**Группа 3-5 БФ**

**МДК 05.01Техника и технология газовой сварки (наплавки)**

**– 2 часа**

**Власова Н.А.**

**Тема урока: Сварка алюминия и его сплавов. Сварка никеля и его сплавов.**

**Задание к уроку:** Ознакомиться с лекционным материалом урока. Ответить на вопросы, выполнить задания. **Оформить ответы на вопросы и задания в электронном виде либо фото. Сдать до 31.03.2020 в VK. Ссылка** [**https://vk.com/id308588669**](https://vk.com/id308588669)

***Лекционный материал по теме урока:***

Алюминий и его сплавы широко применяют в промышленности в виде листов, труб и другого профильного материала. Сплавы алюминия имеют высокие механические свойства при малой плотности, что достигается легированием их марганцем (Mn), магнием (Mg), кремнием (Si), никелем (Ni), хромом (Сr) и другими элементами. Алюминиевые сплавы делят на две группы - деформируемые и литейные. Деформируемые, в свою очередь, подразделяют на неупрочняемые и упрочняемые [термообработкой](http://weldering.com/slovar-terminov-svarke/t#termicheskaia_obrabotka). К деформируемым неупрочняемым сплавам алюминия относят сплавы алюминия с Mg или Мn, а к термически упрочняемым - дюралюмины Д1, Д16 и сплавы АВ, АК и В-95. Из литейных сплавов наибольшее распространение получили силумины - сплавы алюминия с кремнием Si (4-12% Si). Литейные сплавы применяют для деталей, имеющих сложную конфигурацию.

Основной трудностью при **сварке алюминия** является образование на его поверхности оксидной пленки с температурой плавления 2050°С, которая затрудняет плавление металла и сплавление свариваемых [кромок](http://weldering.com/slovar-terminov-svarke/k#kromki). Оксидная пленка имеет плотность 3,85 г/см3 и остается на поверхности сварочной ванны. Другая трудность при **газовой сварке алюминия** заключается в том, что при нагреве алюминий не меняет цвет, и поэтому трудно уловить момент начала его плавления. Для этого требуются опыт и навык сварщика.

При **газовой сварке алюминия** необходимо учитывать низкую температуру плавления и высокую теплопроводность, что требует правильного выбора мощности сварочного пламени. При [газовой сварке](http://weldering.com/slovar-terminov-svarke/g#gazovaia_svarka) алюминия возникают также значительные остаточные напряжения и [деформации](http://weldering.com/slovar-terminov-svarke/d#deformatciia), связанные с высокими значениями коэффициента теплового расширения этих сплавов. Диаметр присадочной [проволоки](http://weldering.com/slovar-terminov-svarke/p#provoloka_svarochnaia) выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Толщина свариваемого металла, мм | до 1,5 | 1,6-3,0 | 3,1-5,0 | 5,1-10,0 | 10-15 |
| Диаметр присадочной проволоки, мм | 1,5-2,5 | 2,5-3 | 3-4 | 4-6 | 6-8 |

Для газовой сварки алюминия и его сплавов согласно [ГОСТ 7871](http://weldering.com/gost-7871-75-provoloka-svarochnaya-alyuminiya-alyuminievyh-splavov-tehnicheskie-usloviya)-75 используют 11 марок присадочной проволоки: Св-А97, Св-А5с, Св-АМц, Св-Мг3, Св-АМг5, Св-АМг6, Св-АМг7, Св-АК3, Св-АК5, Св-АКЮ, Св-АК12. При сварке алюминия используется сварочная проволока Св-АК5. Сплавы алюминий-магний сваривают сварочной проволокой Св-АК5, Св-АКЮ, Св-АМг3, Св-АМг5, в качестве присадка используют [проволоку](http://weldering.com/slovar-terminov-svarke/p#provoloka_svarochnaia) Св-АМц и Св-АК5.

Согласно [ГОСТ 7871](http://weldering.com/gost-7871-75-provoloka-svarochnaya-alyuminiya-alyuminievyh-splavov-tehnicheskie-usloviya)-75, применяют следующие диаметры сварочной проволоки: 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10; 11; 12 мм.

варочная проволока должна иметь ровную, гладкую поверхность, без трещин, закатов и вмятин. Проволока поставляется в бухтах, масса бухты не должна превышать 40 кг. При сварке литейных алюминиевых сплавов применяют присадочной металл того же состава, что и основной. Основным видом соединений при газовой сварке деталей из алюминия и его сплавов являются стыковые соединения. Применение тавровых, угловых и особенно нахлесточных соединений не рекомендуется. [Зазор](http://weldering.com/slovar-terminov-svarke/z#zazor) между свариваемыми деталями следует устанавливать, руководствуясь данными, приведенными в таблице.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Толщина деталей в стыковой соединении, мм | Величина зазора, мм | Расстояние между прихватами, мм |
| До 1,5 | 0,5-1,0 | 20-30 |
| 1,6-3,0 | 0,8-2,0 | 30-50 |
| 3,1-5,0 | 1,8-3,0 | 50-80 |
| 5,0-10,0 | 2,5-4,0 | 80-120 |
| 10,1-15,0 | 3,5-5,0 | 120-211 |
| 15,1-50,1 | 4,5-6,0 | 200-360 |

Стыковые соединения деталей толщиной до 4 мм выполняют без скоса кромок, с зазором между ними от 0,5 до 2 мм. При толщине металла свыше 5 мм обязательно делается V-образный скос кромок (угол 30-35° с каждой стороны). При толщинах свыше 12 мм рекомендуется двусторонняя Х-образная разделка кромок (угол 30-35° с каждой стороны). Разделку кромок осуществляют механическим способом. [Кромки](http://weldering.com/slovar-terminov-svarke/k#kromki) свариваемых деталей и присадочный материал перед сваркой необходимо тщательно очистить от грязи и масла напильником или металлической щеткой на ширину 30-40 мм с каждой стороны шва и обезжирить. Присадочную проволоку и свариваемые кромки промывают в течение 10 мин в щелочном растворе, составленном из 20-25 г едкого натра и 20-30 г углекислого натрия на 1 дм3 воды при температуре 65°С с последующей промывкой в проточной воде. После этого кромки и присадочную проволоку травят в течение 2 мин в 25%-ном растворе ортофосфорной кислоты или в 15%-ном растворе азотной кислоты. После травления детали и проволоку промывают в горячей, а потом в холодной воде и протирают ветошью.

Для удаления оксидов алюминия из сварочной ванны, а также облегчения разрушения оксидной пленки при газовой сварке алюминия и его сплавов применяют флюсы. Флюсы содержат легкоплавкие смеси хлористых соединений, щелочных и щелочноземельных элементов, к которым добавляют небольшое количество фтористых соединений. Флюсы наносят на свариваемые кромки или нагретую сварочную проволоку в виде порошка или пасты, приготовленной на воде или спирте. Для разведения флюса применяется фарфоровая, стеклянная или эмалированная посуда, разводят [флюс](http://weldering.com/slovar-terminov-svarke/f#flius_svarochnyi) в необходимом количестве из расчета хранения его 4-5 ч. Более длительное хранение флюса в разведенном состоянии снижает его активность.

Флюс на проволоку и кромки наносят чистой кистью или конец присадочной проволоки погружают в разведенный флюс. Флюс наносят тонким слоем на подготовленные кромки детали и на прилегающие к шву поверхности на расстояние, равное трехкратной ширине шва.

Содержащиеся во флюсах фтористые соединения растворяют в расплавленном состояний оксид алюминия. Хлористые соли лития отнимают кислород от оксида алюминия. Все флюсы для сварки алюминия, особенно те, которые содержат хлористый литий, очень гигроскопичны, поэтому их хранят в герметически закрытых банках и открывают лишь перед употреблением. При выполнении [прихватки](http://weldering.com/slovar-terminov-svarke/p#prikhvatka) флюс наносят только на присадочный металл. После сварки остатки флюса необходимо удалять с поверхности шва и прилегающей к нему зоне для предотвращения коррозии [сварного соединения](http://weldering.com/slovar-terminov-svarke/s#svarnoe_soedinenie). Сварные швы очищают металлической щеткой с последующей промывкой 2%-ным раствором азотной кислоты, затем горячей водой и просушкой.

При газовой сварке алюминия и его сплавов пламя берется нормальное. Избыток кислорода и горючего газа не допускается, так как свободный [кислород](http://weldering.com/slovar-terminov-svarke/k#kislorod) окисляет алюминий, а избыток горючего газа приводит к сильной пористости шва. Мощность сварочного пламени выбирается из расчета расхода ацетилена 75 дм3/ч на 1 мм толщины свариваемого изделия. Расход ацетилена в зависимости от толщины свариваемого металла приведен ниже:

|  |  |
| --- | --- |
| Толщина металла, мм | Расход ацетилена, дм3/ч |
| 1,5 | 50-100 |
| 1,6-3 | 100-200 |
| 3,1-5 | 200-400 |
| 5,1 -10 | 400-700 |
| 10,1-15 | 700-1200 |
| 15,1-25 | 900-1200 |
| 25,1-50 | 900-1200 |

[Газовую сварку](http://weldering.com/slovar-terminov-svarke/g#gazovaia_svarka) выполняют восстановительной зоной пламени, расстояние от конца ядра до свариваемой поверхности 3-5 мм. Сварку ведут левым способом. Угол наклона мундштука горелки к поверхности свариваемого металла в начале сварки должен составлять почти 90°, а затем по мере прогрева свариваемых деталей угол устанавливается в зависимости от их толщины. [Мундштук](http://weldering.com/slovar-terminov-svarke/m#mundshtuk) горелки располагают под углом 20-45° к свариваемой поверхности. Угол наклона присадочной проволоки во всех случаях составляет 40- 60° к свариваемой поверхности.

Виды поперечных колебаний мундштука горелки и сварочного прутка зависят от толщины свариваемого металла. При газовой сварке деталей из алюминиевых сплавов толщиной до 3 мм поперечных колебаний не делают, а при. больших толщинах в процессе сварки горелки выполняют различные поперечные колебания. При сварке алюминиевых деталей свыше 5 мм применяют правый способ сварки.

При газовой сварке алюминия необходимо стремиться к тому, чтобы сварка выполнялась только в нижнем положении. Сварку листов необходимо начинать, отступив от края на 50-100 мм, с последующей заваркой оставленного участка в обратном направлении. Сварочный процесс должен выполняться непрерывно, отрыв сварочного пламени от ванны расплавленного металла не допускается. Свариваемые детали толщиной более 10 мм перед сваркой рекомендуется подогревать до температуры 300-350°С. Подогрев осуществляется в электрических, газовых печах или газовыми горелками. Литые детали из алюминиевых сплавов сваривают с общим подогревом до температуры 250°С, отливки из силумина - до температуры 350-400°С. При заварке трещин концы их засверливают, разделывают до определенного угла и заваривают от середины к краям. Длинные [трещины](http://weldering.com/slovar-terminov-svarke/t#treshchina_svarnogo_soedineniia) заваривают обратноступенчатым способом.

# Технология сварки титана и его сплавов

### Температура плавления титана 1668°С. Имеется около 20 сплавов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Марка** | **Свариваемость** | **Технологические особенности сварки** |
| BT1-00, ВТ1-0, ОТ4-0, ОТ4-1 | Хорошая | Зачистка кромок  Режим с минимальной погонной энергией |
| 0Т4, ВТ5, ВТ5-1 | Удовлетворительная |
| ВТ6, ВТ3-1, ВТ9, ВТ14, ВТ16, ВТ20 | Ограниченная | Мягкий режим с малыми скоростями охлаждения |
| ВТ22 | 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°С. 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.

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.

### Существуют три варианта защиты:

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

## 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 гидропескоструйной очистке и затем химической обработке: рыхлению оксидной пленки, травлению и осветлению.

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.

**Вопросы по лекции:**

1. Чем определяется сложность сварки алюминия и его сплавов?
2. Как производиться подготовка деталей из алюминиевых сплавов под сварку?
3. В чем заключается особенности сварки титановых сплавов?

**Задание:**

1. Выбрать применение алюминия, титана и их сплавов
2. Преимущества этих металлов.

Задания 1,2 оформить в виде таблице.