

## Уважаемые студенты!

### Задание:

1. Прочтите приведенный ниже конспект лекции.
2. Напишите конспект лекции в тетрадь объемом не менее 8 страниц рукописного текста.
3. Ответьте письменно на контрольные вопросы.
4. Письменный отчет конспекта лекции и ответов на вопросы в виде фото предоставьте преподавателю на e-mail ([tamara\\_grechko@mail.ru](mailto:tamara_grechko@mail.ru)).

**Примите к сведению**, что данная работа выполняется на двух занятиях (15.03.2023 г. и 17.03.2023 г.).

**Обратите внимание!!!** В случае возникновения вопросов по теоретическому материалу лекции обращайтесь для консультации к преподавателю по тел. 0721355729 (Ватсап).

С уважением, Гречко Тамара Ивановна!

### ЛЕКЦИЯ

**Тема:** Электродуговая сварка под водой

**Цель:** Изучить особенности сварки под водой

#### *План*

1. Область применения и особенности сварки под водой
2. Сухая сварка под водой
3. Мокрая сварка под водой
4. Технология и режимы подводной сварки
5. Оборудование и сварочные материалы

#### *1. Область применения и особенности сварки под водой*

Опыты показали, что можно получить устойчивое горение под водой металлической сварочной дуги, питаемой током от нормального сварочного агрегата при соблюдении некоторых условий. Самое важное из этих условий состоит в том, что на электродный стержень должен быть нанесён достаточно толстый совершенно водонепроницаемый слой обмазки, который не должен отсыреть даже при продолжительном пребывании электрода в воде. Хорошие результаты, например, даёт раствор 80 г целлулоида на 1 л ацетона. Обмазка, охлаждаемая снаружи водой, плавится несколько медленнее электродного стержня.

**Подводная сварка** — это метод соединения металлических изделий находящихся в жидкой среде. Он используется для строительства и ремонта опор мостов, прокладки трубопроводов через водоемы, и аварийных работах на судах. В зависимости от глубины, на которой будет вестись сварка, применяется разнообразное оборудование.

Подводная сварка применяется:

- при кораблестроении и ремонте кораблей без постановки в сухой док;
- при прокладке нефтяных, газовых и иных трубопроводов;
- при строительстве и модернизации мостов, портовых сооружений, дамб;
- при строительстве плавучих доков, платформ, буровых вышек и других технических сооружений.

Электродуговую сварку используют при ремонте различных сооружений, находящихся под водой. Дуга горит, хоть и под водой, но в среде газа. Природа этого газа может быть различна, и зависит она от технологии и способов подводной сварки.

**Преимущества:**

- отсутствие необходимости в дополнительных устройствах;
- специалист получает большую свободу перемещений;
- оперативность проведения работ.

**Недостатки:**

- невысокая производительность;
- присутствие значительного количества газовой фазы и механической взвеси затрудняет визуальный контроль за процессом сваривания;
- качество шва значительно ниже, чем при сварке в сухой среде.

**Особенности сварки под водой**

Сваривание, выполняемой под толстым слоем воды, является трудным и опасным занятием для исполнителя. Сварщик полностью находится в токопроводящей среде. Организм испытывает перегрузки из-за давления жидкости.

Сам процесс возможен из-за оттеснения жидкости испаряющимися газами от плавления металла и обмазки электрода. Данная воздушная смесь выталкивает воду из сварочной ванны и позволяет удерживать дугу и вести шов. У этого способа сваривания стали есть ряд особенностей:

- сварочная дуга сложно разжигается электродом из-за присутствия коррозии на металле и из-за плотности воды;

- на стенки сферы, которую образует дуга, со значительной силой давит водная среда. Благодаря этому швы имеют глубокое проплавление.
- соединение обретает грубую чешуйчатую структуру из-за давления и достаточно быстрого охлаждения металла;
- испаряющиеся газы вспенивают воду и нарушают видимость, поэтому частым дефектом является смещение центра шва;
- полученные соединения характеризуются невысокой ударной вязкостью;
- вертикальные швы следует формировать «сверху-вниз» из-за силы притяжения;
- сварка под водой отличается применением повышенных режимов тока.

### ***Виды сварных соединений***

Из-за всплывающего в беспорядочном движении газа, а также из-за продуктов сгорания, находящихся в нем (сажи, дыма), видимость в зоне сварки сильно затруднена.

Это обстоятельство определяет особенности конструкции швов при сварке под водой. Они производятся в виде тавров, то есть, когда соединяемые детали располагаются относительно друг друга под углом, близким к прямому. Если же соединяемые детали должны располагаться в одной плоскости, то сваривают их не встык, а внахлест (см. рисунок 32.1).

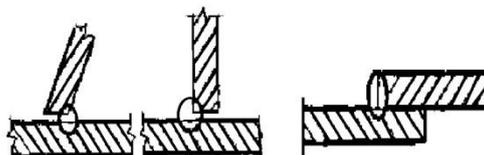


Рисунок 32.1 - Виды сварных соединений, выполненных подводной сваркой

Эти виды швов дают возможность работать электродом под водой даже при отсутствии достаточной видимости, ориентируясь по кромке соединяемых деталей.

### **Способы подводной сварки**

Сварка под водой имеет несколько вариантов. Все они основаны на создании сварочной ванны путем горения электрической дуги, но отличаются видами исполнения и предназначения.

На сегодня известно два основных способа подводной сварки:

#### ***Сухая сварка***

- в сухой глубоководной камере;
- в рабочей камере;

– в портативном сухом боксе;

### ***Мокрая сварка***

– ручная

– полуавтоматическая

## **2. Сухая сварка под водой**

*Сухой способ* представляет собой сварку в искусственной созданной воздушной среде, то есть когда электрод и свариваемые детали полностью находятся в среде воздуха или иного газа.

Для этого применяют специальные камеры, боксы, которые настолько велики, что сварщик производит работы по технологии практически ничем не отличающиеся от сварки на воздухе.

При данном методе вокруг свариваемого шва создается сухая зона с помощью дополнительного оборудования. Кислородный отсек, изолирующая камера или кессон позволяют откачать воду, создать повышенное давление и произвести сварку обычным сварочным оборудованием. Таким образом, работа сварщика, находящегося в кессоне, не отличается от сварочных работ на суше.

Сухая среда предотвращает резкое охлаждение металла, сохраняя высокую ударную вязкость, а отсутствие мутной воды и обильного образования газовых пузырей не затрудняет обзор шва во время работы. Этот вид сварки довольно затратный и применяется при необходимости провести работу повышенной надежности. Так как высокое давление в камере приводит к уменьшению катодного и анодного пятен дуги, происходит изменение химического состава шва, что должно учитываться при расчете прочности конструкции.

### **2.1 Сварка в глубоководной камере**

Такая разновидность предполагает содержание в камере не только сварщика, но и сварного узла. Процесс сваривания в глубоководной камере характеризуется высоким качеством сварных швов. Однако, используемые камеры крупные и массивные. Для ее сооружения потребуется большое количество дополнительных денежных средств и вспомогательного оборудования. Для того чтобы создать естественную среду, камера непосредственно устанавливается на места, где будут соединяться трубы. После помещения уплотнений между трубой и камерой, а также пневматической заглушки, происходит вытеснение морской воды с помощью газа. После того как вода была вытеснена сварка выполняется в сухой среде.

Понятие «сварка в сухой среде» означает процесс сваривания, который происходит под высоким давлением и в абсолютно изолированной среде от

воды.

## **2.2 Сварка в рабочей камере**

Подводная сварка в небольшой камере используется там, где требуется особо прочное соединение. Метод заключается в применении небольшого резервуара, который накладывается вокруг трубы. Из него откачивается вода. Стенки камеры имеют прозрачную структуру, через которую легко наблюдать за горением дуги и формированием шва. Сварщик управляет горелкой через специальные отверстия.

Благодаря этому шов выполняется в сухой среде, как обычное соединение. Металл остывает постепенно, что содействует хорошим показателям ударной вязкости. Испаряющиеся газы не создают пузыри, мешающие обзору. Но метод имеет недостатки ввиду специализированного изготовления камеры под конкретные виды работ. Поэтому применяется только на очень ответственных стыках. Поскольку сам сварщик продолжает находиться под водой, максимальная глубина работ остается 40 метров

## **2.3 Сварка в сухом боксе**

Еще один метод подводной сварки заключается в помещении изделия и сварщика в мобильный бокс, из которого выкачивается вода. Рабочий остается в водолазном костюме, но работает в полностью сухой среде, или стоя по пояс в воде. Швы получаются как на суше. На сварщика не давит окружающая жидкость. Работы ведутся с большей продолжительностью и скоростью. Метод используется на ответственных соединениях, объемных конструкциях, или больших глубинах. Является одним из самых дорогих ввиду необходимости подъемного крана и аренды самого бокса.

## **3. Мокрая сварка под водой**

При использовании *мокрого способа* деталь, электрод, а зачастую и сварщик, и все остальное оборудование находится в воде, что, несомненно, осложняет производство работ.

В результате сварки обоими способами шов получается разного качества. При использовании мокрого способа качество ниже. Но, в отличие от сухого, этот способ требует меньших затрат на оборудование и занимает меньше времени.

Мокрая сварка бывает двух типов:

1. *Ручная* – производится электродами, что позволяет сварщику самостоятельно передвигаться и выбирать удобное место для работы. Главное преимущество такого способа – возможность контроля скорости сваривания и обеспечение удобного доступа к шву. Этот способ считается самым дешевым и быстрым. Однако применяется он для быстрой сварки

отдельных стыков труб, и конструкций.

2. *Полуавтоматическая* – производится сварочной проволокой, направление которой регулируется сварщиком вручную. Преимуществами данного типа сварки являются длительность и непрерывность процесса, а также меньшее количество выделяемых взвесей.

Глубина мокрой сварки ограничена только физической подготовкой сварщика, качеством скафандра и оборудования.

Такой способ соединения металлов имеет ряд важных особенностей:

- Сварные швы имеют более глубокое проплавление, чем на суше, так как давление от воды снаружи воздушного пузыря передается металлу.
- Внешняя поверхность шва получается грубой формы вследствие быстрого охлаждения металла.
- Для подводных соединений требуется рассчитывать большой запас прочности, поскольку сварной шов может получиться неоднородным и подверженным излому.
- Вода и испарения газов затрудняют наблюдение и могут привести к отклонению шва от центра стыка, поэтому сварщик вынужден направлять электрод второй рукой.
- Из-за быстрой кристаллизации структуры сплавляемого металла шов получается слабым на излом и с низкой ударной вязкостью.
- В случае наличия коррозии на свариваемом металле затруднено получение дуги.
- Вертикальный шов выполняется сверху вниз, чтобы газовый пузырь производился непрерывно.

### **3.1 Ручная мокрая сварка под водой**

Сварка деталей при таком способе осуществляется электродом прямо в воде. За счет высокой температуры электрической дуги происходит испарение воды, создавая своеобразную газовую сферу. Таким образом, не нужно производить сложный монтаж оборудования вокруг шва.

Недостаток данного способа – визуальный контроль шва затруднен, так как вокруг места сварки образуется большое количество газовых пузырьков, а вода мутнеет из-за различных взвесей в продуктах сгорания.

Соединение ручной сваркой может быть выполнено внахлестку, угловым, иногда стыковым, но чаще всего используется способ опирающегося электрода. Горение дуг при таком способе характеризуется устойчивостью. Подобным способом можно заварить швы, не завися от пространственного положения.

### **3.2 Полуавтоматическая сварка под водой**

В полуавтоматическом варианте комбинируется механическая подача проволоки в зону дуги с подвижностью и глобальностью ручного варианта. За счет механической подачи проволоки становится возможным длительное время выполнять подводную сварку без перерывов.

В силу того, что во время сварки в воде присутствует большое количество водорода, шов получается пористым. Одновременно отрицательное действие оказывает усиленное охлаждение материала водой. Шов получается хрупким, неустойчивым на изгиб. Для получения хорошего результата приходится при расчете конструкций учитывать большой запас прочности и надежности.

Сварка под водой в среде аргона не дает ощутимого эффекта, хороший результат дает применение полуавтоматической сварки с применением порошковой проволоки. Она имеет меньший диаметр, чем электрод и не имеет покрытия. При сварке полуавтоматом можно организовать постоянную и непрерывную механизированную подачу проволоки, что в сочетании с применением неплавящихся электродов позволит получить однородные швы большой длины.

#### 4. Технология и режимы подводной сварки

Данная технология основана на способности дуги (5) устойчиво гореть между электродом, состоящим из стержня (2) и покрытия (3), в газовом пузыре (6) при интенсивном охлаждении окружающей водой (рис. 32.2). Газовый пузырь образуется за счет испарения и разложения воды, паров и газов расплавленного металла и покрытия электрода.

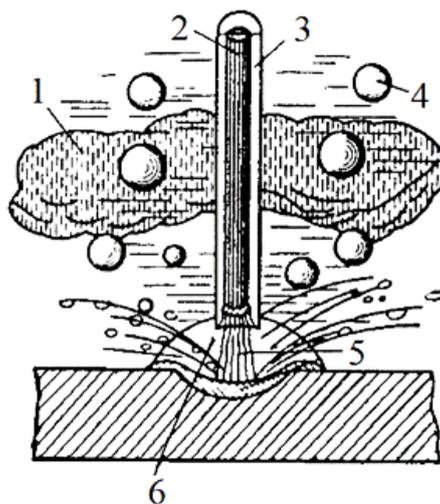


Рисунок 32.2 - Схема горения сварочной дуги под водой

Вокруг горячей дуги выделяется большое количество газов, что приводит к повышению давления в газовом пузыре и частичному выделению газов в виде пузырьков (4) на поверхность воды. Вода разлагается в дуге на

свободный водород и кислород, последний соединяется с металлом, образуя оксиды. Взвешенные в воде продукты сгорания металла и покрытия электрода, состоящие преимущественно из оксидов железа, образуют облако взвесей (1), которое затрудняет наблюдение за дугой.

Газ, выделяемый при горении дуги, частично является продуктом сгорания металлов. Некоторая его доля (водород и кислород) образуются при разложении воды под действием электрического тока и высокой температуры.

Пузыри газа постоянно стремятся вверх, обладая меньшим весом и плотностью, чем вода, а в зоне сварки постоянно образуется новая порция газа.

Работа сварщика проходит поэтапно:

- электрод, закрепленный в электрододержателе, находится в руках у исполнителя;
- сварщик «ведет» электрическую дугу движениями руки, тем самым производя процедуру соединения;
- при сгорании прутка процесс останавливается;
- новый стержень закрепляется в держателе;
- затем сваривание возобновляется.

Замена отработанных сварочных электродов в держателе возможна лишь при отключенном токе.

### **Режимы сварки**

Чаще всего используется мокрый способ подводной сварки. Он самый дешевый, и позволяет получать качественные соединения. Для этого важны правильные режимы.

Под водой лучше выполнять сварочные работы на постоянном токе, так дуга горит более стабильно. Сила тока устанавливается выше, чем на суше, из-за быстрого охлаждения металла покрывающей жидкостью.

Оптимальные параметры для работы электродами диаметром 4-5 мм составляют 200-250 А,

Потери металла на угар и разбрызгивание довольно значительны, коэффициент наплавки около 6—7 г/а-час.

Напряжение, при котором производят сварку под водой, должно быть достаточно высоким, обеспечивающим устойчивое горение дуги. Как правило, оно варьируется в пределах 30-35 В . Это важно для безопасности рабочего. Дефекта прожигания металла не происходит ввиду постоянного охлаждения изделия водой.

Для подачи такого напряжения на глубину, требуются сварочные

аппараты, способные «выдавать» напряжение 80-120 В и сварной ток 180-220 А. *Подводная сварка может производиться как постоянным, так и переменным током*, но лучшие результаты получаются при использовании постоянного тока.

При увеличении глубины, на которой производятся сварочные работы, интенсивность горения дуги, а так же качество получаемых швов не изменяется. Необходимо только повышение напряжения для устойчивого горения. Поэтому возможности сварки под водой технически ничем не ограничены. Предел глубины устанавливается только возможностями человеческого организма сварщика и устойчивостью оборудования для подводного использования.

## **5. Оборудование и сварочные материалы**

### ***Силовое оборудование***

Силовое оборудование для сварки под водой – трансформаторы, преобразователи – могут ничем не отличаться от применяемых для обычной сварки. Исключение составляют конструкции, работа которых предусмотрена на большой глубине. Иногда изменена их система охлаждения. Даже при проведении мокрой сварки может применяться обычный сварочный аппарат, находящийся на поверхности. Специальные трансформаторы для мокрой сварки оснащены безвоздушной системой охлаждения.

Держатели практически полностью покрываются изолирующим материалом, обеспечивающим герметичность. При смене электрода в держателе производится отключение подачи тока. Кабель не должен иметь скруток и повреждений покрытия для предотвращения потери мощности и поражения сварщика током.

В зависимости от глубины погружения может применяться различная экипировка. Работы на небольшой глубине могут проводиться в эластичном гидрокостюме, а на значительных глубинах требуется применение металлического скафандра. Работа в таком скафандре требует большой внимательности, так как в воде может возникнуть положительная проводимость между скафандром и свариваемыми деталями. В такой ситуации, если какая-либо часть скафандра, например, вторая рука сварщика окажется ближе к электроду, чем свариваемая деталь, то может возникнуть разряд.

### ***Шланги и кабели***

Шланги и кабели необходимо тщательно подбирать и проверять их целостность. Это необходимость обусловлена требованиями электро-

безопасности и технологией производства работ.

Сварка очень часто проводится в морской воде, содержание солей в которой высоко. Такая вода является хорошим проводником электричества, поэтому при негерметичных кабелях возможна его утечка, что может оказать отрицательное воздействие на качество дуги.

В соленой воде дуга может загореться на приличном расстоянии от металла, даже не касаясь его. А так как в воде может установиться положительная проводимость между свариваемой деталью и скафандром сварщика, то при небольшом расстоянии между электродом и скафандром может возникнуть разряд.

Затрудненные условия производства работ требуют правильной организации рабочего места, и соблюдения всех мер безопасности. Рабочее место должно быть выбрано таким образом, чтобы волны и течения не оказывали помех сварщику.

Рядом с местом работ не должно быть плавающих незакрепленных предметов. Смена электродов должна производиться только при выключенном питании.

### ***Электроды и проволока***

Электроды для подводной сварки должны быть выполнены из материала, не подверженного воздействию воды. Сварка под водой производится электродами из малоуглеродистой стали.

**Электроды** для мокрой сварки покрываются специальной водостойкой смесью. В качестве таких составов могут применяться парафин, воск, растворенный в ацетоне целлулоид.

Причем вес пленки составляет 1,5 веса самого электрода, а диаметр электрода равняется 4-6 мм.

Стальной стержень сварочного электрода плавится быстрее, чем охлаждаемое водой покрытие. На электроде образуется своеобразный козырёк, внутри которого спрятан стержень. Благодаря этому козырьку электроды способствуют образованию и сохранению газового пузыря вокруг дуги

При сварке полуавтоматом используется сварочная проволока следующих марок – СВ-08Г2С, ППС-АН1.

Для подводной сварки хорошо подходят сварочные электроды с ферросплавами, улучшающими качество шва

Применение **проволоки** для полуавтомата позволяет варить длинный равномерный шов. Так как на проволоке нет покрытия и она тоньше электрода в 2-3 раза, то в воду выделяется меньше взвеси. Таким образом, удобнее контролировать качество шва.

***Контрольные вопросы:***

1. При каком условии можно получить устойчивое горение под водой металлической сварочной дуги?
2. Почему мокрый способ подводной сварки более распространен?  
Почему для защиты сварочной ванны при подводной сварке используют не аргон, а порошковую проволоку?
3. Как правильно выбрать режимы подводной сварки?
3. Чем ограничены возможности сварки под водой?