

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 №3

Техника выполнения тавровых сварных соединений

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 №3 «Техника выполнения тавровых сварных соединений»

Учебная цель:

1. Познакомиться с техникой сварки тавровых соединений в различных пространственных положениях.

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:

- Формирование у обучающихся навыков выполнения тавровых соединений согласно требованиям нормативной документации;
- Формирование умения оценивать результаты сварки на наличие дефектов сварных швов;

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. СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ	4
2. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ СВАРКИ ТАВРОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	4
3. ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ТАВРОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ.....	6
3.1. Особенности сварки тавровых соединений в нижнем положении сварного шва	6
3.2. Особенности сварки тавровых соединений в вертикальном положении сварного шва..	7
3.3. Особенности сварки тавровых соединений в потолочном положении сварного шва.....	9
4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	11

1. СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Сварное соединение — неразъемное соединение деталей посредством сформированного сварного шва.

По взаимному расположению деталей сварные соединения подразделяются на следующие группы:

1. Соединения стыковые
2. Соединения нахлесточные
3. Соединения тавровые
4. Соединения угловые

Каждые из этих групп соединений имеют сходства и отличия друг от друга по технике сварки. Например, угловые соединения У4 по ГОСТ 5264-80 конструктивно очень сильно напоминают стыковые соединения С17 по ГОСТ 5264-80, как показано на Рис. 1. Или тавровые соединения со скосом одной или двух кромок схожи с аналогичными стыковыми соединениями.

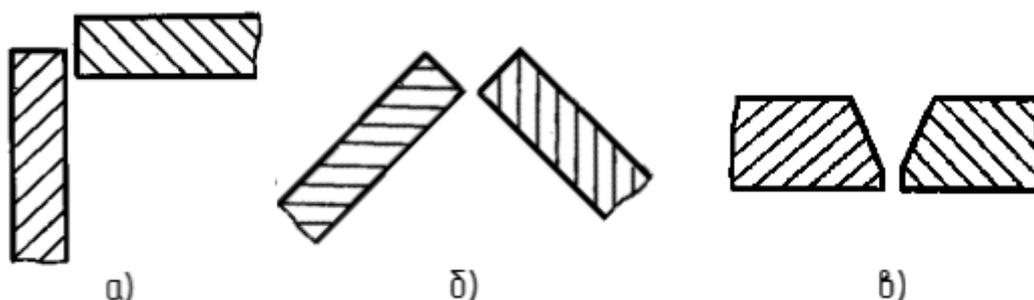


Рис. 1 – Угловые и стыковые швы по ГОСТ 5264-80: а) – угловой шов У4; б) – угловой шов У4 модифицированный; в) – стыковое соединение С17.

2. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ СВАРКИ ТАВРОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ.

Про область применения, достоинства и недостатки тавровых соединений было сказано в рамках курса МДК 01.03 – Подготовительные и сборочные операции перед сваркой.

Вкратце стоит отметить, что для наиболее часто встречаемых тавровых соединений – Т1 и Т3 основной характеристикой является величина катета сварного шва. Именно от данного параметра шва будет зависеть максимальная нагрузка, которую способно выдержать тавровое соединение.

Процесс начала сварки при выполнении тавровых соединений имеет ряд особенностей:

- При сварке тавровых соединений из деталей различной толщины необходимо уделять внимание более тонкому металлу (особенно если речь идет про детали толщиной до 4 мм), т.к. возможны прожоги более тонкого металла. Особенно это критично, если более тонкая деталь опирается торцом на деталь из более толстого металла.

- Если сварка ведется в нижнем положении, то необходимо возбуждать сварочную дугу на нижней детали, иначе возможно попадание шлака и жидкого металла в корневую часть шва, что в свою очередь может привести к возникновению непровара в корне шва.

В остальных моментах процесс начала сварки принципиально ничем не отличается от озвученного в предыдущих лекциях.

При сварке тавровых соединений деталей небольшой толщины достаточным будет выполнение одного корневого прохода. Величина катета устанавливается при проектировании, однако в ГОСТе 5264-80 описаны общие принципы выбора данного значения, а также минимально допустимые значения величины катета углового шва для различной толщины металла:

«...размер катета должен быть не более 3 мм для деталей толщиной до 3 мм включительно и 1,2 толщины более тонкой детали при сварке деталей толщиной свыше 3 мм. Предельные отклонения

размера катета угловых швов от номинального значения приведены в приложении 3.» - ГОСТ 5264-80, п.9.

Как видно из п.9 ГОСТа 5264-80, ориентиром размера катета служит толщина свариваемых деталей. Причем, если детали разной толщины, то размер катета составляет 1,2 толщины более тонкой детали. Например, при сварке таврового соединения двух деталей толщиной 10 и 20 мм. размер катета следует выбрать 12 мм., а если взять во внимание приложение 3 ГОСТа 5264-80 (см. Рис. 2), то можно уточнить размер катета предельными отклонениями. В итоге размеры катета данного таврового соединения равняются $12^{+3,0}_{-2,0}$

мм	
Номинальный размер катета углового шва	Предельное отклонение размера катета углового шва
От 3 до 5	+1,0 -0,5
Св. 5 до 8	+2,0 -1,0
Св. 8 до 12	+2,5 -1,5
Св. 12	+3,0 -2,0

Рис. 2 – Приложение 3. ГОСТ 5264-80 – Предельные отклонения размера катета угловых швов

Сварка угловых швов с размером катета до 6 – 8 мм возможна в один проход, если выполнять колебательные движения торцом электрода или использовать электроды диаметром более 3 мм. В любом случае, не рекомендуется применять электроды диаметром более 4 мм, т.к. в этом случае возникает вероятность возникновения непровара в корне шва.

При выполнении угловых швов деталей большой толщины с полным проплавлением корня шва рекомендуется применять многопроходную сварку. Техника сварки угловых швов состоит из следующих этапов:

1. **Сварка корневого прохода.** Как правило, ведется электродом диаметра 3 – 4 мм на повышенном значении сварочного тока. Сварка ведется углом назад в нижнем положении и углом вперед при сварке в вертикальном положении.
2. **Сварка последующих слоев.** В зависимости от величины катета и пространственного положения подбирается диаметр электрода, а также необходимые характер и форма колебательных движений, угол наклона электрода, сила сварочного тока и т.д. Профиль шва формируется по принципу пирамиды – предыдущий проход является «подпоркой» или ориентиром для следующего прохода. Швы в границах одного слоя должны быть сплавлены между собой минимум на 50% и необходимо обеспечить их плавное сплавление (см. Рис. 3). Глубина межваликового западания не должна превышать 1.5 мм.

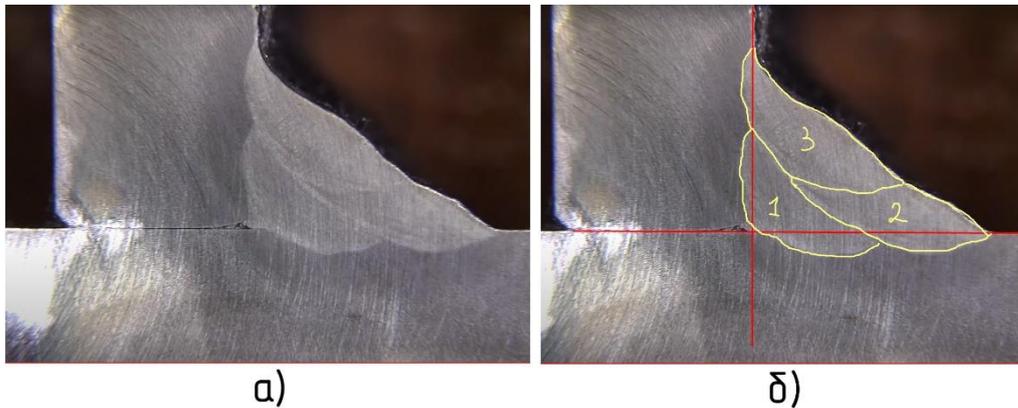


Рис. 3 – Тавровое соединение в разрезе.

3. ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ТАВРОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В РАЗЛИЧНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОЛОЖЕНИЯХ

3.1. Особенности сварки тавровых соединений в нижнем положении сварного шва

Сварка тавровых соединений в нижнем положении – РВ по ГОСТ Р ИСО 6947 – 2017 (см. Рис. 4) или Н по ГОСТ 11969-79 имеет ряд интересных и не вполне очевидных особенностей. Во первых, при сварке тавровых соединений в нижнем положении необходимо сформировать прямоугольный профиль сварного шва, как представлено на Рис. 5(а). В этом случае приходится формировать сварной шов, профиль которого будет расположен под углом к действующей силе тяжести (гравитации). Т.к. сварочная ванна обладает такими же физическими свойствами, что и жидкость, а именно текучестью, то логично предположить, что она будет стремиться выровнять свою поверхность перпендикулярно действию силы тяжести. В этом случае необходимо использовать одно из физических свойств сварочной дуги - давление дуги.

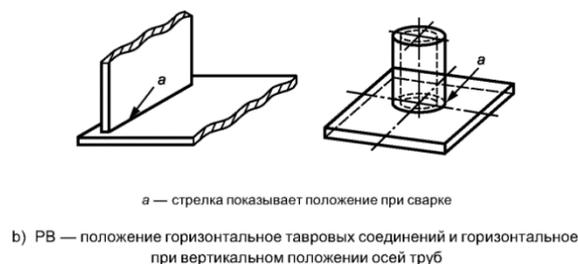


Рис. 4 – Нижнее положение тавровых соединений по ГОСТ Р ИСО 6947 - 2017

Электрическая сварочная дуга способна механически воздействовать на сварочную ванну подобно струе реактивного двигателя, а значит можно, используя это свойство, формировать профиль сварного шва, изменяя угол наклона электрода.

За счет изменения угла наклона электрода относительно продольной оси сварного шва можно обеспечить кристаллизацию сварочной ванны в требуемом положении. При сварке определенных проходов необходимо применять различные углы наклона электрода:

1. При сварке первого (корневого) прохода целесообразно держать угол наклона, указанный на Рис. 5(а). Такой угол позволяет сформировать равные катеты углового шва. Однако если в процессе сварки заметно, что сварочная ванна смещается на одну из пластин, изменением угла наклона электрода можно регулировать это смещение в нужную сторону давлением дуги. Также смещение ванны может происходить из-за образования неравномерного козырька на торце электрода.
2. При выполнении сварки второго валика необходимо использовать угол наклона электрода, указанный на Рис. 5(б). Такой угол позволяет лучше выполнить сплавление шва с основным металлом. А для того, чтобы обеспечить межваликовое сплавление, рекомендуется применять

либо колебательные движения торцом электрода, либо контролировать сплавление и форму сварочной ванны изменением угла наклона электрода, используя давление дуги.

3. Сварка третьего валика (см. Рис. 5(в)) во многом схожа с техникой и положением электрода, описанного в п. 1, только в этом случае необходимо наклонить электрод таким образом, чтобы обеспечить уверенное сплавление с вертикальной пластиной соединения. Такой угол наклона электрода также позволит сформировать более правильную форму сварного шва и уменьшить вероятность подреза. Если требуется обеспечить более широкий сварной шов, можно добавить колебательные движения электрода. Чтобы избежать подрезов на вертикальной пластине, необходимо плотно прижиматься к ней «kozyрьком» электрода (поддерживать максимально короткую длину дуги) и выполнять небольшую задержку электрода при выполнении колебательных движений торцом электрода.

3.2. Особенности сварки тавровых соединений в вертикальном положении сварного шва

Сварка тавровых соединений в вертикальном положении сварного шва обозначается на чертежах латинскими буквами PF (см. Рис. 6), если речь идет о сварке на подъём. Данное положение для тавровых соединений считается одним из самых простых в освоении. Техника сварки очень схожа с выполнением наплавки на вертикальных поверхностях, однако повышается вероятность возникновения подрезов.

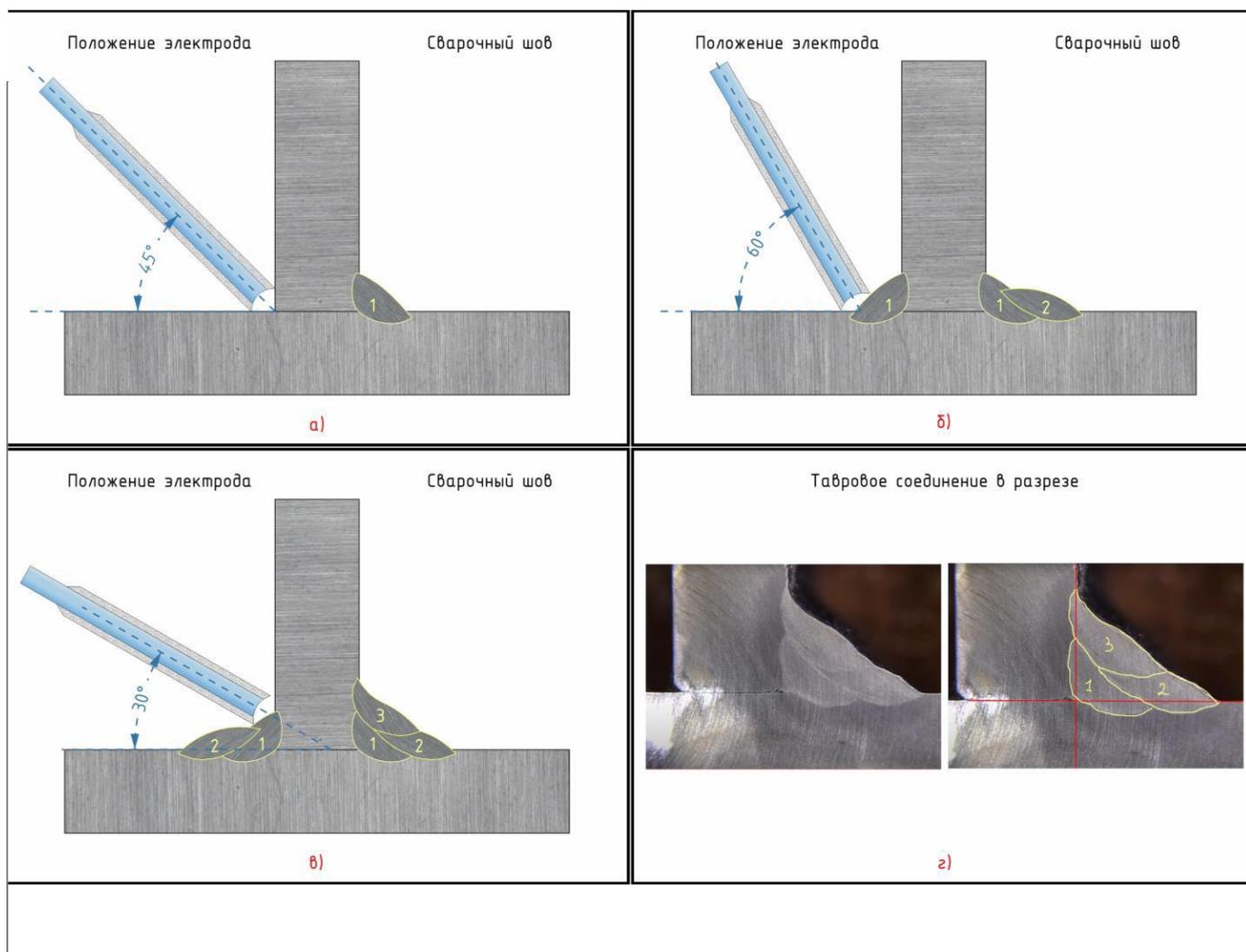
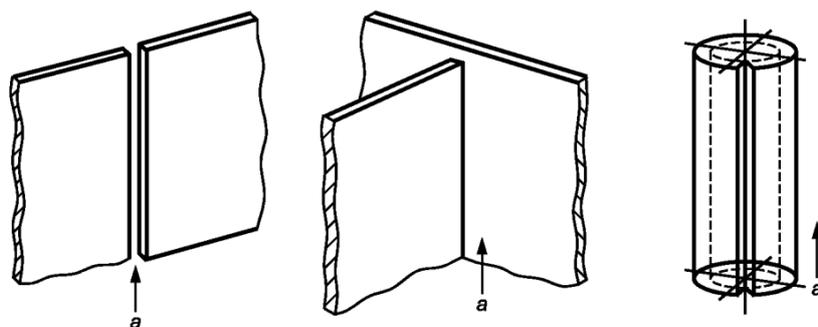


Рис. 5 – Особенности положения электрода: а) – при выполнении 1-го прохода; б) – при выполнении 2-го прохода; в) – при выполнении 3-го прохода; з) – разрез таврового соединения.



a — стрелка показывает направление сварки

f) PF — положение вертикальное снизу вверх

Рис. 6 - Вертикальное положение тавровых соединений по ГОСТ Р ИСО 6947 - 2017

Технология сварки швов с большими значениями катетов в вертикальном положении идентична сварке многопроходных швов в нижнем положении. В этом случае сила тяжести действует вдоль оси, а значит нет необходимости в компенсации её воздействия на формирования профиля сварочной ванны. По этой же причине отсутствует строгая очередность выполнения сварных проходов следующих после корневого, так как в этом случае нет необходимости в формировании «подпорки» для следующих проходов.

Общие рекомендации при сварке тавровых соединений в вертикальном положении сварного шва:

- Сварка ведется «дугой вперед».
- Сварку корневого прохода необходимо выполнять на повышенном токе для обеспечения проплавления корня шва. Однако стоит уделять внимание профилю формируемого шва. Профиль по форме должен быть приближен к прямоугольному треугольнику.
- Сварку коневого прохода можно выполнять без колебательных движений торца электрода.
- При сварке не должны образовываться шлаковые карманы по краям швов.
- Сварка заполняющих и облицовочных слоев ведется с колебательными движениями торца электрода. При этом, характер движений несимметричный. Во время выполнения сплавления валиков не стоит задерживаться на предыдущем валике (см. Рис. 7(а)), а при перемещении электрода в положение 2 (см. Рис. 7(б)) необходимо задержать электрод в этом положении для наплавки большего количества металла и заполнения подреза, который будет образовываться на пластине. Движения происходят за счет изменения угла наклона электрода, при этом необходимо следить, чтобы не образовывался излишне острый угол наклона электрода к поверхности.
- Возобновление сварки производить по технологии описанной в [Л.1 Техника начала, возобновления и окончания сварных швов](#) в п. 3.1 – «Возобновление сварки при выполнении наплавки и облицовочных проходов».

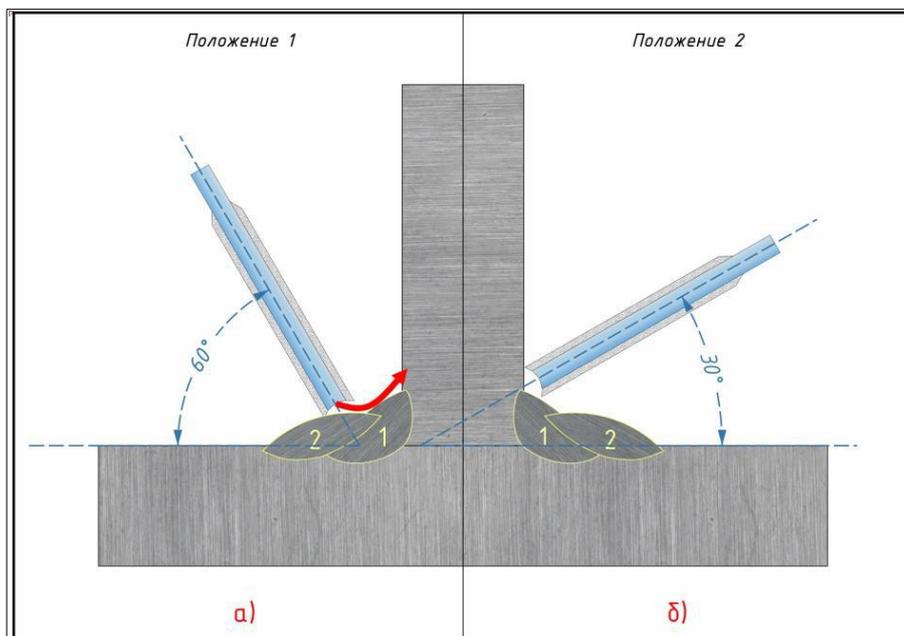


Рис. 7 – Углы наклона и положения электрода при выполнении заполняющих и облицовочных слоев

Стоит отметить, что сварку тавровых соединений в вертикальном положении сварного шва допускается выполнять в один проход вплоть до величины катета 10 – 12 мм. Для этого необходимо использовать колебательные движения в форме «треугольника» или круговые движения, как показано на Рис. 8. Стоит быть внимательным при перемещении электрода вдоль пластин. В этом случае необходимо следить, чтобы расплавленный металл полностью заполнял образующийся подрез.

Когда электрод перемещается к корню шва, необходимо выполнить небольшую остановку, чтобы обеспечить полное проплавление корня.

Сваркой «треугольником» возможно обеспечить формирование сварного шва с катетом и более 12 мм, однако это может приводить к локальному чрезмерному перегреву основного металла.

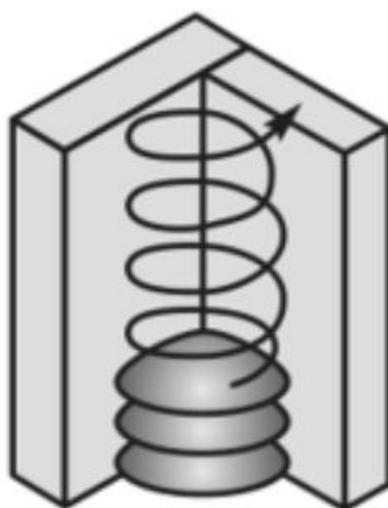


Рис. 8 - Техника сварки тавровых соединений в один проход с катетом от 6 до 12 мм.

3.3. Особенности сварки тавровых соединений в потолочном положении сварного шва

Сварка тавровых соединений в потолочном положении сварного шва в условиях заводского производства встречается редко, так как выполнение швов в таком положении является наиболее сложной процедурой с точки зрения ее исполнения и обеспечения качества сварных швов. Гораздо чаще такие швы приходится выполнять при монтаже металлоконструкций.

Одной из сложностей сварки в потолочном положении является соблюдение требований к форме и полному проплавлению корня шва, т.к. в этом положении на сварочную ванну действует сила тяжести, стремящаяся «оторвать» расплавленный металл от основного металла. Сварочная ванна удерживается в этом положении благодаря силам поверхностного натяжения жидкости и давление сварочной дуги. В связи с этим накладываются определенные ограничения на величину сварочного тока, как правило она находится на 20% - 30% ниже, чем при сварке в нижнем положении. В противном случае сварочная ванна становится трудно контролируемой, что может привести к образованию наплывов, натеков и подрезов.

Если сравнить сварку тавровых соединений в нижнем и потолочном положении, то можно отметить одну особенность в позиционировании электрода – в обоих случаях электрод более прижат к вертикальной пластине (см. Рис. 9). Такое положение электрода позволяет за счет давления сварочной дуги на сварочную ванну «поддерживать» её, тем самым становится возможным формирование швов более правильной формы.

Порядок выполнения многослойного многопроходного шва таврового соединения в потолочном положении:

1. Сварку всех проходов производить способом «дугой назад» (см. Рис. 9(г)),
2. Сварка корневого прохода. Производится без колебательных движений, при этом отклонение от горизонтальной пластины таврового соединения достигает 60° (см. Рис. 9(а)). Такое положение электрода позволит компенсировать действие гравитации на сварочную ванну и сварочный шов более равномерно распределится по пластинам.
3. Сварка второго прохода. В зависимости от величины требуемого катета сварка может производиться как с колебательными движениями торца электрода, так и узкими валиками без колебательных движений. Второй валик необходимо выполнять ниже прохода №1, чтобы в дальнейшем он служил некоторой опоркой для прохода №3. В этом случае, сварка больше напоминает наплавку в горизонтальном положении, поэтому необходимо изменить угол наклона электрода от горизонтальной пластины согласно Рис. 9(б). Если необходимо применить колебательные движения торца электрода, то их следует выполнять, не увеличивая длину дуги, т.е. компенсировать увеличение расстояния между торцом электрода и поверхностью основного металла в момент перехода от валика прохода №1 к основному металлу вертикальной пластины. Необходимо стремиться достичь плавного перехода между валиком и основным металлом.
4. Сварка третьего прохода. Техника сварки схожа с описанной в п. 2 – тот же угол наклона электрода (см. Рис. 9(в)), однако при необходимости добавляются колебательные движения электрода. Необходимо следить за сплавлением валиков, особенно если данный слой является облицовочным. Характер колебательных движений несимметричный. Не стоит задерживаться в нижней точке движений, т.к. возможно образование чрезмерной выпуклости сварного шва. Задержку электрода необходимо выполнять в верхней части у основного металла, и выдерживать максимально короткую дугу в этот момент, прижимаясь «козырьком» электрода к пластине. Этот прием позволит избежать образование подреза у горизонтальной пластины.
5. Сварка последующих слоев выполняется по аналогичному принципу описанному в п. 3 и 4. В каждом слое (особенно в облицовочном) необходимо стремиться к получению прямоугольного профиля сварного шва. Для этого необходимо уделять внимание сплавлению валиков в одном слое и равномерному распределению сварного шва по поверхностям пластин (равенство и симметричность катетов).

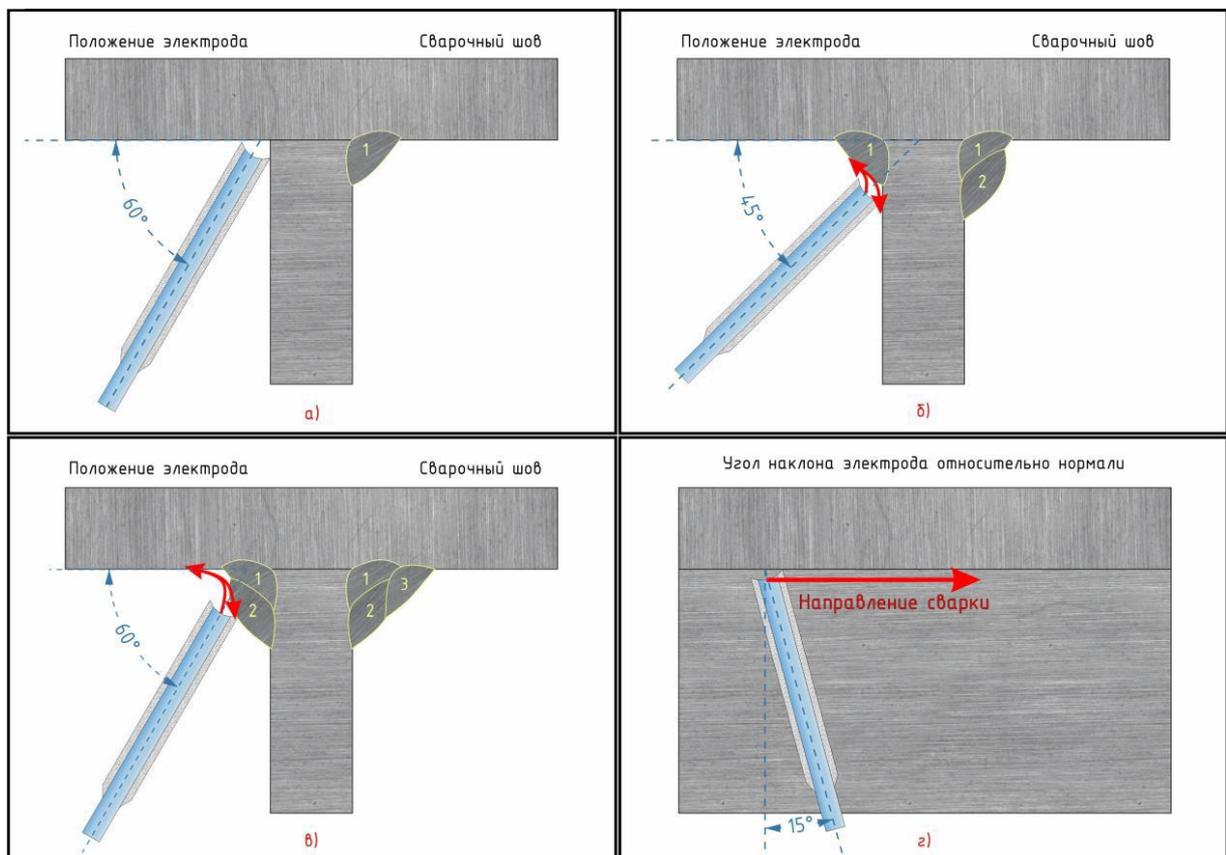


Рис. 9 – Положение и углы наклона электрода при сварке в потолочном положении: а) – при сварке первого прохода; б) – при сварке второго прохода; в) – при сварке третьего прохода; г) – угол наклона электрода относительно нормали.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной лекции были рассмотрены одни из самых простых видов тавровых соединений Т1 и Т3 по ГОСТ 5264-80. Существует целый ряд тавровых соединений, в которых выполнен скос кромки торца прилегающей пластины. В этом случае сварка в большей степени схожа со сваркой стыковых соединений с разделкой кромок, которая описана в соответствующей лекции данного курса.

Резюмируя все вышеизложенное, можно подвести следующие выводы:

- Главной характеристикой тавровых соединений Т1 и Т3 является правильная величина катета сварного шва. Это достаточно сложная задача при сварке толстого металла, где необходимо применять многослойную многопроходную сварку.
- В большинстве случаев к форме шва предъявляют требование плоской поверхности или небольшой выпуклости профиля сварного шва. Принимая во внимание предыдущий пункт, задача, стоящая перед сварщиком, еще больше усложняется.
- При сварке тавровых соединений важную роль играет умение сварщика применять и контролировать в процессе сварки правильные углы наклона электрода и правильную длину дуги.

