

**Междисциплинарный курс МДК 02.01**  
**Техника и технология ручной дуговой сварки**  
**(наплавки, резки) покрытыми электродами**



**АТОМНЫЕ**  
**ШКОЛЫ СВАРКИ**

**Тема № 1.1**

Технология ручной дуговой сварки плавящимся электродом.  
Общие принципы.

***Модуль №1***

Техника начала, возобновления и остановки сварки

## **МДК 02.01**

### **Техника и технология ручной дуговой сварки (наплавки, резки) покрытыми электродами**

**Тема № 1.1** «Технология ручной дуговой сварки плавящимся электродом. Общие принципы.»

**Модуль №1** «Техника начала, возобновления и остановки сварки»

**Учебная цель:**

1. Познакомиться с:

- различными техниками возбуждения электрической сварочной дуги покрытым плавящимся электродом;
- способами бездефектной остановки и продолжения сварки.

**Формируемые компетенции:** ПК 2.1, ПК 2.2, ПК 2.3

**Формируемые общие компетенции:** ОК 1, ОК 2, ОК 3, ОК 4, ОК 5, ОК 6

**Задачи:**

- Сформировать у обучающихся представление о методах и способах бездефектного возобновления сварки;
- Сформировать у обучающихся представление об различных способах остановки сварки и получаемом при этом результате;

**Материально-техническое обеспечение для проведения лекции:** компьютер с необходимым программным обеспечением, проектор.

**Информационное обеспечение:** презентация, методическое пособие и рабочая тетрадь из комплекта УМК АШС по данной теме.

**Время – 2 часа**

**Используемая литература:**

1. Овчинников, В.В. Контроль качества сварных соединений. Москва: Издательский центр «Академия 2017.
2. Овчинников, В.В. Дефектация сварных швов и контроль качества сварных соединений Москва: Издательский центр «Академия 2018.

## План проведения занятия:

1.	Введение.....	4
2.	Начало сварки.....	4
2.1.	Способы возбуждения сварочной дуги.....	4
2.2.	Начало сварки при выполнении корневых проходов стыковых соединений.....	5
3.	Возобновление сварки.....	7
3.1.	Способы возобновления сварки в корневых швах стыковых соединений.....	7
3.2.	Возобновление сварки при выполнении заполняющих проходов.....	8
3.3.	Возобновление сварки при выполнении наплавки и облицовочных проходов.....	8
4.	Окончание сварки.....	9
4.1.	Окончание сварки при замене электрода.....	9
4.2.	Окончание сварного шва.....	10
5.	Заключение.....	11

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Под выполнением сварных швов стоит понимать не только сам процесс сварки. Не менее важными этапами являются процесс зажигания дуги, первоначальное формирования сварочной ванны, замена электрода, последующее бездефектное возобновление и окончание сварки. Так как именно на этих этапах велика вероятность появления различных дефектов в сварном шве: поры, непровары корня шва, незаваренный кратер, усадочные раковины и трещины в кратере сварного шва, превышения высоты шва, шлаковые включения, несплавления и т.д.

При формировании сварного шва перед сварщиком стоят сразу несколько задач:

- Обеспечить соответствие геометрических размеров конструктивных элементов сварных швов требованиям нормативных документов по сварке: высота, ширина, размер катета и т.д.;
- Обеспечить отсутствие дефектов сварных швов;
- Обеспечить соответствие прочности сварного соединения основному металлу;
- Обеспечить соответствие геометрических размеров конструкции требованиям чертежей.

Геометрические размеры конструктивных элементов сварных швов во многом будут определяться колебательными движениями торца электрода, т.к. зачастую сварщик формирует сварочную ванну размером 2 или 3 диаметра электрода. В зависимости от типа сварного соединения, пространственного положения, толщины металла, диаметра электрода и выполняемого сварочного слоя могут применяться различные типы движений торца электрода.

Подводя итог, можно сказать, что под техникой выполнения сварных швов понимают выбор режимов сварки, приёмы манипулирования электродом и способы начала, возобновления и окончания сварки.

## 2. НАЧАЛО СВАРКИ

### 2.1. Способы возбуждения сварочной дуги

Начало сварки относят к наиболее ответственным этапам, потому что на этом этапе наиболее вероятно появление различных дефектов: стартовых пор, несплавлений и непроваров в корне шва. Во время этого процесса сварщику следует учитывать множество факторов, таких как температура металла, наличие или отсутствие функции горячего старта у сварочного оборудования. Также техника выполнения начала сварки может отличаться в зависимости от выполняемого сварочного слоя.

В зависимости от вида покрытия электрода (новый ли это электрод или часть электрода была уже оплавлена) применяются различные способы возбуждения сварочной дуги:

1. **Касанием.** Если используется новый электрод с основным покрытием, то как правило, торец электрода покрыт специальной пастой, которая позволяет произвести лёгкий поджиг электрода. В этом случае необходимо применять технику поджига электрода касанием – быстрое касание торцом электрода поверхности металла и подъем электрода на 3-5 мм над поверхностью металла (см. Рисунок 1). В этом случае необходима точность и скорость движений, иначе электрод может прилипнуть или дуга может погаснуть, если слишком быстро и высоко поднять электрод после поджига. Данный способ отлично сочетается с использованием функции горячего старта (hot start) сварочного аппарата, а использование сварочной маски с автоматическим светофильтром («хамелеон») позволяет выполнять точное позиционирование начала сварки и бездефектное возобновление сварки в месте окончания предыдущего электрода. Также необходимо отметить, что практически все электроды с рутиловым или рутил-целлюлозным покрытием прекрасно зажигаются с использованием данного способа.
2. **Чирканьем.** Данный способ рекомендуется применять для электродов с основным покрытием, торец которых уже был оплавлен в процессе сварки (повторный розжиг электрода). Если в этом случае пытаться применить способ касанием, то велика вероятность прилипания электрода к металлу. При выполнении зажигания дуги необходимо сильно наклонить электрод – угол наклона около 20° - 30° относительно поверхности металла, движение электрода по поверхности металла напоминает движение при зажигании спички о чирку спичечного

коробка. Т.е. к моменту касания электродом он должен уже перемещаться относительно поверхности металла. Если при этом не наблюдается появления вспышек дуги, то необходимо с каждой попыткой увеличивать угол наклона электрода. После появления первых вспышек дуги, необходимо быстро выполнить повторную попытку, концентрируя внимание на положение электрода относительно металла и/или кратера предыдущего шва.

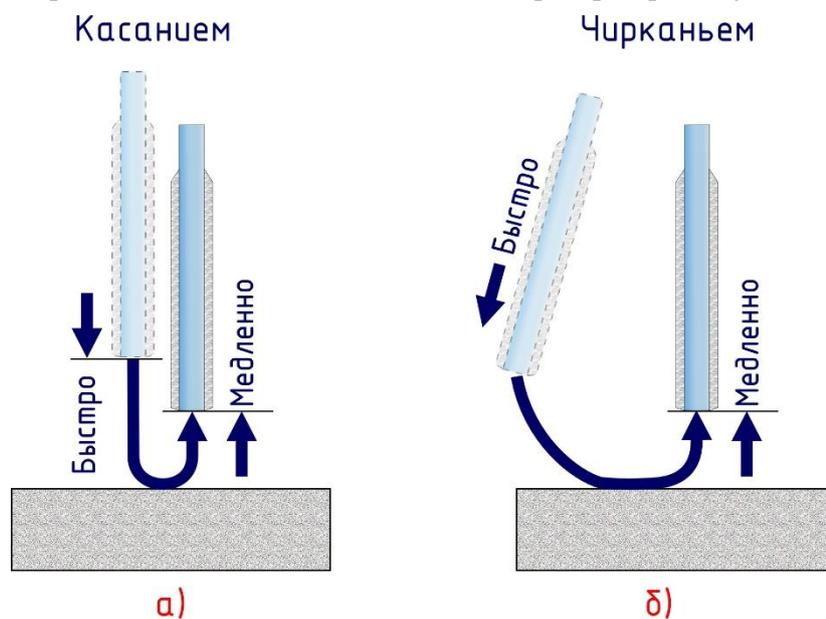


Рисунок 1 - Способы зажигания сварочной дуги плавящимся покрытым электродом

Сформировав дугу, необходимо переместить электрод в зону начала сварки, одновременно доводя угол наклона электрода до  $80^{\circ}$  -  $85^{\circ}$  относительно поверхности металла.

**Важный момент, чирканье и касание электродом необходимо проводить или в разделке кромок, или вдоль предполагаемой линии сварки. Зажигать электрод на основном металле не допускается и считается дефектом сварного соединения.**

После того как удалось зажечь дугу, необходимо:

- поддерживая нормальную длину дуги прогреть основной металл,
- сформировать сварочную ванну,
- отогнать шлак в хвостовую часть ванны

и только после этого медленно уменьшая длину дуги опереть торец электрода на козырек. В противном случае, если пренебречь каким-либо из этапов, возможно прилипание электрода.

## 2.2. Начало сварки при выполнении корневых проходов стыковых соединений.

При сварке корня сварного шва стыковых соединений сварку могут начинать на специальных выводных пластинах для того чтобы все характерные стартовые дефекты остались на ней. После завершения сварки выводные пластины подлежат удалению.

При сварке стыковых соединений элементов трубопровода начало сварки рекомендуется производить на одной из прихваток с последующей зачисткой начала сварки. Предпочтительная техника выполнения начала сварки в этом случае – касанием, т.к. необходимо использовать новый электрод, который вне зависимости от покрытия будет иметь облегченный поджиг. При этом прихватки должны быть подготовлены определенным образом (см. Рисунок 2):

- Необходимо проверить качество выполненных прихваток. Они должны быть выполнены с полным проплавлением, отсутствовать такие дефекты как поры, трещины и кратеры. На Рисунок 2 (б) заметен непровар в правой части прихватки (в начале сварки);
- Вне зависимости от наличия или отсутствия дефектов на прихватке, с нее необходимо снять часть металла. Профиль прихватки необходимо довести до «клина» (см. Рисунок 2в), чтобы обеспечить сплавление кромок на окончании прихватки. Края прихваток должны быть сведены до толщины фольги, чтобы обеспечить плавное сплавление выпуклости обратного валика без утяжек.

Важной особенностью начала сварки на прихватке, является необходимость вытеснения шлака в хвостовую часть ванны. Этого можно добиться наклоном электрода относительно оси плоскости прихватки. Неплохой результат дает опирание торца электрода на козырек, как бы отгораживая им скос прихватки от проникновения шлака в зазор. К моменту, как электрод приблизится к окончанию прихватки, у вас должны быть выполнены следующие условия:

- Сформирована сварочная ванна;
- Прогреты и сплавлены скосы кромок;
- Шлак сосредоточен в хвостовой части сварочной ванны.

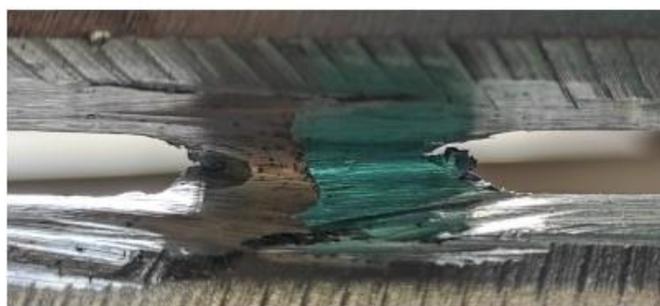
В момент, когда происходит проплавления прихватки, с обратной стороны соединения через зазор можно будет наблюдать свет от факела дуги, а также изменится звук сварки, он станет более глухим. Необходимо будет задержаться на 0.5 – 1 секунду, чтобы обеспечить плавное сплавление корня шва и продолжить сварку. Однако в этом месте необходимо быть предельно внимательным. Небольшое промедление сверх нормы может привести к образованию превышения проплава корня шва.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 2 - Подготовка прихваток перед сваркой: а) - лицевая сторона не обработанной прихватки; б) – обратная сторона необработанной прихватки; в) – лицевая сторона прихватки после обработки; г) – обратная сторона прихватки после обработки

Если же необходимо выполнить начало сварки не на прихватке, то дугу возбуждают на одной из кромок стыкового соединения. Далее электрод переносят на соседний участок кромки, формируя таким образом сварочную ванну между ними. Сварочная ванна за счёт сил поверхностного натяжения жидкости не проваливается в зазор. При этом, как и в случае начала сварки на плоскости, не стоит сразу прижимать электрод к сварочной ванне. Необходимо немного разогреть электрод и основной металл на слегка удалённой дуге, перемещая при этом электрод с одной кромки на другую для равномерного прогрева. В этот промежуток времени необходимо изменением угла наклона и колебательными движениями торца электрода отогнать расплавленный шлак в хвостовую часть сварочной ванны, чтобы предотвратить «шлакование» головного участка сварочной ванны. Этот этап сильно ограничен по времени, т.к. удлинённая дуга имеет более высокую тепловую мощность и возможно образование прожогов и/или подрезов корня шва, а также увеличивается вероятность появления пор в шве.

### 3. ВОЗОБНОВЛЕНИЕ СВАРКИ

#### 3.1. Способы возобновления сварки в корневых швах стыковых соединений

Бездефектное возобновление сварки при выполнении корневых проходов является одним из наиболее сложных навыков сварки. Если не производить определенную подготовку места окончания сварки, то получить качественное сплавление обратного валика корневого прохода становится очень сложной задачей.

Особенности возобновления сварки при выполнении сварных соединений с зазором:

1. Необходимо подготовить кратер корневого шва, как показано в п. 2.2 – «Начало сварки при выполнении корневых проходов стыковых соединений.» на Рисунок 2.
2. При сварке корневых проходов электрод следует зажигать немного позади подготовленного края корневого шва (см. Рисунок 3). Техника розжига электрода аналогична описанной в п. 2.1 «Способы возбуждения сварочной дуги».



Рисунок 3 – Точка розжига электрода

3. Следует иметь в виду, что подготовленный таким образом край шва будет иметь уклон по отношению к плоскости пластины. Поэтому, если не компенсировать данный уклон углом наклона электрода, мы окажемся в ситуации, когда ведем сварку дугой вперед (см. Рисунок 4). В этом случае необходимо придавать электроду более острый угол наклона относительно линии направления сварки  $45^\circ - 35^\circ$ . Это позволит сохранить способ сварки «дугой назад», когда электрод будет проходить зону скоса края подготовленного шва, что в свою очередь будет способствовать вытеснению шлака в хвостовую часть сварочной ванны.

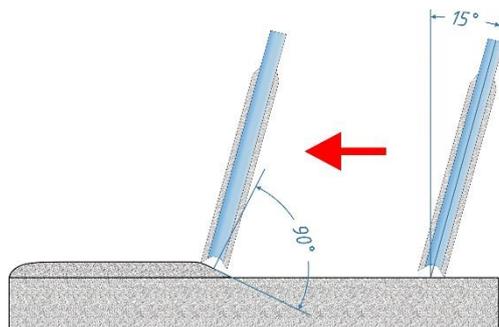


Рисунок 4 – действительный угол наклона электрода

4. После прохождения электрода скоса корневого шва, когда происходит проплавление края (см. Рисунок 5), с обратной стороны соединения через зазор можно будет наблюдать свет от факела дуги, а также изменится звук сварки - он станет более глухим. Необходимо будет задержаться на 0.5 – 1 секунду, чтобы обеспечить плавное сплавление корня шва и затем без прерывания продолжить сварку. Однако в этом месте необходимо быть предельно внимательным. Небольшое промедление сверх нормы может привести к образованию превышения проплава корня.

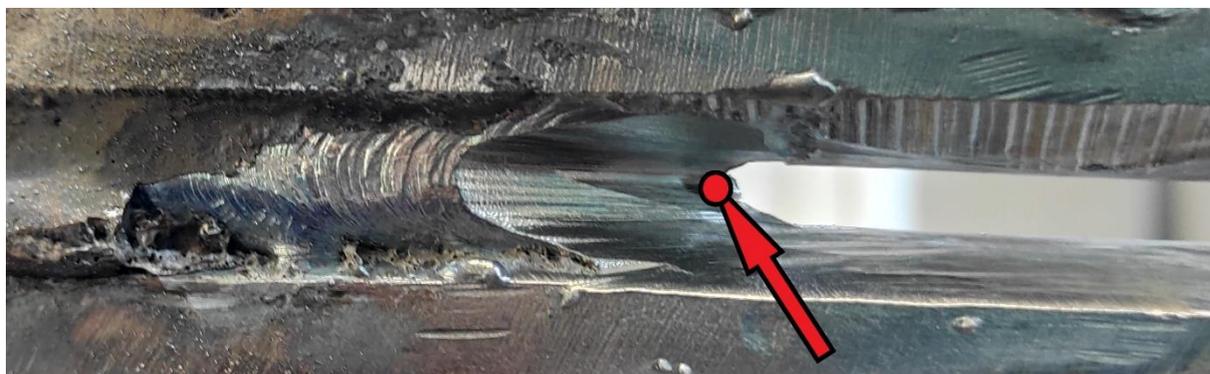


Рисунок 5 – Место сплавление обратной стороны корня шва.

5. В последующем, перед выполнением заполняющего или облицовочного прохода, необходимо удалить образовавшийся наплыв в месте розжига дуги и начала формирования сварочной ванны, т.к. в этом месте велика вероятность возникновения стартовых пор, несплавлений и шлаковых включений.

Не следует производить поджиг дуги в зазоре, т.к. образовавшийся шлак и капли наплавленного металла будут создавать трудности с проплавлением зазора и формирования обратного валика корня шва. Лучше зажечь дугу на сформированной поверхности окончания шва перед зоной шлифовки (Рисунок 3).

### 3.2. Возобновление сварки при выполнении заполняющих проходов

В отличие от корневых и облицовочных слоев, возобновление в заполняющих слоях является одним из самых простых в освоении навыков. Дело в том, что возникающие в процессе поры, наплывы, натеки и другие дефекты могут быть удалены с помощью углошлифовальной машины (далее – УШМ) перед выполнением последующих слоев, тогда как места остановки и возобновления сварки в облицовочных, а особенно, в корневых проходах может привести к возникновению весьма серьезных дефектов, вплоть до недопустимых.

Техника возобновления сварки при выполнении заполняющих слоев почти полностью схожа с описанной выше в п. 3.1 – «Способы возобновления сварки в корневых швах стыковых соединений», но существуют некоторые отличия:

- Допускается не производить обработку кратера, если на его поверхности отсутствуют поры, трещины, усадочные раковины и т.д. В противном случае необходимо зачистить место окончания сварки до чистого металла.
- Рекомендуется произвести розжиг электрода позади кратера на расстоянии около 10 мм, как при сварке корня шва с зазором (см. Рисунок 3). Однако перед выполнением последующих слоев необходимо удалить образовавшийся наплыв с помощью УШМ до ровной поверхности и чистого металла.
- Если электроды не склонны к образованию стартовых пор, то можно возобновлять сварку в кратере сварного шва.

### 3.3. Возобновление сварки при выполнении наплавки и облицовочных проходов

Возобновление сварки при выполнении облицовочных проходов или наплавки поверхности имеет ряд особенностей:

1. Если остановка содержит незаваренный или содержащий дефекты кратер, его необходимо удалить с помощью УШМ. В остальных случаях достаточно удаления части шлака в месте последующего возобновления.
2. При выполнении облицовочных слоев и наплавки поверхности, розжиг электрода необходимо произвести впереди кратера на расстоянии не менее 15 мм от места остановки. Поддерживая нормальную длину дуги, быстро вернуться в место остановки и выполнить соединение чешуек шва с помощью петлеобразного движения торцом электрода (см. Рисунок 6).

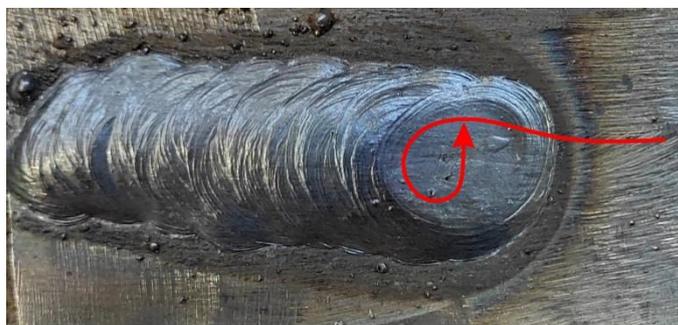


Рисунок 6 – Техника возобновления шва в облицовочном проходе

3. Спускаться по кратеру необходимо достаточно быстро, однако скорость спуска необходимо постепенно уменьшать, и по мере приближения к концу кратерной раковины скорость сварки и характер перемещения торца электрода должны соответствовать основному режиму сварки (см. Рисунок 7). В противном случае высота облицовочного шва будет неравномерной с углублениями или выпуклостями в местах соединения швов.

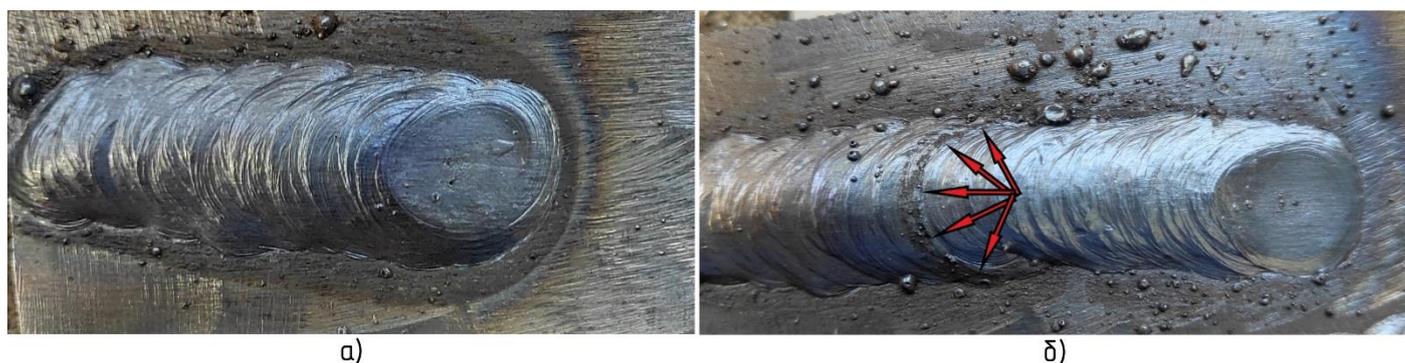


Рисунок 7 – Пример бездефектного возобновления сварки в облицовочном проходе: а) место остановки; б) – стрелками указано место сплавления чешуек шва.

## 4. ОКОНЧАНИЕ СВАРКИ

### 4.1. Окончание сварки при замене электрода

По причине того, что сварка ведется штучным плавящимся покрытым электродом, а сварные швы часто имеют протяженность, превышающую протяженность сварного шва, выполненного одним электродом, сварщик сталкивается с необходимостью замены электрода. После чего требуется продолжить сварной шов.

Нет четких нормативов на длину огарков сварочных электродов. Длина огарков обычно находится в диапазоне 50 – 100 мм. Если процесс сварки происходит непрерывно, то она осуществляется до того момента, пока длина огарка не станет минимальной. **Не рекомендуется доводить огарки до длины менее 50 мм., т.к. в этом случае происходит сильный перегрев обмазки электрода, и она может потерять часть своих свойств.**

Когда сваривание происходит до определенного места, то часто процесс останавливается в момент, когда огарок остается более длинный. Не рекомендуется использовать такие огарки при сварке корневых проходов ответственных конструкций, особенно там, где требуется полное проплавление сварного соединения, т.к. в этом случае может быть сильно затруднен розжиг электрода, а начало сварки имеет большую вероятность возникновения различных дефектов сварных швов. Однако длинные огарки могут быть использованы при выполнении заполняющих слоев, а также при сварке неответственных конструкций.

Обрыв дуги электрода производят резким движением в направлении «на шов». Не стоит проводить обрыв дуги в направлении сварки на скос кромок или зазор, т.к. это приводит к образованию шлака и брызг металла в зоне сварки. Также, нельзя обрывать дугу в направлении основного металла, т.к. это приводит к появлению ожогов дугой, и эти места в дальнейшем становятся центрами возникновения коррозии.

При резком обрыве дуги образуется кратер (см. Рисунок 8). Кратер является зоной с наибольшим количеством вредных примесей ввиду повышенной скорости кристаллизации металла, что может привести к образованию трещин.

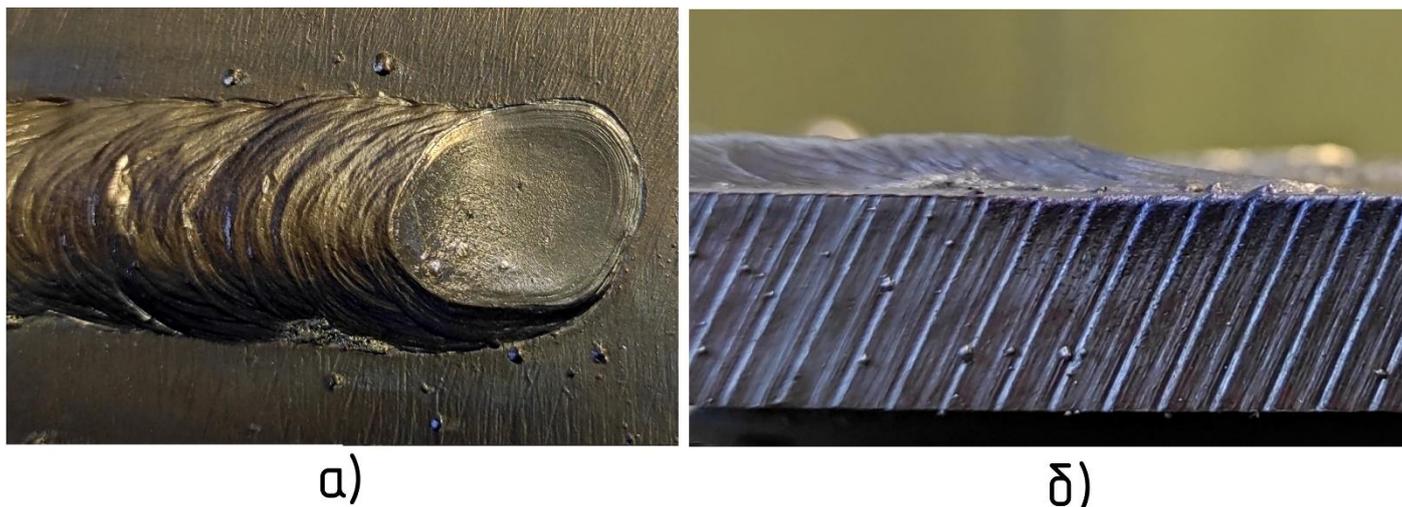


Рисунок 8 – Форма кратера сварного шва, полученного резким обрывом дуги: а) – вид сверху; б) – вид сбоку.

**Резкий обрыв дуги сформирует пологий кратер (см. Рисунок 8 (а, б)), что позволит качественно начать сварку новым электродом, если кратер не имеет дефектов.**

#### 4.2. Окончание сварного шва

При резком обрыве дуги кратер оказывается частично незаполненным металлом (см. Рисунок 8 (б)). В результате уменьшается сечение шва, что приводит к снижению прочности сварного соединения. Чтобы этого избежать, необходимо выполнить *заварку кратера*. Существует несколько способов выполнения заварки кратера:

1. Путем обрыва дуги в конце сварного шва и через примерно секунду, пока металл не остыл и не затвердел шлак, произвести два-три дополнительных поджига на этом же месте, пока кратер не будет заплавлен. Это необходимо для легкого повторного зажигания дуги без обивки шлака.
2. В конце шва электрод возвращают на 5 – 15 мм. назад и в течении 1 – 4 секунд, поддерживая нормальную длину дуги и не перемещая электрод, продолжают наплавлять металл. Потом дугу резко обрывают в направлении «на шов» (см. Рисунок 9).



Рисунок 9 – Форма кратера, выполненного с возвратом, задержкой и резким обрывом дуги: а) – вид сверху; б) – вид сбоку.

3. Производят ту же последовательность действий, что указана в п. 2, только необходимо медленно удлинить дугу до ее обрыва (см. Рисунок 10).



Рисунок 10 - Форма кратера, выполненного с возвратом, задержкой и медленным удлинением дуги: а) – вид сверху; б) – вид сбоку.

Способ заварки кратера, указанный в п. 1, целесообразно производить, если сварочный шов заканчивается на краю пластины, а выводные планки не используются. Если зоны старта и окончания шва должны быть сварены с теми же требованиями к качеству шва, что и основной шов, то в этом случае рекомендуется использовать выводные планки, чтобы избежать образования оксидных и шлаковых загрязнений металла в этих зонах.

Стоит также отметить, что способ, описанный в п. 3, приводит к образованию множества брызг на поверхности металла (см. Рисунок 10 (а)), а результат заварки кратера практически ничем не отличается от заварки кратера, выполненного способом 2.

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Начало, остановка, возобновление и окончание сварки является одним из наиболее сложных и ответственных этапов выполнения сварных швов. В зависимости от вида сварного соединения и пространственного положения, способы можно и нужно модифицировать и приспособлять под конкретную ситуацию.

