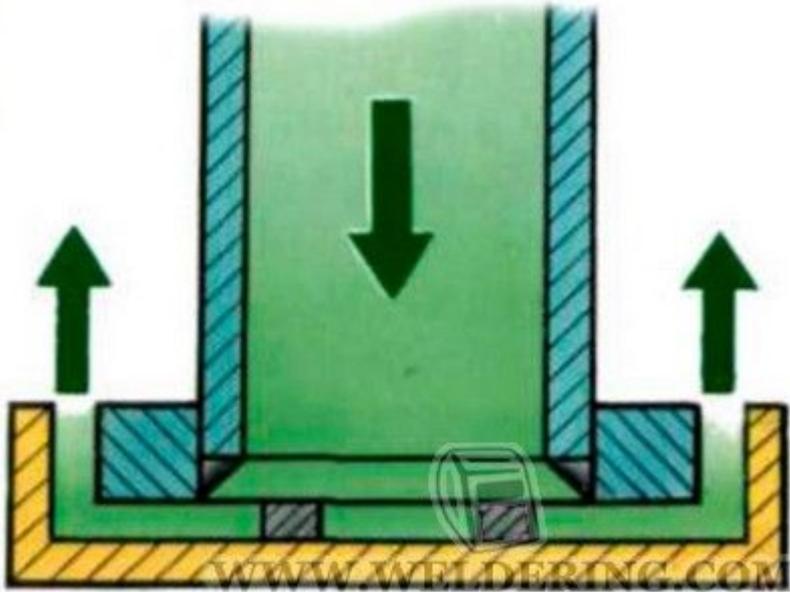
# Защитные приспособления из нержавеющей стали для тавровых и угловых соединений

➔ - 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

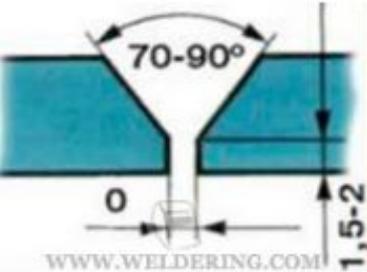
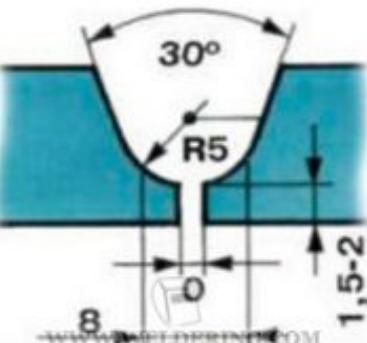
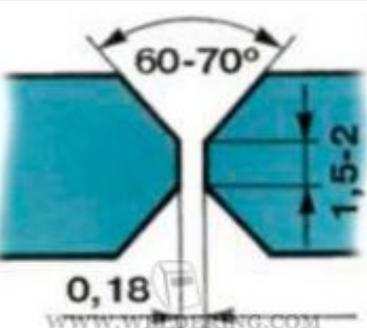
- Сварку титана и его сплавов рекомендуется вести в отдельном помещении.
  - Температура воздуха в нем должна быть не ниже + 15° С, а скорость его движения - не более 0,5 м/с.
- Сварку выполняют на постоянном токе прямой полярности непрерывно горящей или импульсной дугой.
- Используют аргон высшего сорта 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°С.
- 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-titana-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](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!!!**