

AHXAIR



29 апреля 2010 г.
Составил Frédéric Legrand (Фредерик Легран)

ОРБИТАЛЬНАЯ СВАРКА



РУКОВОДСТВО

СВАРКА НЕПОВОРОТНЫХ СТЫКОВ (ОРБИТАЛЬНАЯ СВАРКА)

УЧЕБНОЕ РУКОВОДСТВО



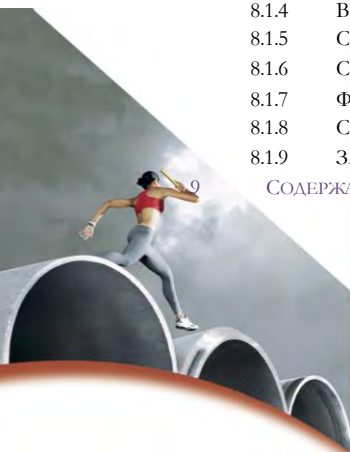
УЧЕБНОЕ

0

AAXAIR

1 Содержание

2	ПРОЦЕСС TIG — ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	3
2.1	ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПРОЦЕССА TIG.....	0
2.2	ОРБИТАЛЬНАЯ СВАРКА TIG.....	4
2.3	ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ДУГИ.....	6
2.4	ПОСТОЯННЫЙ ТОК / ПРЯМАЯ ПОЛЯРНОСТЬ.....	7
2.5	ПОСТОЯННЫЙ ТОК / ОБРАТНАЯ ПОЛЯРНОСТЬ.....	8
3	ПАРАМЕТРЫ ОРБИТАЛЬНОЙ СВАРКИ.....	9
3.1	ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ.....	9
3.1.1	ТРУБА.....	9
3.1.2	ПОДГОТОВКА.....	10
3.1.3	ЭЛЕКТРОД.....	16
3.1.4	ЗАЩИТНЫЙ ГАЗ.....	23
3.1.5	СКОРОСТИ ГАЗОВОГО ПОТОКА / КЕРАМИЧЕСКОЕ СОПЛО.....	33
4	ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ.....	34
4.1	ЭНЕРГИЯ СВАРКИ.....	37
4.2	ЗНАЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ.....	38
4.3	УПРАВЛЕНИЕ ТОКОМ.....	40
4.4	УПРАВЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЕМ ДУГИ.....	41
4.4.1	НЕВОЗМОЖНОСТЬ КОНТРОЛЯ.....	41
4.4.2	УПРАВЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЕМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕХАНИЧЕСКОГО ПОВТОРИТЕЛЯ.....	42
4.4.3	УПРАВЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЕМ ДУГИ - AVC.....	44
4.4.4	УПРАВЛЕНИЕ СКОРОСТЬЮ СВАРКИ.....	46
4.4.5	РЕЖИМ СВАРКИ.....	46
5	СВАРКА.....	55
6	ВВОД ДАННЫХ.....	56
7	ДЕФЕКТЫ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ.....	57
8	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	62
8.1	ПОДРОБНОСТИ О ПАРАМЕТРАХ СВАРКИ.....	63
8.1.1	СКОРОСТЬ СВАРКИ.....	63
8.1.2	СВАРОЧНЫЙ ТОК.....	ОШИБКА! ЗАКАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА.
8.1.3	ИЗМЕНЕНИЕ СВАРОЧНОГО ТОКА.....	64
8.1.4	ВРЕМЯ ИМПУЛЬСОВ.....	65
8.1.5	СВАРКА ТОЛЩИН МЕЖДУ 2,5 И 3 ММ.....	68
8.1.6	СВАРКА ТОЛЩИН БОЛЬШИХ, ЧЕМ 3 ММ.....	68
8.1.7	ФОРМУЛА ЦИКЛА ВРЕМЕНИ СВАРКИ.....	68
8.1.8	СЛОВАРЬ МАТЕРИАЛОВ.....	69
8.1.9	ЗАЩИТА ОТ ИЗЛУЧЕНИЯ ДУГИ.....	72
9	СОДЕРЖАНИЕ.....	73



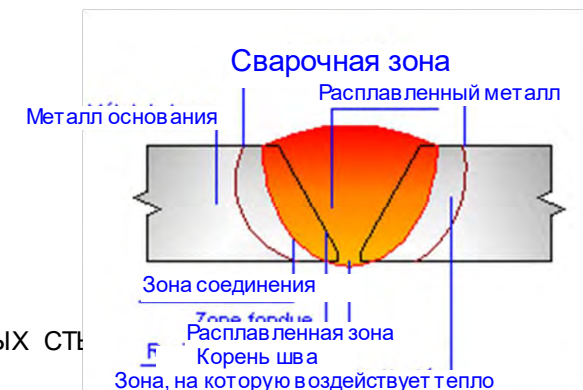
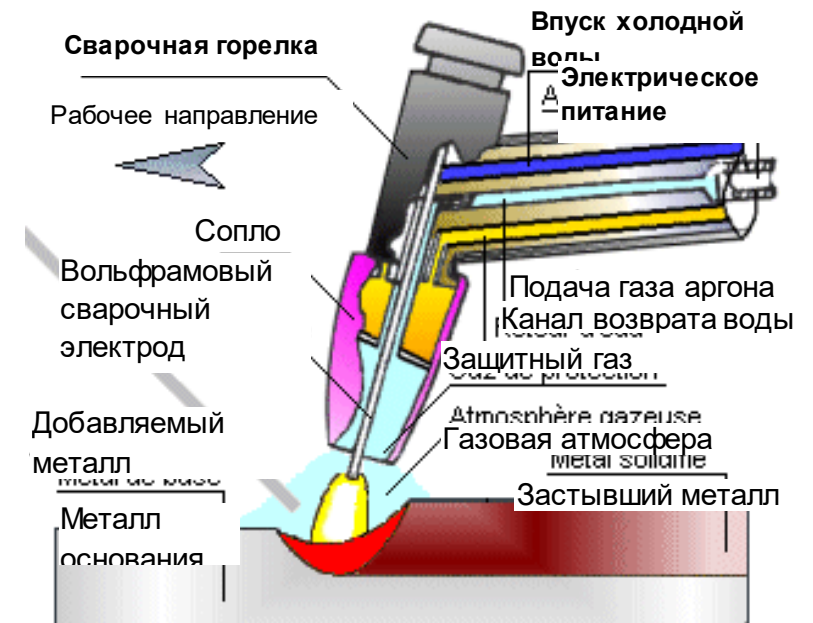
2 ПРОЦЕСС TIG — ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

2.1 Преимущества и недостатки процесса TIG

Сварка TIG представляет собой процесс дуговой сварки, который использует неплавящийся сварочный электрод. TIG является акронимом, означающим Вольфрам, Инертный газ, где Вольфрам относится к сварочному электроду, а Инертный газ - тип плазмы, создающейся в используемом газе. Дуга формируется между огнеупорным стержнем (- генератора) и деталью (+ генератора) в потоке газа. Обычно используется инертный газ или смесь инертных газов.

Ток проходит через газ, который течет через сопло и вокруг поверхности электрода. Сварка осуществляется в прямой полярности (- полюс генератора соединен с электродом) для большинства металлов и сплавов (стали, нержавеющей стали, сплавов на основе меди, титановых, никелевых сплавов и т.д.), кроме случаев сварки легкого алюминия или сплавов магния, где используется переменная полярность (в течение определенного времени электрод соединен с + полюсом генератора). Непрерывная сварка в обратной полярности (+ полюс, соединенный с электродом) плавит электрод и разрушает его.

Процесс сварки TIG преобразует электрическую энергию (электрическая дуга между электродом и деталью) в тепловую энергию без контакта с деталью. Тепло плавит материал, что позволяет двум контактирующим элементам соединиться. Если требуется добавление металла, он вводится в ванну расплава прямо под электродом. Фактически сварка TIG очень стабильна и может использоваться во всех положениях. Таким образом, ее легко автоматизировать.



Температуры в конусе сварки рядом с электродом превышают 4800 °С.

Эти высокие температуры требуют охлаждения машин вокруг сварочной горелки в случае открытых головок или головок заводского изготовления, или полного охлаждения по всей машине для закрытых головок. Головки будут описаны ниже.

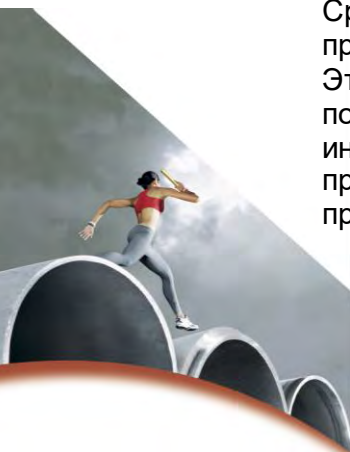
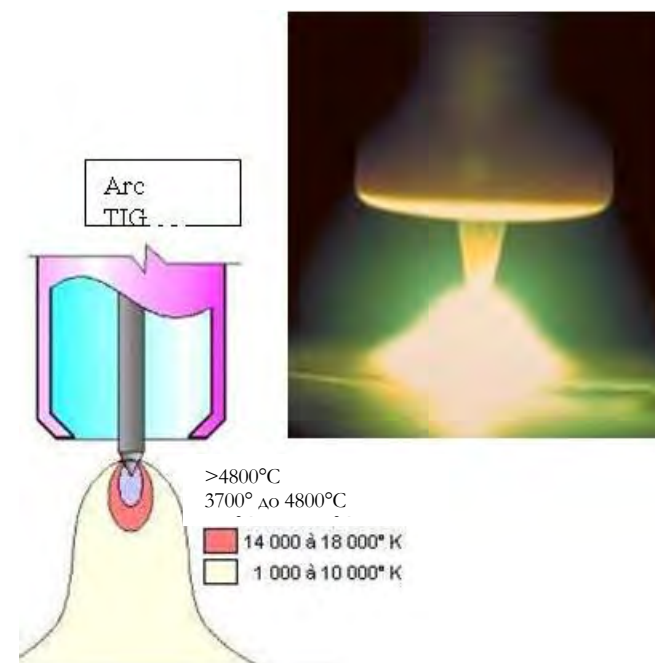
2.2 Орбитальная сварка TIG

Сварка неповоротных стыков была разработана в шестидесятые годы, чтобы удовлетворить требованиям авиационной промышленности, особенно относительно элементов, которые должны иметь высокую степень надежности, типа гидравлических систем. Случаи аварий сварных соединений на этих компонентах в полете и при скоростях, приближающихся к скорости звука, привели к развитию сварки неповоротных стыков (орбитальной сварки).

Орбитальная сварка TIG очень легко может быть автоматизирована. Фактически горелка является подвижной, а стационарные детали остаются неподвижными. Процесс, таким образом, особенно подходит для сварки труб. Сварка "на своем месте" также значительно облегчается.

На повторяемость автоматической орбитальной сварки TIG на системах трубопроводных линий из нержавеющей стали влияют нескольких факторов. Они включают форму вольфрамового электрода, давление продувочного газа в системе трубопроводных линий, чистоту продувочного газа, подготовку поверхности в процессе резания и т.д. Подготовка поверхности очень важна для получения качественного сварного соединения. Срачиваемые детали (трубы) должны быть отрезаны очень прямо, а также очень существенно обеспечение чистоты.

Этот тип сварки используется на коллекторах чистых газов в полупроводниковой промышленности, для чистой воды (вода для инъекции, например), в фармацевтической промышленности, в промышленности продуктов питания, в химической и нефтяной промышленности, а также в атомной промышленности.



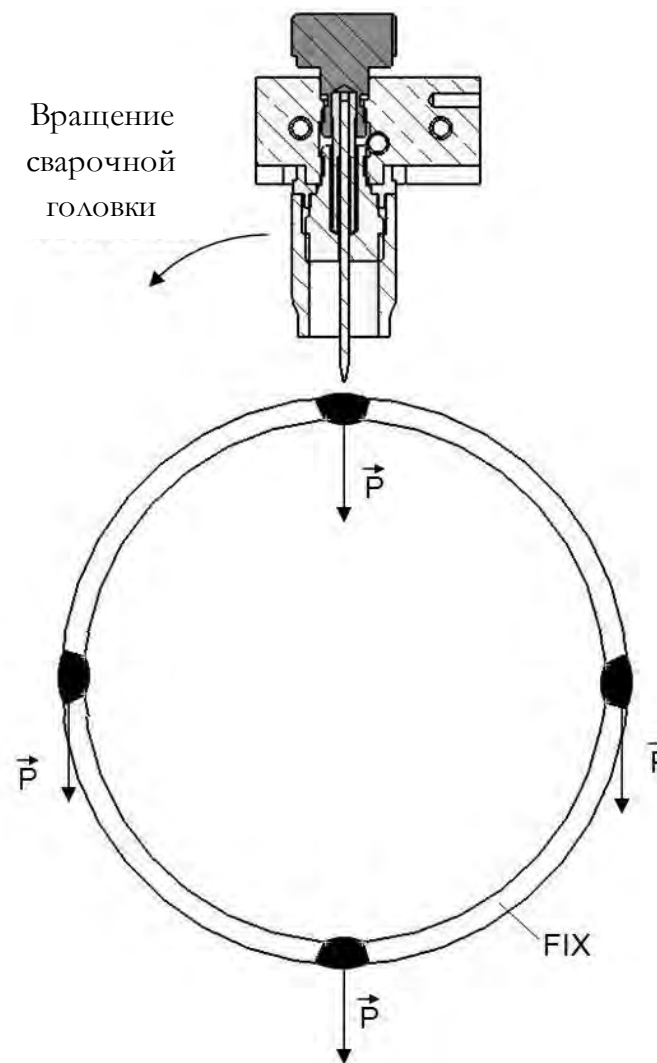
Сварка неповоротных стыков - очень стабильный процесс, но необходима тщательная подготовка, особенно относительно сорта используемых электродов, качества используемых газов, качества труб и свариваемых элементов, качества прихваточных швов, как можно будет видеть ниже, а также качества используемого сварочного тока. Если всеми этими элементами правильно управлять, процент брака орбитального сварного соединения TIG составляет меньше 1%.

С самого начала сварка неповоротных стыков почти всегда комбинировалась с процессом TIG и вольфрамовыми электродами без их расплава, кроме определенных случаев, когда должен был использоваться холодный провод. Могут быть сварены очень многие металлы: самые твердые, самые теплостойкие и большинство нержавеющей сталей, нелегированных или слаболегированных сплавов углеродистой стали, никелевые сплавы, а также титан, медь, алюминий и их сплавы. Процесс выполняется под контролем, в защитной атмосфере. Он является чрезвычайно чистым, генерирует немного частиц и не вызывает образования нежелательных выступов. Процесс, главным образом, используется для сварки нержавеющей стали и удовлетворяет большинству строгих требований относительно механического качества и внешнего вида.

Человеко-машинные интерфейсы делают процесс очень удобным в использовании, так как сварка неповоротных стыков является относительно легкой и может быть выполнена обученными операторами, которые необязательно должны быть сварщиками.

В большинстве случаев встроенные автовычислительные системы настраивают параметры сварки, чтобы обеспечить оптимальные результаты сварки. Параметры точно управляют энергией, приложенной для компенсации силы тяжести и нагрева труб в процессе сварки.

Главная проблема этого процесса - низкая скорость выполнения (приблизительно 100 мм/мин), и малое осаждение при сварке, которая использует проволоку.



Настройка системы сварки неповоротных стыков, относительно механической системы, которая перемещает электрод вокруг трубы, и относительно электроники, с коммуникационными и сложными станциями, требует инвестиций, которые в 10 - 30 раз больше, чем для ручных систем. Однако система менее дорогая, чем сварочный робот.

2.3 Процессы формирования дуги

Используется разность потенциалов между двумя электродами, которые очень близки друг к другу в газообразной субатмосфере, чтобы испускать электроны с КАТОДА, которые притягиваются АНОДОМ.

КАТОД (обычно электрод) соединен с отрицательным полюсом, в то время как АНОД связан с положительным полюсом (обычно землей).

Перенос электронов вызывает соударения с атомами газа (ионизация), которая порождает другие электроны. Ток, таким образом, проходит через столб дуги или плазменный шнур, формирующий газообразный проводник между катодом и анодом. Только 30 % тепловой энергии, сгенерированной дугой, используются для сварки, остальные 70% поглощаются массой детали, расходятся на излучение или конвекцию. По этой причине процесс TIG, главным образом, используется для качественных работ, и не может достигнуть уровня производительности, сопоставимого с другими процессами сварки, типа сварки с покрытым электродом, сварки порошковыми проволоками или дуговой сварки под флюсом и т.д.

В зависимости от типа свариваемого материала дуга может питаться переменным или постоянным током, импульсным или неимпульсным.

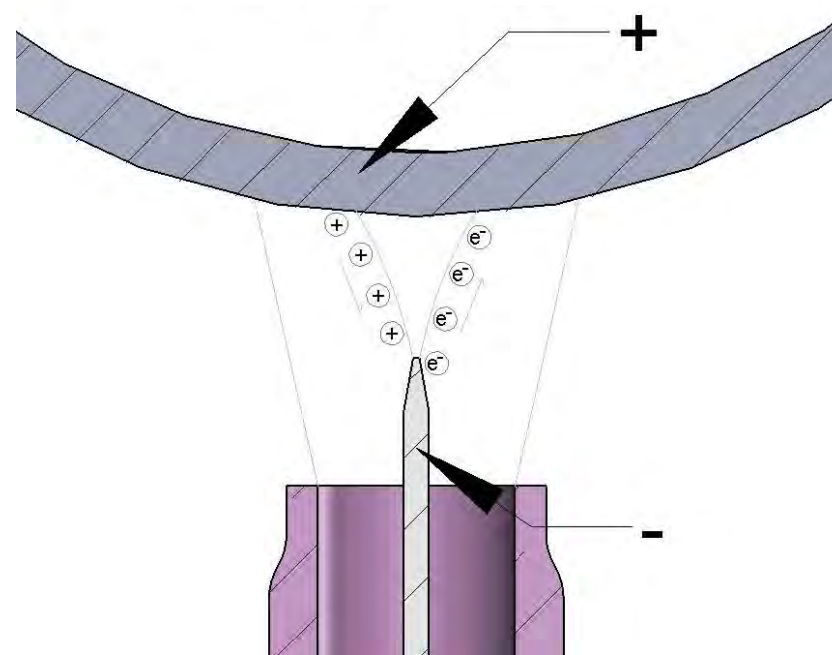
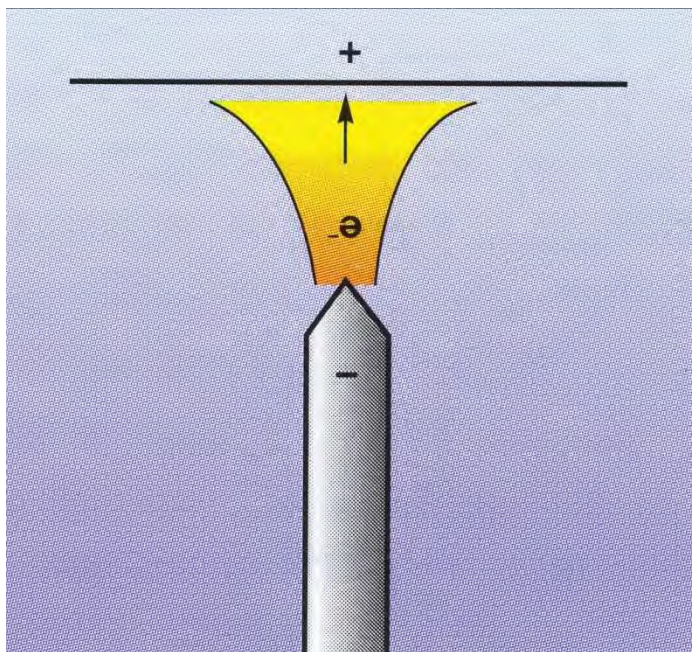


2.4 Постоянный ток / Прямая полярность

На постоянном токе теоретически используется прямая полярность, означающая, что электрод связан с отрицательной полярностью и, таким образом, он излучает электроны. В этом случае температура более высока в ванне расплава, чем на электроде. "Разумная" температура кончика электрода позволяет ему сохранить свою форму. Сварочная дуга поэтому совершенно устойчива, и сварной шов будет гладким.

Прямая полярность используется для углеродистых сталей, легированных сталей и меди или сплавов на основе никеля. В очень специфических случаях прямая полярность может также использоваться для сварки легких сплавов под защитой гелия.

Прямая полярность



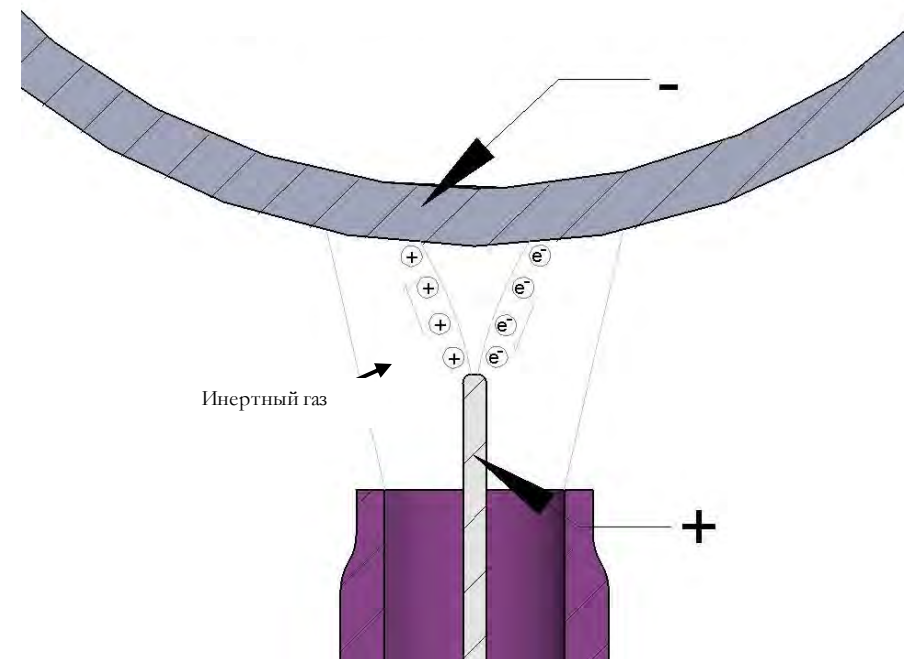
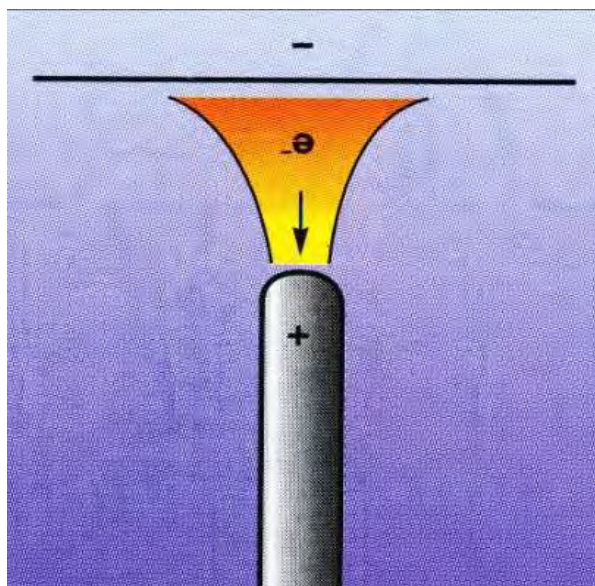
2.5 Постоянный ток / Обратная полярность

При обратной полярности электрод соединен с положительным полюсом. В этом случае температура на электроде выше температуры в ванне расплава. Соударения электронов тогда имеют тенденцию нагревать электрод, который, таким образом, повреждается, что вынуждает оператора снизить сварочный ток. На кончике электрода формируется капля, а дуга становится неустойчивой и неравномерной.

Таким образом, сварка на постоянном токе с обратной полярностью используется только для очень специфических применений. Однако обратная полярность предлагает преимущества для процесса сварки с покрытым электродом.



Обратная полярность



3 Параметры орбитальной сварки

Цель этого руководства - ознакомить пользователей с различными элементами, которые позволят им получить лучшее из их сварочных установок со сверхвысокими уровнями качества и повторяемости.

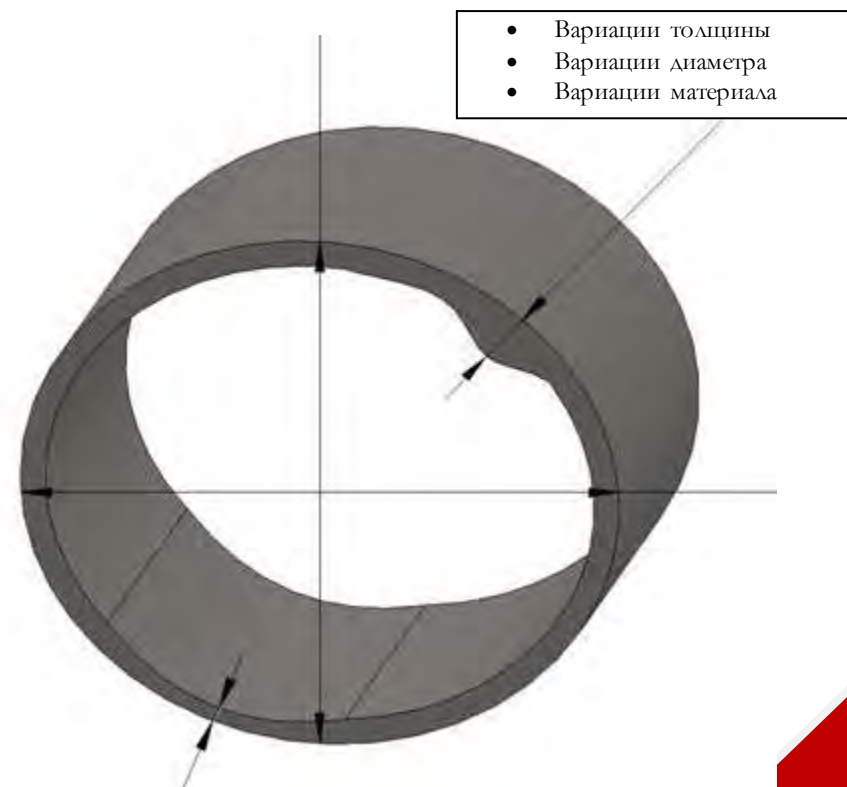
Чтобы упростить изложение, мы разделим параметры сварки на две больших категории:

- **Физические параметры**
- **Токовые параметры**

3.1 Физические параметры

3.1.1 Труба

Трубой часто пренебрегают при сварке неповоротных стыков, но в действительности это - центральный элемент. Очевидно, используемые сорта труб изменяются в зависимости от применения или промышленного сегмента. В то время как первоначально орбитальный процесс использовался с очень высококачественными трубами, например, в космических применениях, пищевая промышленность теперь использует трубы намного более низкого качества. Особенно проблема касается геометрических допусков трубы относительно диаметра (отклонения от окружности), а также толщины. Кроме того, качественное и однородное присутствие элементов внутри материала, особенно серы, чрезвычайно важно для свариваемости и соответственно для параметров сварки. Эти критерии должен тщательно контролировать Ваш поставщик труб, что вполне может привести к их удорожанию.

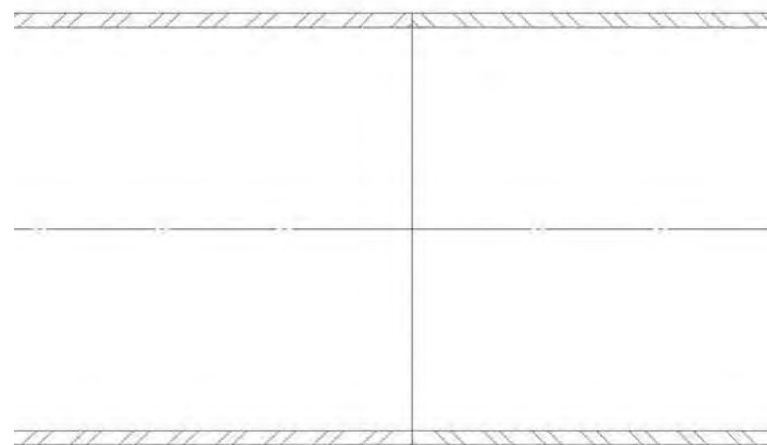
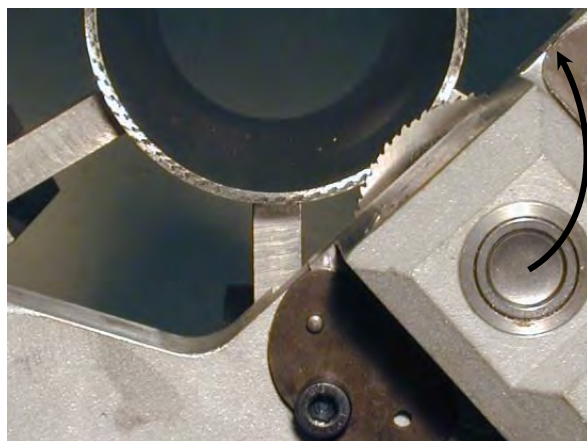


3.1.2 Подготовка

3.1.2.1 Отрезание

Подготовка труб также позволит гарантировать, что детали, которые должны быть сварены, будут подходить друг к другу как можно ближе.

С этой целью рекомендуется перпендикулярное и без заусенцев отрезание. Для этого должен использоваться орбитальный металлорежущий станок. Он перемещает полотно пилы вокруг трубы. Это позволяет избежать деформации геометрии высококачественных труб. Не возникает деформации при зажиме (коаксиальные зажимные приспособления) и из-за сил при отрезании, поскольку лезвие следует за секцией трубы.



Это наглядно проиллюстрировано на примере СС1100, который использует 18 коаксиальных зажимных кулачков, чтобы избежать искажений диаметра трубы.

Этот метод отрезания гарантирует перпендикулярные разрезы в пределах очень точных допусков $< 0,25$ мм на одно отрезание.

Эта точность гарантирует, что сварочная машина правильно закрывает сочленение, таким образом, выполняя совершенно герметичное сварное соединение.

Орбитальное отрезание является, таким образом, самым подходящим методом для удовлетворения требований автоматической сварки. Эта подготовка используется для труб с толщиной стенки менее 3 мм.

Электрополированные трубы

В зависимости от природы прокачиваемой жидкости некоторые трубы электрополированы изнутри, чтобы снизить трение на стенках трубки, и теплообмен с трубой. Этот тип труб используется в полупроводниковой и фармацевтической промышленности. В этом случае резец, который образует стружку, недопустим, поскольку стружка может поцарапать внутреннюю поверхность труб. Таким образом, используется абразивный инструмент, чтобы осуществить отрезание без стружки.

Поскольку это отрезание позволяет делать значительный наклон из-за особенностей шлифовального инструмента, плоскость отрезания может регулироваться, чтобы сделать ее перпендикулярной оси. Портативные машины обработки поверхности выполняют эту работу, откачивая стружку из трубы, то есть не повреждая полированную внутреннюю поверхность.



3.1.2.2 Закругление кромок

Существует два типа совместимой подготовки:

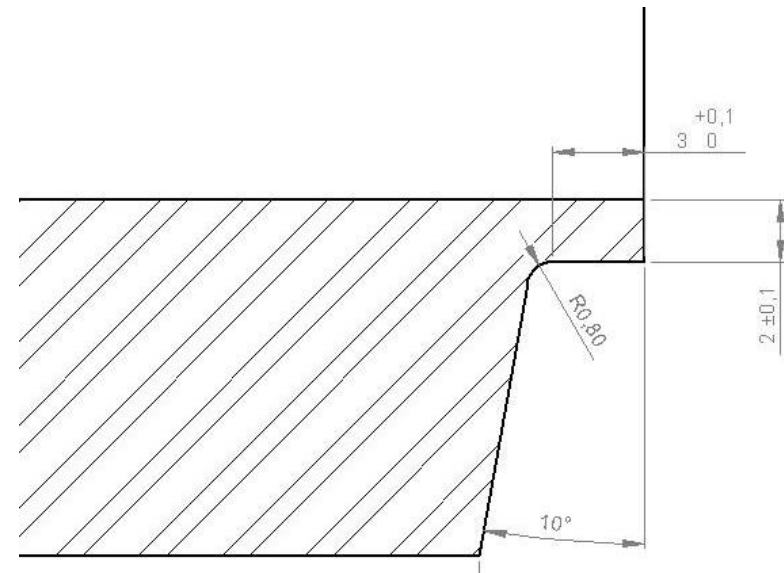
- Расширенное на конус закругление кромок без снятия верхнего слоя: трубы с толщиной стенки между 3 и 10 мм (ориентировочно).
- Расширенное на конус закругление кромок со снятием верхнего слоя (толщина стенок > 10 мм).

В случае толщины стенок, превышающей 3 мм, ванна сварного соединения становится слишком большой для геометрически точной работы. В этом случае расширенное на конус закругление кромок делается на станке, чтобы работать с толщиной, которая может быть сварена впритык (стыковочный шов). Тогда необходимо использовать проволоку, чтобы заполнить закругление кромки.

Без снятия верхнего слоя

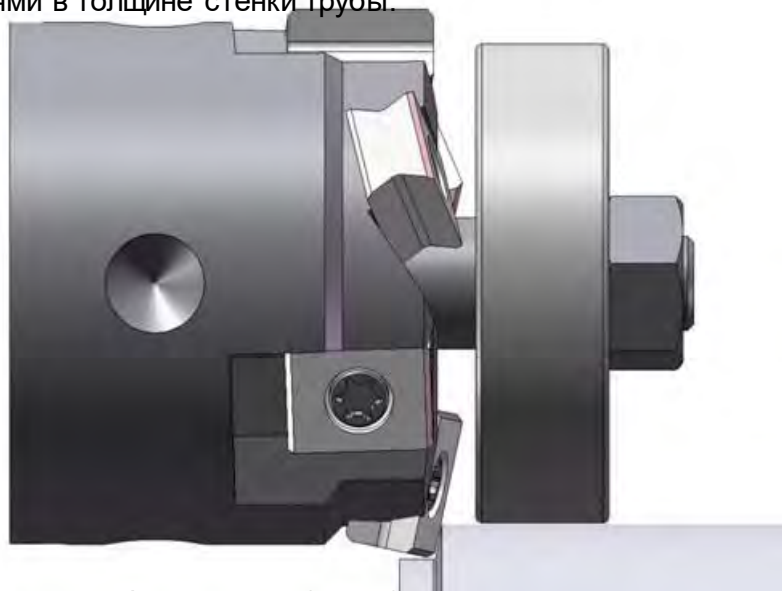
Эта операция может быть выполнена при использовании различных токарных станков или портативной кромкозакругляющей машины. Все эти машины будут полностью скруглять конец трубы. Поскольку идеальных круглых труб не существует, эта подготовка вызывает появление следующего дефекта при выполнении подготовительной работы:

- Переменный буртик, связанный с “некруглостью” трубы, и разная толщина по окружности.



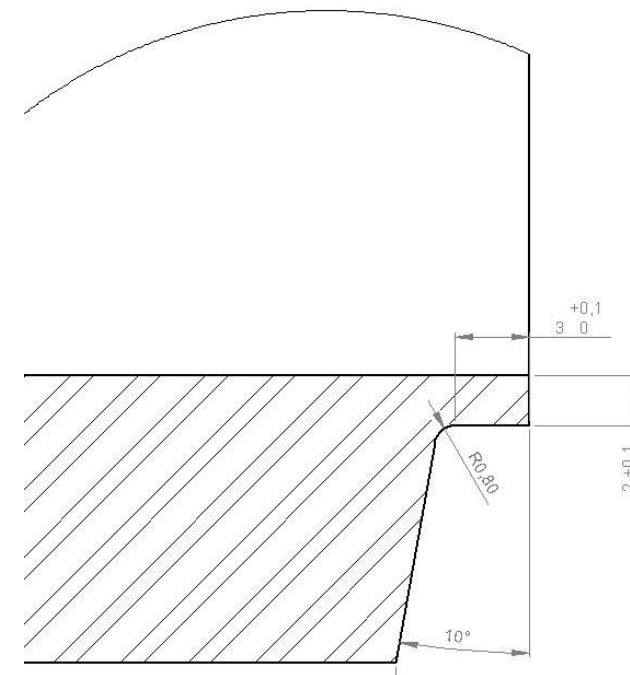
Технический метод коррекции

- Машина с **внешним повторителем конфигурации**. Это позволяет инструменту удаления стружки следовать за внешней конфигурацией трубы, то есть принимать во внимание любую “некруглость”! Единственный недостаток такой подготовки - переменный буртик, связанный с изменениями в толщине стенки трубы.



Повторитель конфигурации (ролик), смонтированный на маховике AXAIR GA с внешним повторителем конфигурации.

- Машина с **внутренним повторителем конфигурации**. Этот метод механической обработки учитывает любую “некруглость”, а также изменения толщины стенки, и поэтому позволяет формировать постоянный буртик на конце трубы. Применение этой системы ограничивается диаметром и устройством щупа,



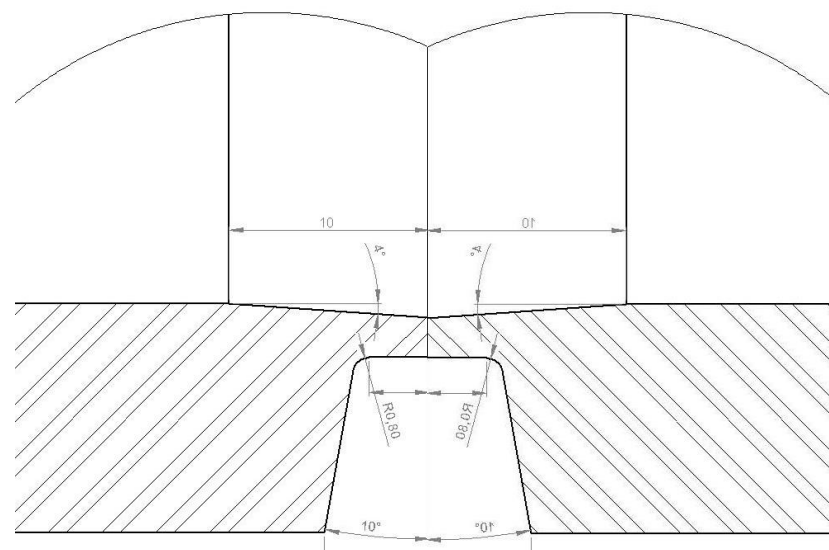
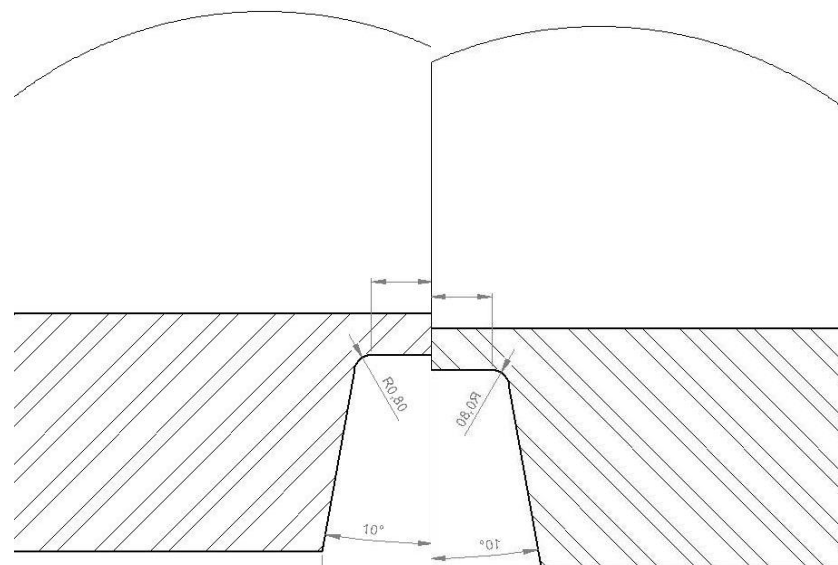
требуемым для внутренней части трубы. Однако это система обычно работает при размерах выше 4 дюймов (114,3 мм).

Эта подготовка без снятия верхнего слоя, таким образом, дает ровный буртик, но труба все еще остается более или менее некруглой, что будет влиять на сопряжение стыков, которые должны быть сварены. Позиция буртика будет смещена.

Это смещение требует применения оснастки, способной позиционировать буртик без смещения. В этом случае лучше сделать круглой трубу, работая изнутри, в упругой части материала так, чтобы части (трубы) совершенно совпадали друг с другом. Такие инструменты существуют, но очень дороги из-за необходимости восстанавливать окружность по всей площади контакта, то есть они предназначены только для одного диаметра или очень малого диапазона диаметров.

Со снятием верхнего слоя

Этот тип подготовки, когда это возможно, является идеальным. Важно подчеркнуть "когда это возможно", поскольку это зависит от механической прочности трубы, допуска на коррозию, принятого во внимание разработчиком и, наконец, от принятого коэффициента безопасности, чтобы определить стандартную допустимую толщину. В зависимости от этих элементов, а также от любых дефектов трубы, возможно снятие верхнего слоя, но в соответствии с определенными правилами. Снятие верхнего слоя включает механическую обработку внутренней стыковой области трубы, чтобы гарантировать максимальную точность и заставить ее быть совершенно круглой. Эта операция обычно выполняется при использовании развертки на несколько градусов (2 - 4 °) без шага, чтобы избежать зарождающегося отказа.

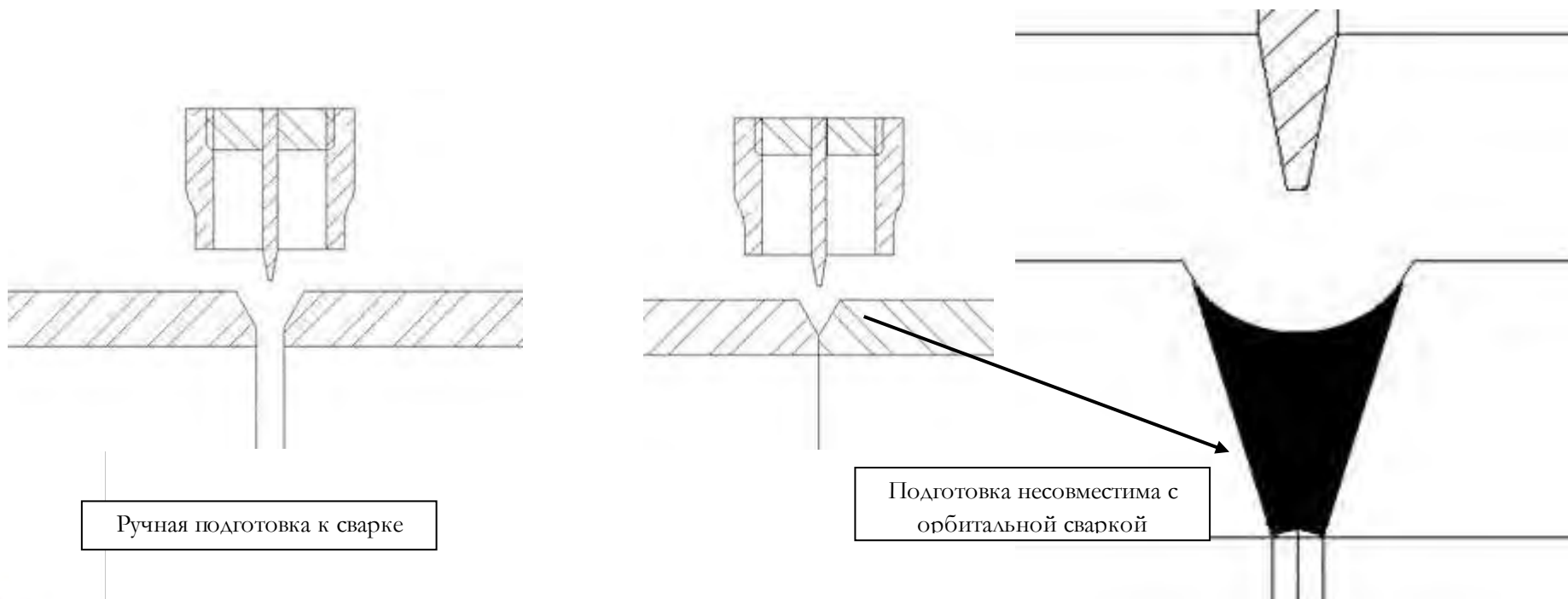


Таким образом, все поверхности трубы будут шлифованными, и буртик будет совершенно гладким (без повторителя конфигурации), и сопряжение этих двух труб будет крайне простым.

В обоих этих случаях сварки трубопровода сварное соединение будет представлять многослойный шов, который будет нуждаться в добавлении металлической проволоки, что будет влиять на метод сварки (рекомендуются системы с AVC и осцилляцией).

Важное замечание

Сварка неповоротных стыков представляет собой автоматическую сварку. Единственная подготовка V-образного вида, и соединение с промежутком в 2 - 3 мм, или даже V-образное соединение с буртиком и без промежутка, невозможны.



Ручная подготовка к сварке

Подготовка несовместима с орбитальной сваркой

3.1.3 Электрод

Вольфрам - тугоплавкий металл, который плавится при 3410 °С. Это предполагает превосходное сопротивление теплу дуги и сохранение твердости электрода даже при очень высоких температурах. В прошлом для сварки TIG часто использовались электроды из ториевого вольфрама, но торий представляет опасность, связанную с присутствием радиоактивных изотопов, и, таким образом, требовался специальный шлифовальный станок, чтобы гарантировать, что частицы должным образом удаляются и собираются.

Позже стали использоваться электроды из цериевого или лантанового вольфрама, которые не представляют радиоактивной опасности. Кроме того, их характеристики, по крайней мере, равны характеристикам электродов из ториевого вольфрама. Важно соблюдать соотношение добавленных элементов в вольфрам, конфигурацию электрода и всегда гарантировать достаточную газовую защиту, наряду с приемлемыми величинами тока в зависимости от выбранного диаметра электрода.

3.1.3.1 Классификация электродов

Вольфрамовые электроды классифицируются по химическому составу. Для получения более подробной информации см. стандарт ANSI/AWS A5.12-92.

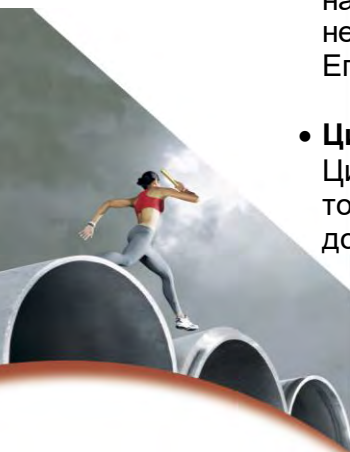
Электрод всегда имеет в своей основе вольфрам, и может включать добавленные сплавы или оксиды.

- **Чистый вольфрам (зеленый)**

Ограниченные величины тока, главным образом, используются для переменного тока при сварке сплавов алюминия, поскольку капля, формируемая на кончике, чистая и поэтому обеспечивает устойчивую дугу. Чистый вольфрам не рекомендуется для сварки на постоянном токе, поскольку его дуговой разряд и стабильность горения дуги недостаточны. Кроме того, этот тип электрода может вызвать включения вольфрама. Его главное преимущество - низкая цена.

- **Циркониевый вольфрам (коричневый)**

Циркониевый вольфрам - стандартный электрод для сварки алюминия на переменном токе. Он обеспечивает хороший дуговой разряд и стабильность горения дуги, достаточно приемлемые величины тока и более низкий риск включений вольфрама.



- **Ториевый вольфрам (желтый - 1 % или красный - 2 %)**

Ториевый вольфрам — конечно, самый известный и наиболее широко используемый электрод для ручной сварки TIG. Он обеспечивает очень приемлемые величины тока, лучшую электронную эмиссию, а также ограничивает температуру электрода, таким образом, снижая риск загрязнения сварного соединения включениями вольфрама (несмешивающийся элемент).

Ториевый вольфрам, главным образом, используется на постоянном токе. На переменном токе трудно сохранить правильную форму капли на кончике электрода, что является причиной того, почему электроды из ториевого вольфрама редко используются на переменном токе.

НЕДОСТАТОК: Торий содержит низкий уровень радиоактивных оксидов и по этой причине постепенно выходит из использования (из соображений охраны здоровья и безопасности). Требуется защита оператора при использовании такого электрода.

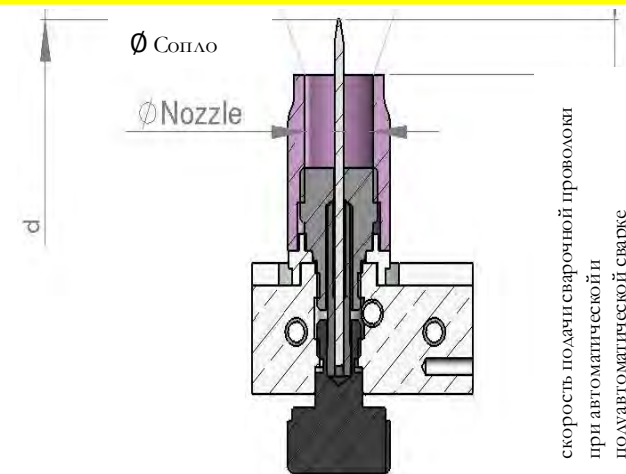
- **Цериевый вольфрам (оранжевый 2 %)**

Этот тип электрода сначала использовался в США в начале восьмидесятых, и он интенсивно заменяет торий из-за его оксидов, которые не радиоактивны. Он использует те же самые величины тока, что и чистый вольфрам, имеет разумный срок службы и, прежде всего, обеспечивает превосходный дуговой разряд и несравнимую стабильность горения дуги.

Этот тип электрода является многопараметрическим и может использоваться как с постоянным, так и с переменным током, и в большинстве случаев используется для всех применений автоматической TIG сварки.

ПРИМЕЧАНИЕ

Существуют другие типы электродов, но они не рассматриваются в этом руководстве.



3.1.3.2 Состояние поверхности электрода

Выбор вольфрамовых электродов иногда зависит от покупной цены. Однако состояние поверхности - очень незначительный параметр, но очень важный в процессе орбитальной сварки TIG, чтобы гарантировать повторяемость сварного соединения.

Обычно для автоматических систем TIG предпочтительно использовать:

- Электроды, очищенные после формования, чтобы удалить примеси с поверхности электрода.
- Электроды, полированные по оси шлифования, чтобы гарантировать постоянный диаметр и удалить поверхностные дефекты (паразитная дуга). Хорошее состояние поверхности и шероховатость, не превышающая Ra 0,8, будут гарантировать лучшую проводимость между электродом и держателем электродов и лучший перенос электрической дуги.

3.1.3.3 Выбор электрода - диаметра - длины

Для получения более детальной информации см. стандарт HNF EN 26848. Диаметры вольфрамовых электродов варьируются от 0,3 до 8 мм (от 0,010 до 0,250 дюймов).

Стандартные длины варьируются от 100 до 200 мм. AXXAIR поставляет предварительно полированные и обработанные электроды длиной 50 мм.

Выбор вольфрамового электрода зависит от базового материала, типа используемого тока (переменный или постоянный), защитного газа и величины сварочного тока.

Диаметр электрода / приемлемые величины тока

ДИАПАЗОН ЗНАЧЕНИЙ СИЛЫ ТОКА КАК ФУНКЦИИ ДИАМЕТРА		
Постоянный ток (Прямая полярность)		
Диаметр электрода	Чистый вольфрам	Ториевый вольфрам
1,0 мм	10 - 70 А	10 - 80 А
1,6 мм	50 - 100 А	50 - 120 А
2,0 мм	80 - 160 А	80 - 190 А
2,4 мм	100 - 200 А	100 - 240 А
3,2 мм	140 - 260 А	140 - 300 А

3.1.3.4 Важность геометрии электрода

- **Вылет электрода**

Если вылет электрода слишком большой, дуга не будет сосредоточенной, поэтому средства защиты электрода и ванны сварки будут неэффективны.

Наоборот, если вылет электрода недостаточен, дуга будет задушаться и керамическое сопло будет перегреваться.

ПРИМЕЧАНИЕ

Практическое правило, когда разрешена глубина закругления кромки - это то, что вылет электрода должен быть в 2 или 3 раза больше его диаметра.

- **Важность угла шлифования**

Угол шлифования - самый важный параметр для характеристик дуги и конфигурации валика, и поэтому он считается неотъемлемой частью технологии сварки.

Угол шлифования прямо воздействует на ширину проплавления. В общих чертах угол приблизительно в 10° расширит дугу (высокое напряжение дуги), со столбом дуги, который имеет коническую форму, тогда как угол приблизительно в 45° дает более "цилиндрический" столб дуги (более низкое напряжение дуги). Влияние угла шлифования становится существенным при токах выше 50 А.

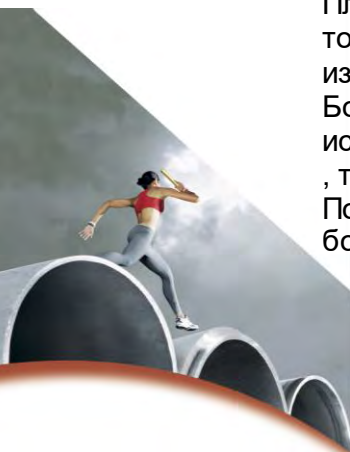
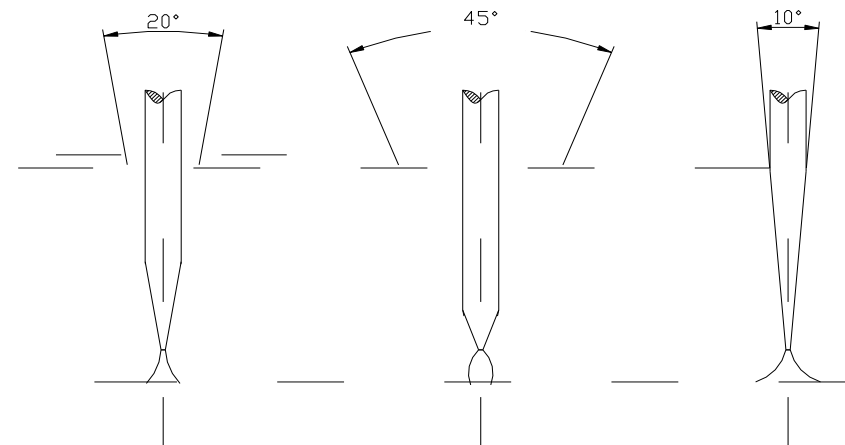
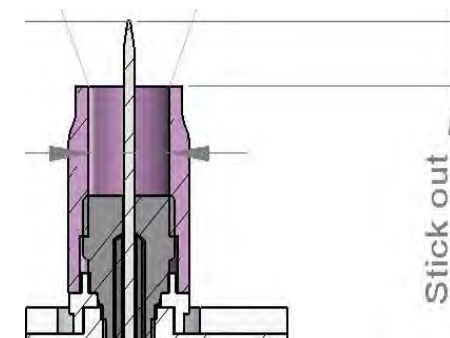
- **Плоскость электрода**

Плоскость на кончике электрода важна и определяется как функция используемого тока. Маленькая плоскость облегчает дуговой разряд, но вызывает чрезмерный износ, приводя к риску включения вольфрама в сварное соединение.

Большая плоскость помогает увеличить срок службы электрода, но если плоскость будет слишком широка относительно используемого сварочного тока

, то дуга будет неустойчивой и не очень направленной.

Поэтому предпочтительна соответствующая плоскость для стабильности горения дуги, хорошего переноса электронов и большого срока службы электрода, без риска включения вольфрама.



ПРИМЕЧАНИЕ

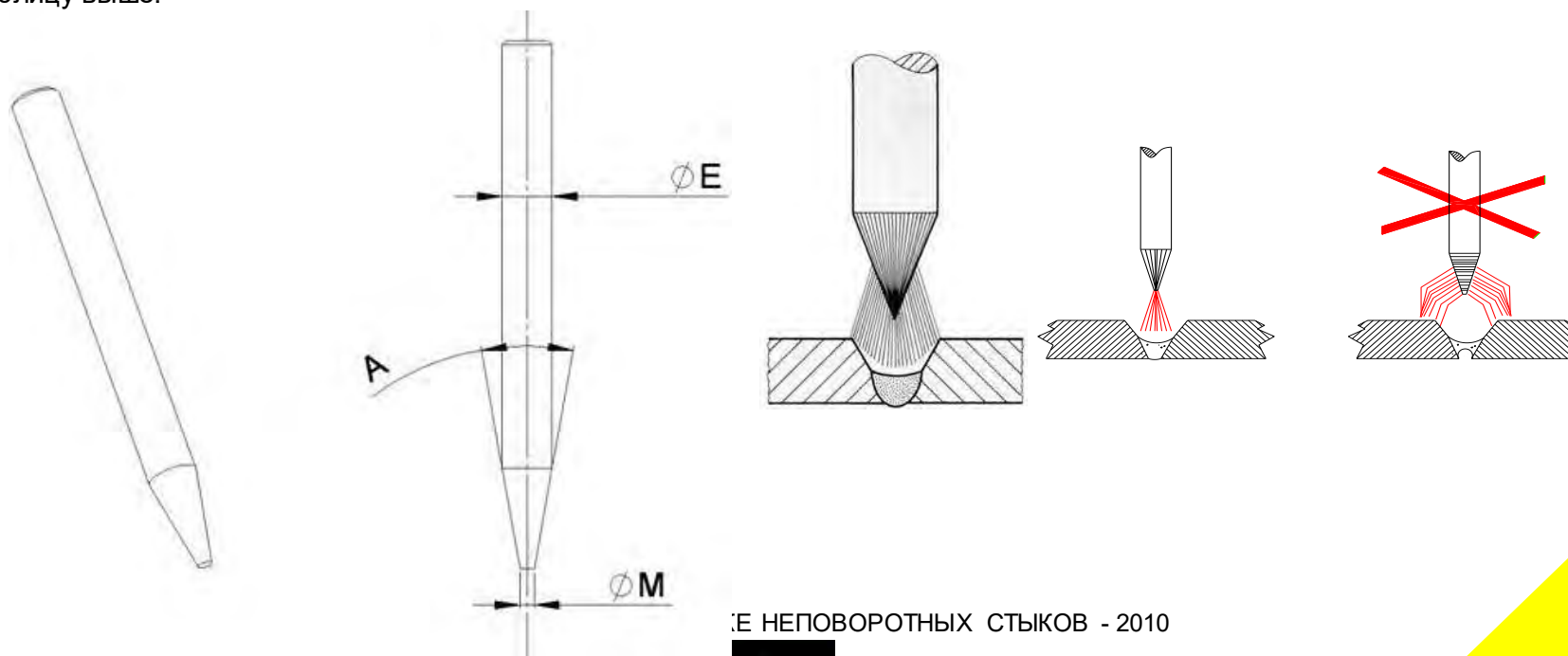
Для диаметров труб, превышающих 50 мм, concentricность труб становится менее определенной, и поэтому рекомендуется увеличить вышеупомянутые значения, чтобы избежать контакта между электродом и трубой.

При использовании проволоки для добавления металла увеличьте значения, приведенные выше, на 0,5 – 1,5 мм, в зависимости от диаметра металлической проволоки и скорости прохода.

Толщина стенки трубы в мм	Макс. сила тока в амперах	Зазор между трубой и электродом в мм	Плоскость электрода в мм
< 0,5	< 20	0,5 – 0,7	0,10
0,5 - 1	20 - 40	0,8 – 1,2	0,25
1,1 - 2	40 - 80	1,2 – 1,5	0,50
2 - 3	80 - 120	1,5 - 2	0,75
> 3	> 120	> 2	1

• Зазор между трубой и электродом

Это значение зазора является также существенным параметром, поскольку оно прямо воздействует на ширину валика, увеличивая напряжение дуги. Прежде всего, оно воздействует на отношение внутренней/внешней ширины валика. См. таблицу выше.



НЕПОВОРОТНЫХ СТЫКОВ - 2010

AXXAIR

- **Направление шлифования электрода**

Для лучшей стабильности горения дуги всегда шлифуйте электрод продольно. Электрод также должен быть отполирован для большего срока службы.

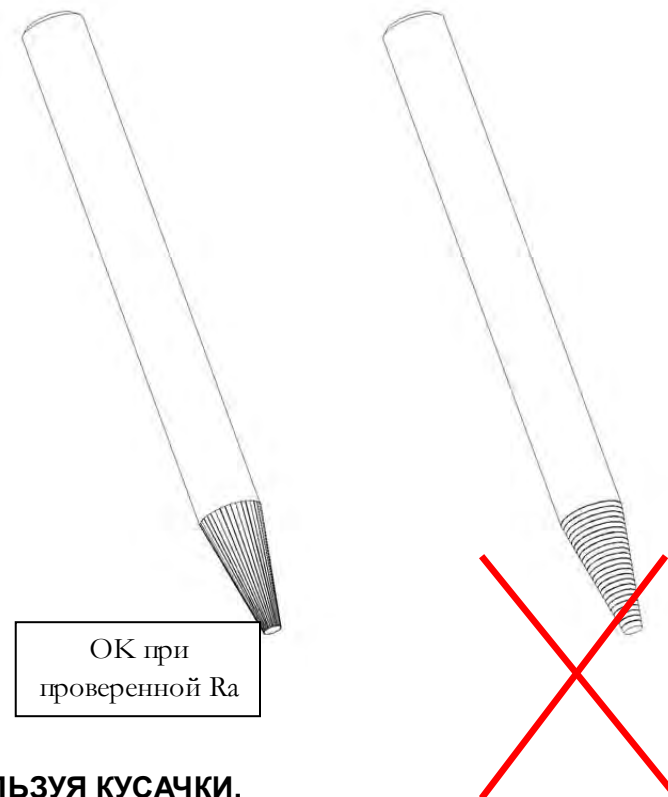
Никогда не шлифуйте электрод перпендикулярно к его оси, поскольку это приводит к неустойчивой и неуправляемой дуге и непредсказуемым результатам сварки.

- **Срок службы электрода**

Хотя предполагается, что вольфрамовый электрод не плавится, его срок службы прямо связан с условиями использования, и электрод не устанавливается навсегда.

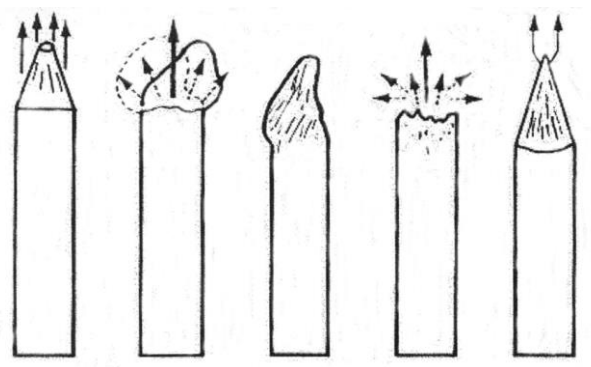
Для максимального срока службы, соблюдайте следующие рекомендации: используйте правильный тип вольфрама для типа сварочного тока и материала, диаметр электрода и плоскости как функции используемого сварочного тока, соблюдайте предварительные и последующие времена воздействия газа, поток газа и индексы чистоты, качество очистки сращиваемых деталей (отсутствия масла, смазки, оксидов, краски и т.д.).

Электроды должны заменяться, когда вершина окислена, искажена, нарушена или затуплена. Ранние признаки износа вольфрамового электрода: трудно установить дугу, дуга неустойчива, плавающий столб дуги, образование побочных дуг и т.д.

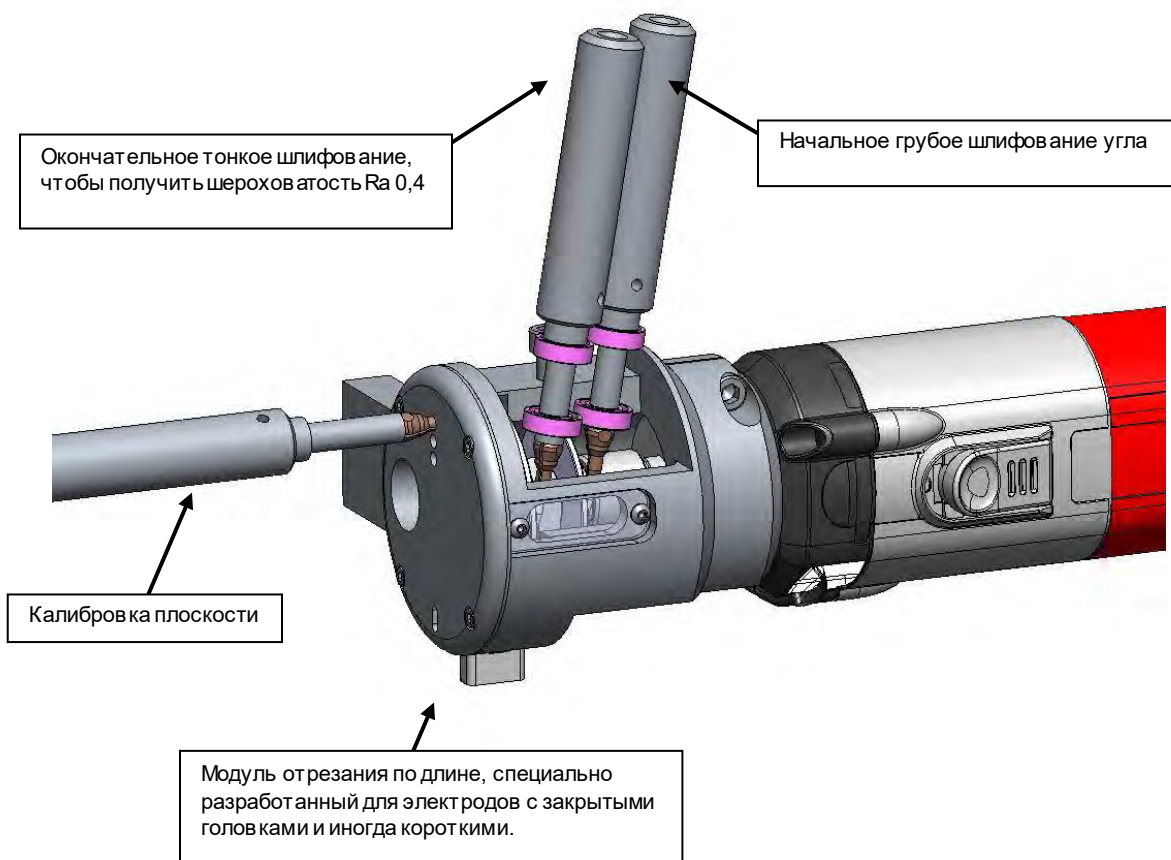


НИКОГДА

НИКОГДА НЕ ОТРЕЗАЙТЕ ЭЛЕКТРОД ДО ОПРЕДЕЛЕННОЙ ДЛИНЫ, ИСПОЛЬЗУЯ КУСАЧКИ. ВСЕГДА ШЛИФУЙТЕ ЭЛЕКТРОДЫ ВДОЛЬ ЕГО ОСИ.



Для обеспечения качества сварки абсолютно необходима определенная подготовка электрода. Существует предварительная полировка электрода, которая принимает во внимание напряжения в процессе автоматической сварки неповоротных стыков, или может использоваться отрезной шлифовальный станок, если Вы предпочитаете подготовить электрод самостоятельно.



3.1.4 Защитный газ

3.1.4.1 Цель использования газа

Защитный газ предохраняет ванну расплава и металл, перемещаемый в дуге, от окружающего воздуха (содержащего 21% кислорода, 78% азота, 1% редких газов и влажность).

Может показаться удивительным, поскольку кислород, водород или азот, в некоторых случаях, специально добавляются к защитному газу, чтобы улучшить гибкость операций, внешний вид сварного соединения или получить определенные металлургические характеристики.

(Эти газообразные смеси используются, только если добавленный газ не оказывает никакого отрицательного металлургического влияния на материал).

Газ должен также помочь созданию дуги и обеспечить ее устойчивость.

Газ играет очень важную роль в создании идеальных условий электрической дуговой сварки, особенно:

- Для облегчения дугового разряда,
- Он должен легко ионизироваться, давать низкое напряжение дуги,
- Он обеспечивает устойчивую хвостовую часть дуги,
- Он воздействует на характеристики ванны расплава (смачиваемость, текучесть, проникновение),
- Он вносит свой вклад в перенос тепла,
- Он гарантирует гладкий профиль наварного слоя.

Защитный газ оказывает прямое влияние на следующие элементы:

- Стабильность горения дуги,
- Механические характеристики,
- Геометрию сварного соединения,
- Внешний вид валика,
- Скорость прохода сварки,
- Окружающую среду на рабочей станции,
- Гибкость процедуры сварки.



3.1.4.2 Газы, используемые при сварке, и их свойства

Используемые газы

При сварке используются шесть газов (чистых или в смеси): Аргон, Углекислый газ (Двуокись углерода), Гелий, Кислород, Водород и Азот.

Плотность относительно воздуха

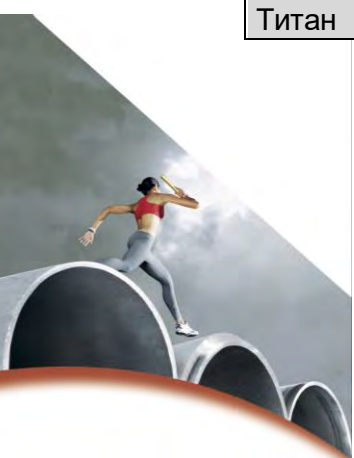
Из используемых газов тяжелые газы типа аргона или углекислого газа формируют слой покрытия над ванной расплава. Наоборот, гелий, азот и водород имеют тенденцию подниматься в вихрях вокруг сопла. Поэтому расход гелия должен быть выше, чем для аргона.

Газ	Плотность / плотность воздуха
Водород	0,07
Гелий	0,14
Азот	0,69
Воздух	1
Кислород	1,11
Аргон	1,38
Углекислый газ	1,87

Совместимость передних газов

Передний газ	Аргон	Аргон +Водород	Ar+Гелий	Ar+Азот(N ₂)	Гелий
Мягкая сталь / Углеродистая сталь	***	**	**	*	**
Аустенитные стали	***	**	**	**	**
Дуплекс/Супер Дуплекс	**	**	**	***	**
Медь	***	X	***	**	***
Титан	***	X	***	X	***

*** Рекомендованные
 ** Возможные
 * Не рекомендованные
 X Запрещенные



Используемые защитные газовые смеси

Чистый газ	Смесь (ряд газов)		
	2 газа	3 газа	4 газа
Ar	Ar/CO ₂	Ar/ CO ₂ /O ₂	Ar/CO ₂ /He/N ₂
CO ₂	Ar/O ₂	Ar/ CO ₂ /He	Ar/CO ₂ /He/H ₂
He	Ar/He	Ar/ CO ₂ /H	Ar/CO ₂ /He/O ₂
	Ar/H ₂	Ar/O ₂ /He	
	Ar/N ₂	Ar/He/H ₂	
		Ar/He/N ₂	

Стандарт EN 439 определяет пределы содержания газовой смеси, хотя каждый поставщик будет иметь свой собственный состав.

3.1.4.3 Влияние защитных газов

Химическая реактивность

Инертные: Это - одноатомные газы, аргон и гелий, и смеси, независимо от их содержания. Они не вызывают реакции с расплавленным металлом. Эти газы используются при сварке TIG, алюминия MIG, сварке сплавов, и при плазменной сварке.

Окислитель (активный): Эти газы вызывают большее окисление на поверхностях валика, благодаря своему более высокому индексу окисления.

Рассматриваемые газы - кислород (только в смеси <6 %), углекислый газ и, по определению, смеси углекислого газа, аргон/углекислый газ, аргон/углекислый газ/кислород, аргон/кислород.

Углекислый газ представляет собой инертный газ при температуре окружающей среды, но активный при температуре сварки.

Эти газы используются в ручной, автоматической и робототехнической сварке MAG (сварке металлическим электродом в среде газа).

Восстановитель (активный): Это - водород и, по определению, все смеси аргона/водорода.

Водород поглощает кислород и все окисляющие газы и, по этой причине, является восстановителем.

Использование водорода улучшает внешний вид валика (из-за своего влияния на снижение окисления) и улучшает проплавление и профили скорости сварки, благодаря своей тепловой проводимости. Дополнительный водород не рекомендуется для ферритных сталей.

УЧЕБНОЕ РУКОВОДСТВО ПО СВАРКЕ НЕПОВОРОТНЫХ СТЫКОВ - 2010

Потенциал ионизации

В нижеприведенной таблице показаны несколько самых общих атомных и молекулярных значений потенциала ионизации.

	H	He	C	N	O	Ar
1^я ионизация (эВ)	13,599	24,588	11,266	14,53	13,618	15,76
2^я ионизация (эВ)	-	54,419	24,383	29,602	35,118	27,62
	H₂	H₂O	CO	N₂	O₂	CO₂
1^я ионизация (эВ)	15,6	12,56	14,1	15,51	12,5	14,4

Например, потенциал ионизации аргона равен 15,76 эВ, что означает, что аргон - газ, который облегчает дуговой разряд, так как чем выше значение потенциала ионизации газа, тем больше будет улучшен дуговой разряд.

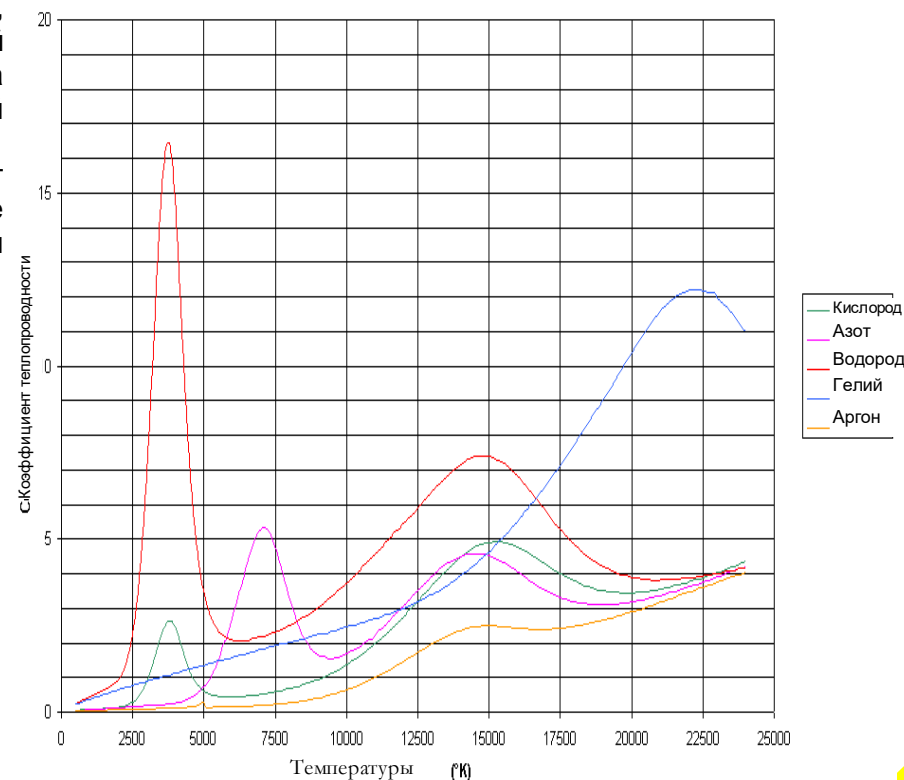
Гелий имеет потенциал ионизации равный 24,6 эВ и дает высокое напряжение дуги. Более высокое напряжение дуги позволяет получать большую скорость сварки и форму проплавления.

Коэффициент теплопроводности

Каждый газ, используемый при сварке, имеет коэффициент теплопроводности, который изменяется в зависимости от температуры газа. Чем выше коэффициент теплопроводности газа, тем "более горячей" будет сварочная дуга.

Стабильность горения дуги

Стабильность горения сварочной дуги может быть улучшена при использовании окисляющего газа, типа кислорода или CO₂, поскольку эти газы создают поверхностный слой окисла. Оксиды затем излучаются, что улучшает стабильность горения дуги.



Химия осадка

Защитные газы оказывают значительное воздействие на химические свойства осадка. Газы, воздействующие на эти свойства, являются активными газами: O_2 , CO_2 , N_2 , H_2 .

Влияние водорода

Водород представляет собой восстановительный газ и поэтому снижает содержание кислорода в осадке и в поверхностном окислении.

Кроме того, по металлургическим причинам, водород не должен использоваться для:

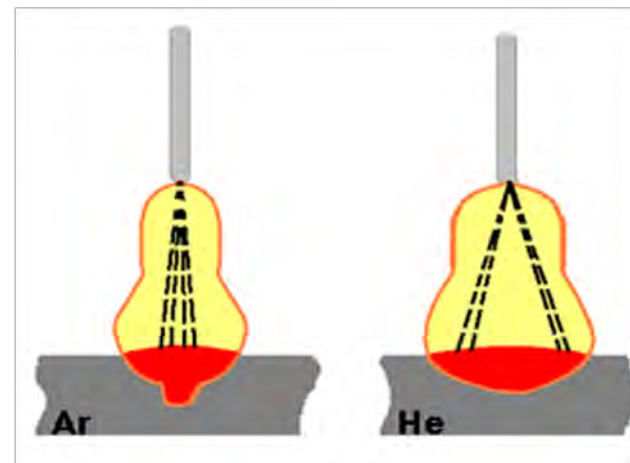
- Многопроходной сварки.
- Неаустенитных нержавеющей сталей.
- Отпущенных сталей.

Влияние азота

Азот, главным образом, используется для обеспечения дополнительной защиты дуплексных и супердуплексных нержавеющей сталей (аустенитно-ферритная структура). Он улучшает образование аустенита и одновременно увеличивает сопротивление коррозионному изъязвлению.

Форма дуги

- Теплопроводность приводит к переносу сгенерированной теплоты от центра к внешней стороне столба дуги, и центральная ось дуги поэтому является самой горячей частью.
- Аргон имеет низкий коэффициент теплопроводности и дает высокую энергетическую плотность во внутренней зоне дуги.
- Как показано на противоположном рисунке, электрическая дуга включает два элемента:
 - Центральную ось, которая является самой горячей частью и определяет форму проплавления.
 - Форма сварочной дуги также зависит от относительной плотности сварочного газа относительно воздуха: чем легче газ, тем более выпуклой становится дуга.

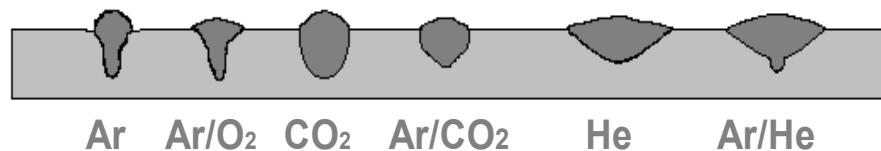


CO : densité relative 1,17

O₂ : densité relative 1,04Arc relativement moins étroit que
sous argon.

Hélium : densité relative 0,14

Arc très évasé.

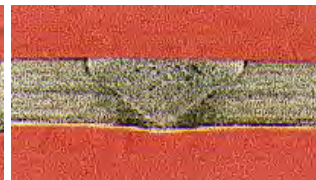


- Ar: Узкое проплавление, плохое смачивание.
- Ar/O₂: Узкое проплавление, хорошее смачивание.
- CO₂: Проплавление ОК, массивный корень (прекрасная компактность), среднее смачивание.
- Ar/CO₂: Проплавление более скругленное и смачивание меньше, чем для Ar/O₂.
- He: Выпуклая зона плавления, массивный корень и хорошее смачивание.
- Ar/He: Проплавление более закруглённое и более широкий корень, чем для одного аргона.

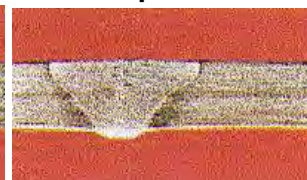
Макроструктура Аргон



Гелий



Аргон/Н₂



Защитный газ - второй элемент после электрода, который является существенным для достижения хорошего процесса сварки TIG. Для процесса сварки TIG в настоящее время доступно множество защитных газов.

3.1.4.4 Реверсированная газовая защита

Реверсированная газовая защита существенна для всех слабо- или сильнолегированных сталей, экзотических сплавов и всех нержавеющей сталей. Она необязательна для определенных углеродистых сталей, но настоятельно рекомендуется для всех применений орбитальной сварки TIG, поскольку она предохраняет внутреннее сварное соединение и улучшает контроль ванны расплава. Выбор реверсированных газов оказывает прямое влияние на окраску сварного соединения и технические требования к материалам.

Компания AXAIR предлагает много вспомогательных приспособлений, которые облегчают работу оператора и снижают расход газа, а также улучшают качество внутренней газовой защиты (см. рисунок ниже).



Реверсированный газ	Аргон	Азот(N ₂)	Ar+H ₂	N ₂ + H ₂
Мягкая сталь / Углеродистая сталь	***	***	*	*
Аустенитные стали	***	***	***	***
Дуплекс/Супер Дуплекс	**	***	**	**
Медь	***	**	**	**
Титан	***	X	X	X

*** Рекомендованные
 ** Возможные
 * Не рекомендованные
 X Запрещенные



1 2 3 4 5 6 7 8 9
 12 ppm 20 ppm 25 ppm 30 ppm 40 ppm 60 ppm 115 ppm 150 300 ppm

Влияние защитного газа



3.1.4.5 Характеристики газов

- **Аргон**

Аргон - одноатомный инертный газ, который является тяжелым, нейтральным, бесцветным и без запаха, который присутствует в воздухе. Он немного более тяжелый, чем воздух ($d = 1,6$ г/л), и является газом, наиболее часто используемым для сварки в Европе.

Вследствие того, что он является и химически инертным, и тяжелым, аргон является самым эффективным для защиты ванны расплава и электрода. Он очень легко ионизируется (16 эВ), и он не позволяет чрезмерно изменяться напряжению дуги.

- **Гелий**

Гелий - одноатомный инертный газ, который является нейтральным, бесцветным, без запаха и легче воздуха ($d = 0,166$ г/л). Этот газ очень широко используется в США, но остается дорогим в Европе.

Дуга, сформированная под гелием, более горячая, чем под аргоном и, таким образом, позволяет иметь более высокие скорости сварки, большую глубину проплавления и меньшую пористость (хорошо для алюминия и медных сплавов). Однако этот газ также имеет недостатки: он трудно ионизируется (25 эВ), и низкая плотность делает его чувствительным к перемещению воздуха и тепловой конвекции.

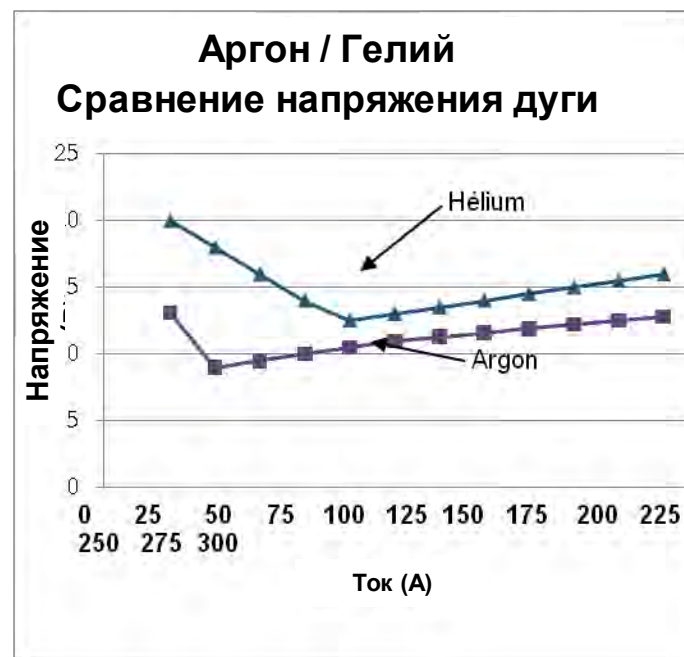
Напряжение дуги как функция используемого газа

ПРИМЕЧАНИЕ

Процент дополнительного водорода в переднем защитном газе (аргон) ограничен приблизительно 5 %, максимум до 8 % для работ орбитальной сварки TIG. Выше 8 % существует риск взрыва.

- **Водород**

Этот восстановительный газ никогда не используется в чистом виде, и обычно добавляется для формирования двухкомпонентных или трехкомпонентных газовых смесей, с аргоном или гелием, для передней защиты, и с азотом для тыловой защиты (дулекс, BN₂). Водород увеличивает напряжение дуги и тепловой вклад, и, таким образом, позволяет иметь более высокие скорости сварки и лучшее проплавление. Он идеален для однопроводной сварки, но необходима осторожность с определенными сталями, которые являются чувствительными к образованию холодных трещин. Не используйте водород для мартенситных или ферритных сталей, для



алюминия или меди, поскольку он генерирует газовые раковины в сварочных валиках.

- **Азот**

Этот двухатомный газ не является очень активным, он бесцветен, не имеет запаха и представляет приблизительно 80 % от состава воздуха. Азот обычно используется для реверсивной защиты из-за его низкой цены. Он также оказывает положительное влияние на структуру определенных сталей (дуплекс, супердуплекс, BN2).

При сварке определенных медных сплавов он может использоваться для передней защиты, поскольку он переносит больше энергии, чем аргон или гелий. Однако он, главным образом, используется как реверсивный защитный газ из-за его низкой цены.

Азот является неустойчивым и может вызвать неустойчивую дугу и быстрый износ вольфрамового электрода.

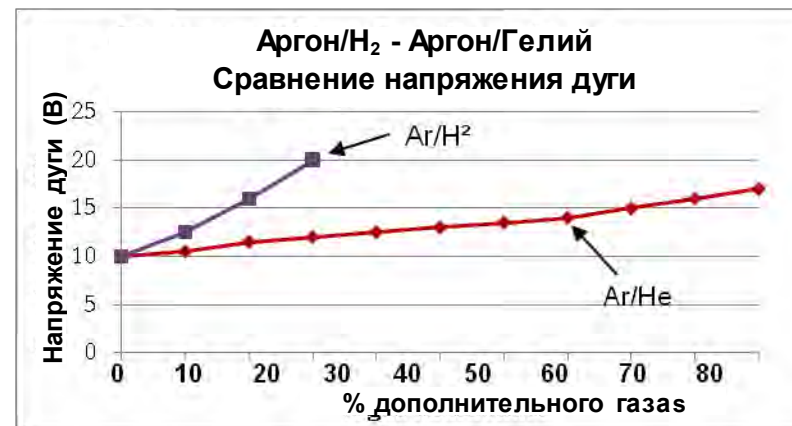
- **Газовые смеси**

Поставщики теперь предлагают увеличенное число газовых смесей типа аргона/водорода, аргона/гелия/водорода, азота/водорода и т.д. Примите во внимание информацию, рекомендации и документацию, предоставляемую поставщиками газов и фирмами - производителями.

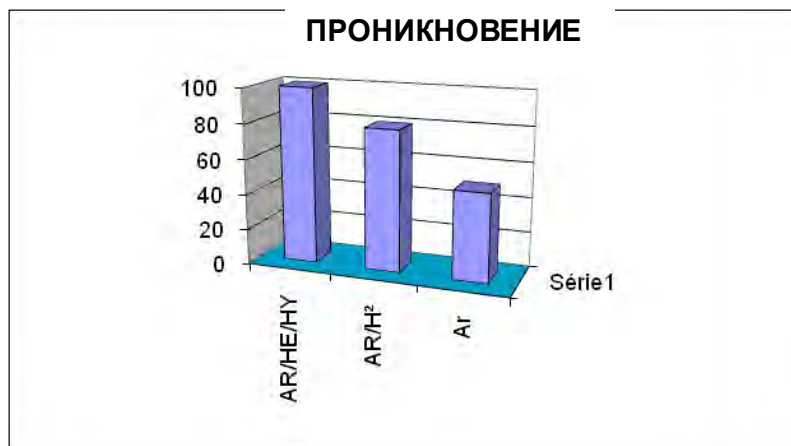
- **Сравнение газов**

Природа газа оказывает прямое воздействие на значения проплавления, скорости сварки и тепловой энергии, перемещаемой к детали. Значения, показанные на рисунках ниже, приведены только для информации. Это сравнение было основано на использовании нержавеющей стали сорта 304L, с постоянной скоростью сварки и током.

Природа газа прямо связана со свариваемым материалом. Смеси аргона/водорода/гелия, кажется, предлагают все преимущества относительно производительности, но они не универсальны по сравнению с аргоном или гелием, и не могут использоваться для всех материалов.



Сравнение производительности как функции используемого газа



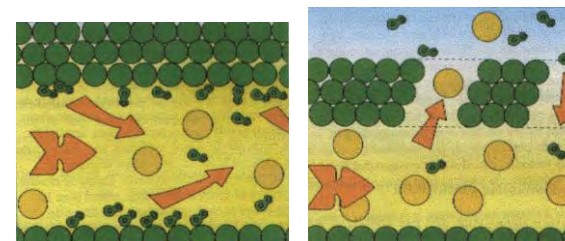
3.1.4.6 Дополнительная информация

В зависимости от типа применения сварки, особенно при сварке в чистой комнате, должен использоваться газ соответствующего индекса качества.

Для передовых фармацевтических или полупроводниковых применений (технологическая линия) использование электрополированных труб с Ra 0,2 мкм требует управления загрязнениями в газе, чтобы минимизировать процессы окрашивания.

Высокая или очень высокая чистота газа улучшает дуговой разряд, стабильность горения дуги и качество сварного шва (гладкий, повторяемый валик без окраски).

С ультрачистым защитным газом необходимо использовать газовые шланги без пор, чтобы получить оптимальное качество защитного газа. Необходимо соблюдать методы внутренней защиты и скорости газового потока, и моно также использоваться фильтры, нагреватели и анализаторы кислорода.



Случай пористого газового шланга

3.1.5 Скорости газового потока / керамическое сопло

Скорости газового потока и керамические сопла выбираются как функция используемого сварочного тока.

РЕКОМЕНДАЦИЯ

При выборе керамического сопла 1 мм внутреннего диаметра соответствует 10 А сварочного тока.

Для правильного определения скорости газового потока, используйте от 1 до 1,2 литров в минуту на миллиметр диаметра сопла.

Могут использоваться шаровые расходомеры давления колонны для более достоверной скорости газового потока. Соблюдайте значения расхода газа, рекомендованные ниже, поскольку чрезмерный расход газа вызывает турбулентность (влияние трубки Вентури) в потоке газа, неустойчивую дугу, забор окружающего воздуха и окраску сварного соединения. Недостаточный расход газа также вызовет окисление сварного соединения.

Диаметр сопла / тип сопла / расход газа

ТОК (А)	< 50	50-100	100-150	150-200	200-250	> 300
Диаметр сопла	6 мм	8 мм	10 мм	12 мм	15 мм	18-20 мм
Тип сопла	SCBC-06	SCBC-08	SCBC-09	SCBC-12	NC	NC
Расход газа	7 л/мин	8 л/мин	10 л/мин	12 л/мин	15 л/мин	20 л/мин



4 ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ

Существуют эмпирические рекомендации, которые могут использоваться для определения программы сварки. Однако испытание на свариваемость - единственное средство подтверждения рекомендаций, приведенных ниже, для сварки труба-к-трубе. Не существует фиксированных правил сварки, и часто обращаются к стандартным технологическим процессам, чтобы разработать технологию сварки.

Выбор скорости, тока, импульсов и т.д., зависит от трубы, материала, конфигурации, массы свариваемых деталей и довольно многих других факторов. Энергией, перемещаемой к деталям, нужно управлять в течение процесса сварки, чтобы получить гладкое и хорошее проплавление. Энергия зависит от повышения температуры ванны и от позиции ванны, и таким образом, от влияния на силу тяжести в ванне.

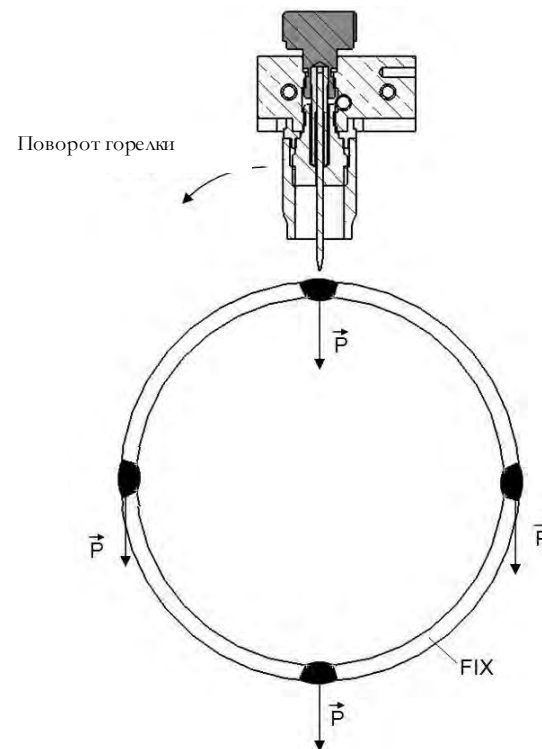
ПРИМЕЧАНИЕ

Все рекомендации, приведенные в разделе «ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ», основаны на сорте 316L нержавеющей стали (Z2CND1810), при использовании защитного газа аргона, при скорости сварки равной 100 мм/мин.

Ниже мы опишем несколько параметров сварки, чтобы обеспечить лучшее понимание их значения и их воздействий.

Однако наша сварочная станция включает вычислительные системы программирования, чтобы программа могла быть сгенерирована быстро и легко, используя несколько основных критериев:

- Тип головки
- Режим сварки
- Диаметр трубы
- Толщину стенки трубы
- Число сегментов



Параметрами тока управляет сварочная станция.



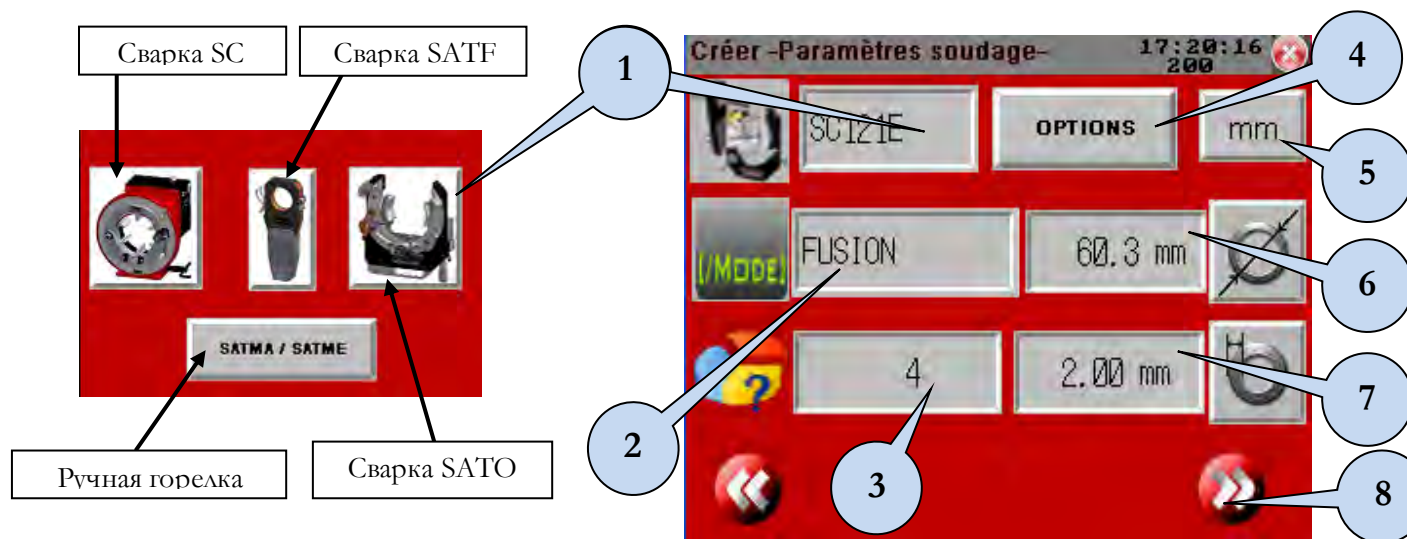
Человеко-машинный интерфейс облегчает ввод всех данных по условиям выполнения сварки.

Версия с водяным охлаждением.

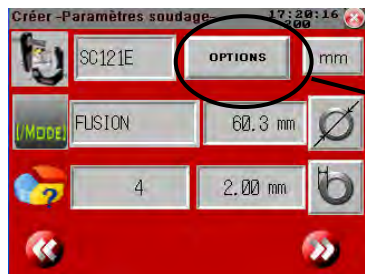


УЧЕБНОЕ РУКОВОДСТВО ПО СВАРКЕ НЕПОВОРОТНЫХ СТЫКОВ - 2010





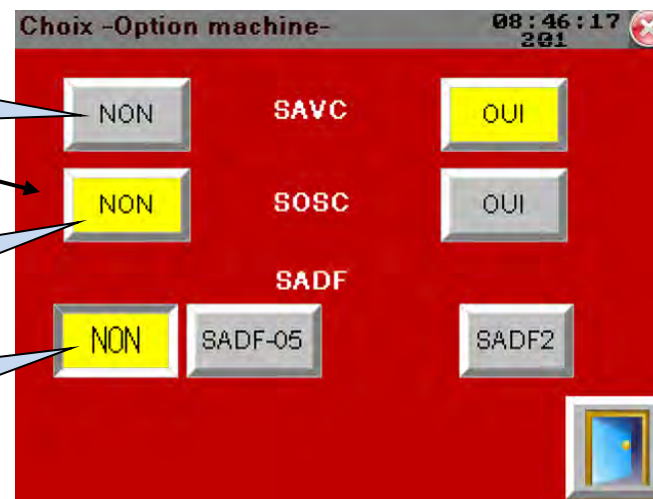
1	Выбор сварочной головки. я(SC121-A ...SC420-E, ... SATO-115ND, ...SATF65ND...).
2	Режим сварки: Прихваточная // Плавление / Плавление + Проволока / Плавление + OSC / Плавление + OSC + Проволока. Некоторые режимы доступны, только если Вы выбрали соответствующую опцию.
3	Выберите число сварочных сегментов: от 1 до 20 сегментов.
4	Выберите опции: AVC, осцилляция, проволока.
5	Выберите единицы измерения: мм или дюймы.
6	Выберите наружный диаметр трубы, для которой будет использована сварка (проверьте правильные единицы измерения, введенные выше). Диапазон диаметров зависит от используемой сварочной головки.
7	Толщина стенок трубы, для которой будет использована сварка (проверьте правильные единицы измерения, введенные выше)
8	Стрелка для перехода к следующей странице (см. фотографию на следующей странице).
9	Выберите "Oui" (Да) для активации AVC.
10	Выберите "Oui" (Да) для активации осцилляции.
11	Выберите тип катушки проволоки.



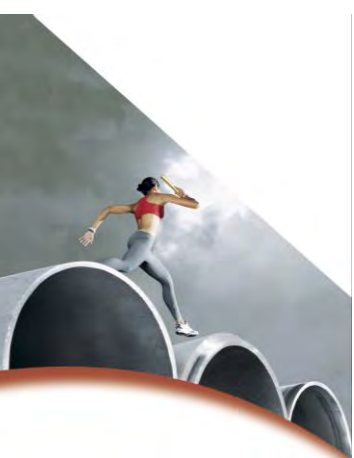
9

1

11



Примечание: Вы должны выбрать "OUI" (Да) для AVC, чтобы иметь возможность выбрать OSC..



4.1 Энергия сварки

Энергией сварки нужно управлять, и она определяется следующей формулой:

$$E = \frac{U \times I}{V} \times 60$$

- E: показывает энергию сварки в джоулях/см
- U: напряжение дуги в вольтах (В)
- I: средний сварочный ток в амперах (А)
- V: скорость сварки в см/мин

Как ясно показывает формула, существует три значения, которыми нужно управлять:

1. Напряжение дуги
2. Среднее значение силы тока
3. Скорость сварки

Эти параметры должны контролироваться всюду вдоль движения сварочной головки вокруг трубы. Это делается при рассмотрении трубы в виде сегментов, в пределах которых запрограммированы вышеупомянутые параметры.



В пределах этих сегментов будут контролироваться U, I и V.

Система допускает до 20 сегментов. Обычно используется 4 сегмента. На малых диаметрах, при которых нагрев осуществляется намного быстрее, энергия также должна быть быстрее уменьшена, и поэтому число сегментов должно быть увеличено (обычно до 12).

Приложение к этому обучающему руководству содержит более детальную информацию, касающуюся каждого главного параметра, чтобы облегчить понимание их значений и важности. Сварочные станции сварки неповоротных стыков имеют автоматические вычислительные устройства, которые значительно упрощают использование этих станций.

4.2 Значение точности

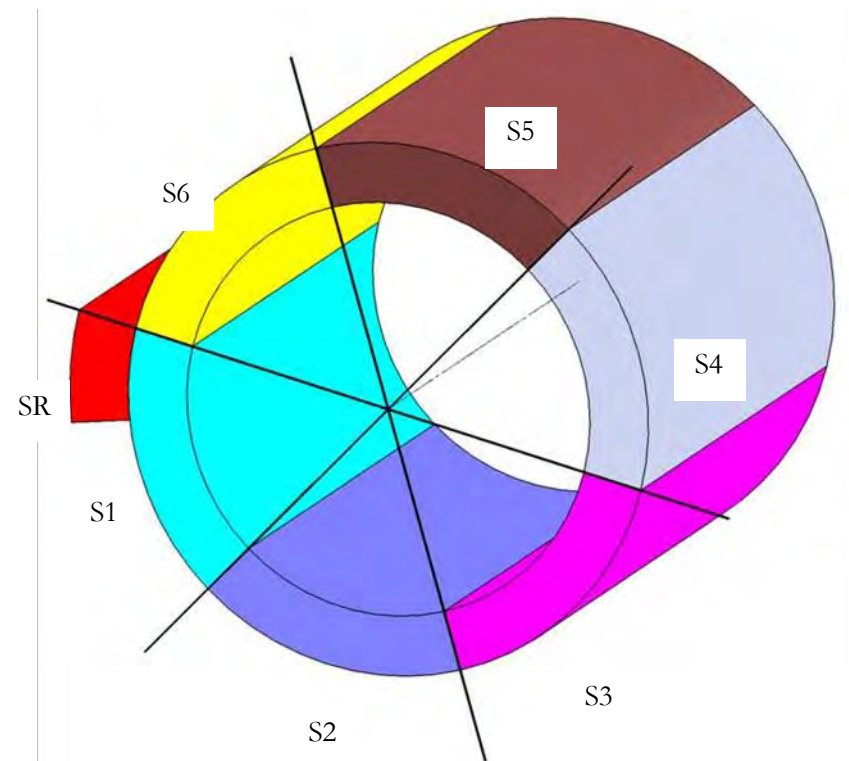
Одно из эмпирических предположений, принятых для вычислений — это то, что высокая величина тока является основным элементом, касающимся энергии сварки. Принято следующее правило:

- $I_{\text{high}} = 40 \text{ A} \times \text{толщина стенки трубы}$

Это правило означает, что для трубы с толщиной стенки 2 мм, используемый высокий ток по умолчанию будет равен 80 А.

Однако это также означает, что изменение на 0,5 мм толщины стенки изменяет требуемый ток на $40 \times 0,5 \text{ мм}$, то есть на 20 А, что является значительным для характеристик сварного соединения, и может вызвать тяжелую аварию или даже проплавление отверстия.

Поэтому абсолютно важно, что указано в физических параметрах трубы, чтобы допуски на размер трубы были точно известны, и они должны контролироваться.



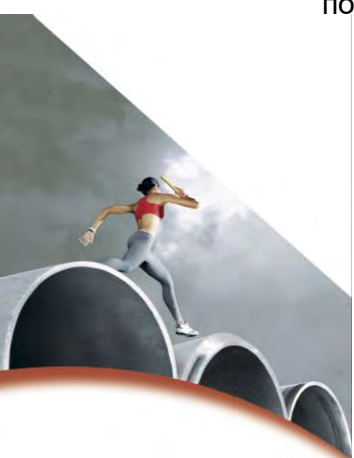
Таким образом, должно войти в привычку всегда перед сваркой измерять трубы с помощью нониусного измерительного инструмента.



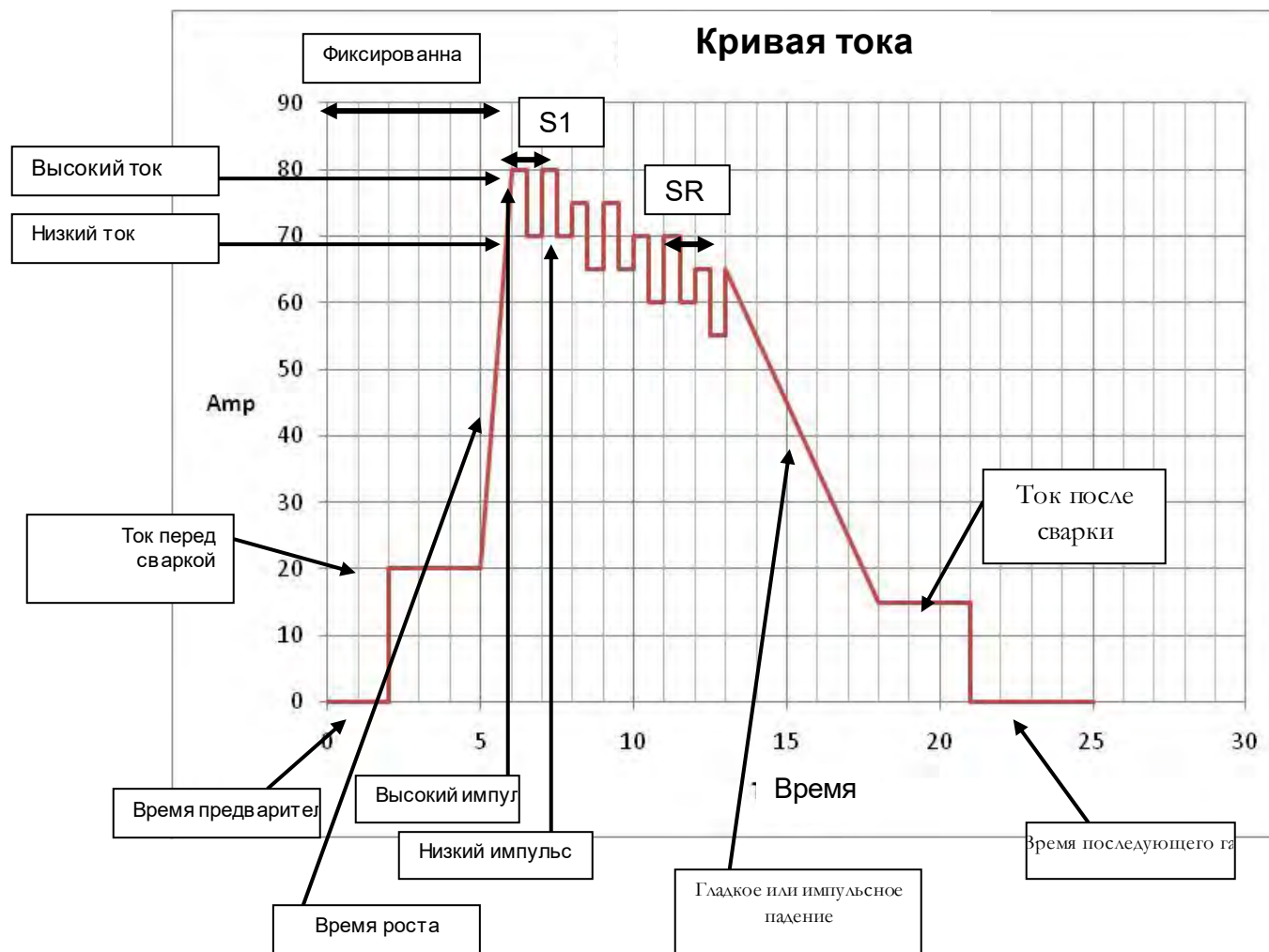
ВАЖНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ: ЛЮБОЕ СУЩЕСТВЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ ТОЛЩИНЫ СТенок ТРУБЫ ОЗНАЧАЕТ ПОТЕНЦИАЛЬНУЮ ОШИБКУ В РЕЗУЛЬТАТЕ СВАРКИ. ПОЭТОМУ ВЫ ДОЛЖНЫ ПОПЫТАТЬСЯ УЧЕСТЬ ТАКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ, ДАЖЕ ЕСЛИ ЭТО МОЖЕТ БЫТЬ ФАКТИЧЕСКИ НЕВОЗМОЖНО НА ПРАКТИКЕ, НО ЭТО ОЗНАЧАЕТ ОРИЕНТАЦИЮ НА ДЕФЕКТЫ ТОЛЩИНЫ, ЧТО МОЖЕТ БЫТЬ МЕНЬШЕЙ ПРОБЛЕМОЙ.

Самый плохой случай - позиция с малой толщиной в направлении 12 часов, так как мало того, что ванна будет слишком горяча, но и, кроме того, она будет прогибаться внутрь под силой тяжести, которая увеличит риск проплавления отверстия.

Во всех случаях всегда пытайтесь использовать высококачественные трубы. Они могут быть более дорогими, но они позволяют избегать большого количества ненужных расходов в течение процесса сварки неповоротных стыков.



4.3 Управление током



Приведенный выше график показывает изменение тока как функции сегмента, то есть как функции продвижения горелки вокруг трубы, и это также оказывает влияние на энергию сварки.

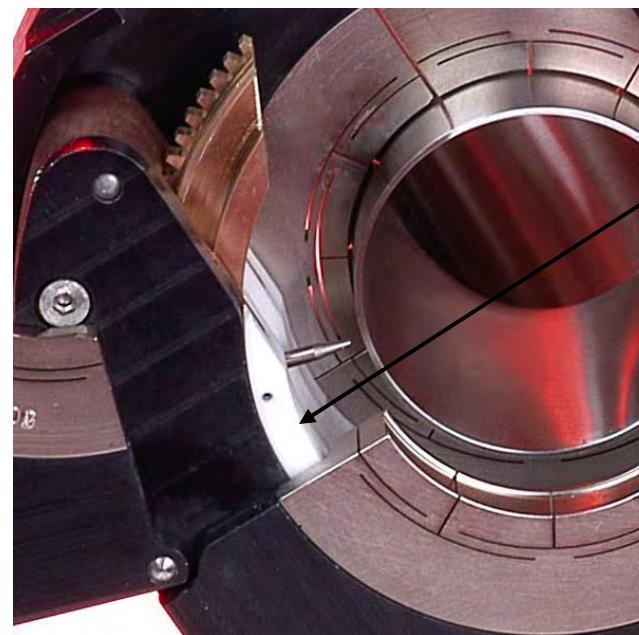
4.4 Управление напряжением дуги

Напряжение дуги - второй элемент, влияющий на энергию сварки. Напряжение дуги прямо связано с зазором труба-электрод.

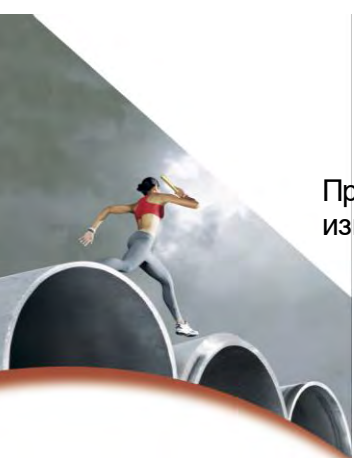
Что касается напряжения дуги, есть три типа машин сварки неповоротных стыков:

4.4.1 Невозможность контроля

зазора труба-электрод. Напряжение дуги тогда прямо зависит от "овальности" трубы и не может быть механически скомпенсировано. Дело обстоит так с закрытыми головками.



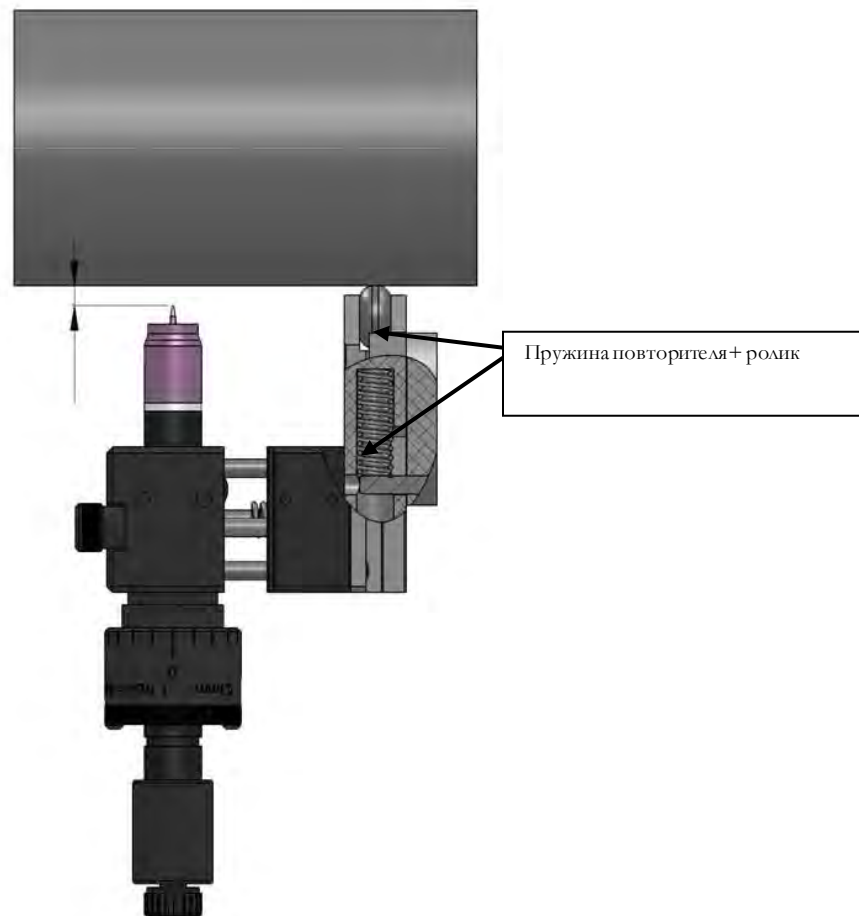
Напряжение зависит от
"овальности"

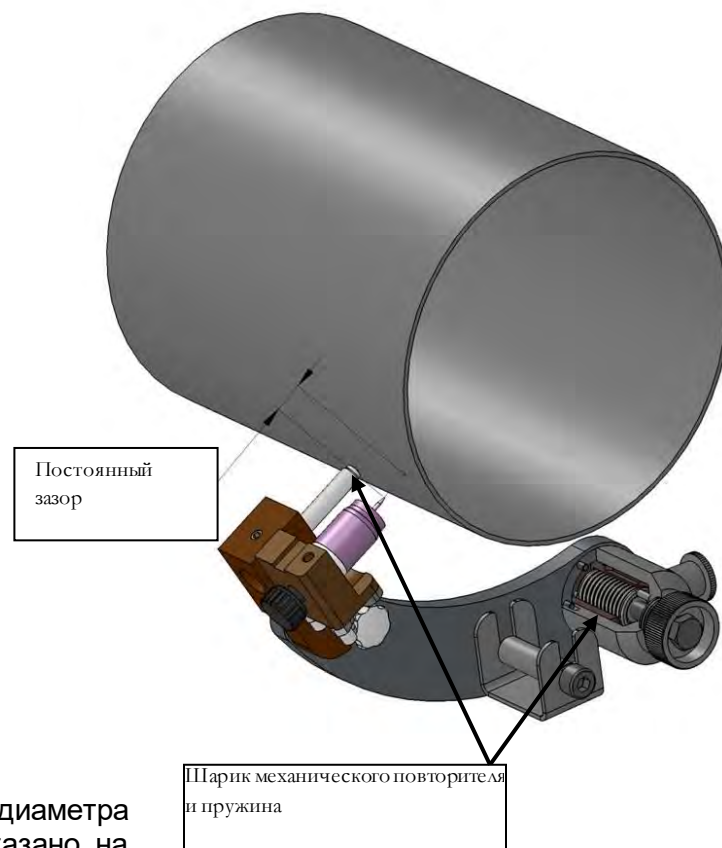


При использовании закрытой головки точная конфигурация трубы абсолютно существенна, чтобы минимизировать изменения зазора труба-электрод, что приводит к изменениям энергии и к изменениям результатов сварки.

4.4.2 Управление напряжением при использовании механического повторителя

Зазор труба-электрод может быть сохранен постоянным, если горелка закреплена на каретке с механическим повторителем на наружном диаметре трубы. Это используется на машинах, изготовленных заводским способом и открытых головках. В этом случае напряжение дуги остается постоянным и не изменяется в течение процесса сварки. Таким образом, теперь энергия зависит только от тока и скорости.





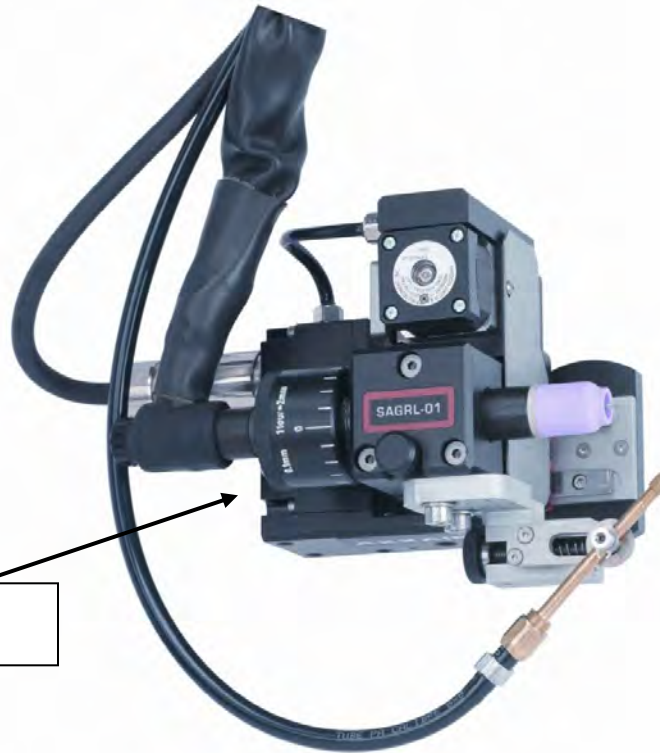
На наших открытых головках механический повторитель диаметра использует передний рычаг, закрепленный на пружине, как показано на противоположном рисунке.

4.4.3 Управление напряжением дуги - AVC

Управление напряжением дуги, общеизвестное как AVC, постоянно измеряет напряжение дуги и сравнивает его с эталонным напряжением. Система затем подстраивается, поскольку головка закреплена на каретке с сервоприводом, которая немедленно перемещает электрод, чтобы сделать измеренное напряжение равным эталонному напряжению. Эта система доступна для головок, изготовленных заводским способом, и открытых головок.

AVC особенно полезна в двух случаях:

- Когда наружный диаметр не может быть проконтролирован механически, или чтобы избежать повреждения внешней поверхности, или из-за недостаточного места и близости к ванне расплава.
- Когда процессы пайки с проволокой и осадка под электродом совершенно не контролируются, что влияет на высоту дуги. В этом случае AVC устраняет любую необходимость касаться ванны сварного соединения.

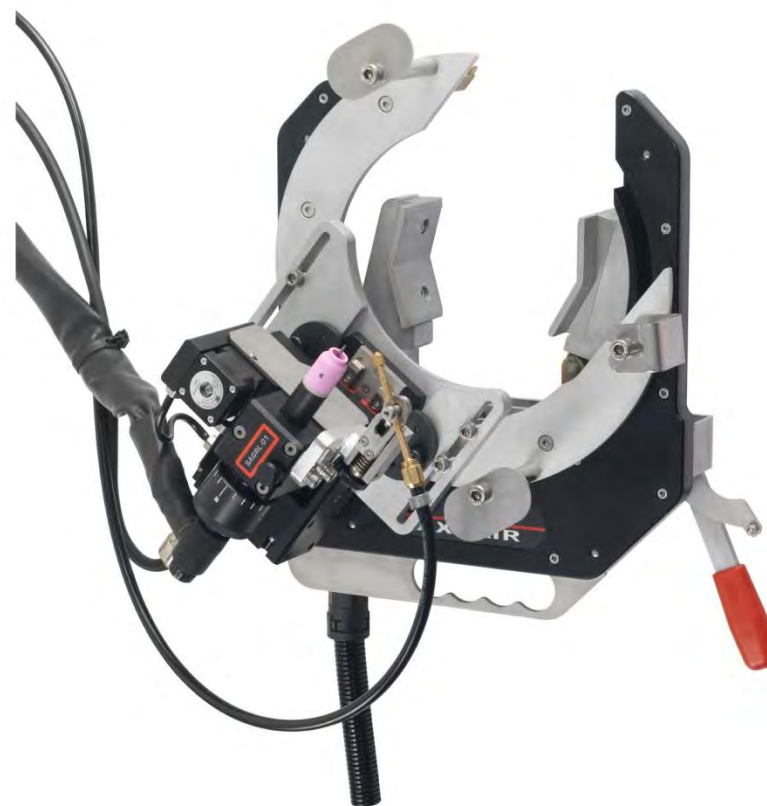


Серводвигатель электрода AVC

4.4.3.1 УСТАНОВКА ОПЦИИ AVC/OSC



Установка на машине типа SC



Установка на машине типа SATO



Встроенная, компактная Система AVC и OSC

4.4.4 Управление скоростью сварки

Скорость сварки представляет собой ключевой параметр. Опытным путем другие параметры вычисляются на основании скорости сварки, равной 100 мм/мин.

Поскольку скорость стоит в знаменателе в формуле энергии, увеличение скорости уменьшает энергию, а снижение скорости увеличивает энергию. Скорость регулируется, чтобы убедиться в ее точном значении в течение процесса сварки.

4.4.5 Режим сварки

Доступны различные режимы сварки:

- Прихваточная
- Плавление
- Плавление + Проволока
- Плавление + Осцилляция + Проволока.

Режим сварки выбирается как функция применения.

4.4.5.1 Прихваточная

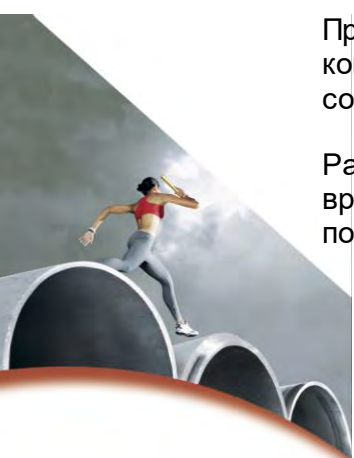
Машина может выполнить сварку прихваточным швом. Однако прихваточная сварка обычно выполняется при использовании ручной головки, без машины.

Прихваточная сварка с закрытой головкой возможна, но не рекомендуется так как, во многих случаях, закрытие головки не достаточно плотно, чтобы зажать трубы должным образом.

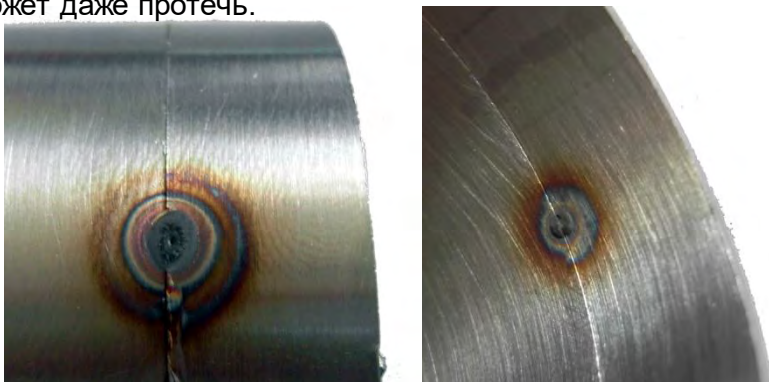
ТРЕБУЕТСЯ РУЧНАЯ ПРИХВАТОЧНАЯ СВАРКА С СОЧЛЕНЕНИЕМ, ВЫРОВНЕННЫМ КАК МОЖНО ТОЧНЕЕ.

Прихваточная сварка очень важна для автоматической сварки неповоротных стыков. Прихваточная сварка должна компенсировать любые геометрические дефекты в трубах. Идеальное решение используется, чтобы сделать трубы совершенно круглыми в упругой зоне материала, чтобы позволить осуществить точное соединение.

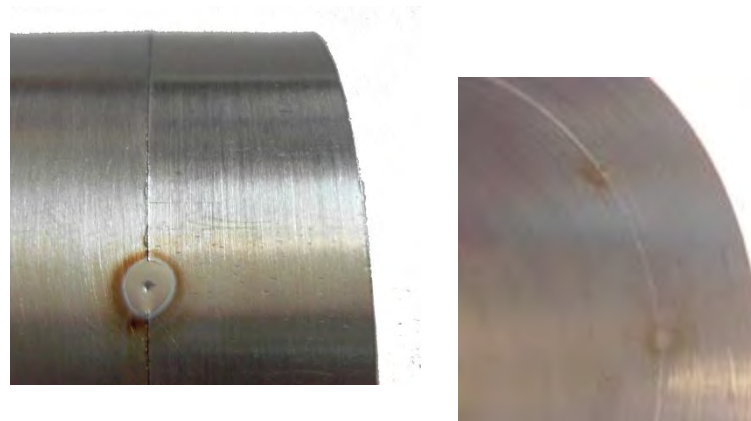
Размер пятна прихваточной сварки и продувка инертным газом в процессе сварки - очень важные параметры. При сварке вручную должно быть запрограммировано время продувки газом после сварки приблизительно в 3 с, удерживая головку в позиции на пятне продувки инертным газом.



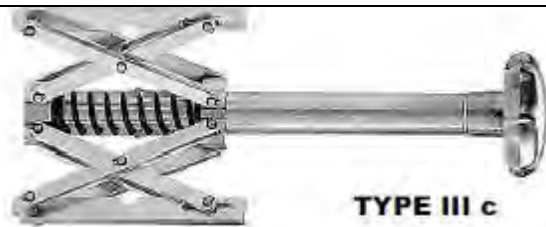
Также настоятельно рекомендуется продувка инертным газом внутренней области. При прихваточной сварке может произойти коррозия в сочленении, что может вызвать отклонения позиции ванны в процессе фазы сварки с риском, что сварное соединение может даже протечь.



Прихваточная сварка без последующей продувки газом и без обратной продувки инертным газом.



Прихваточная сварка с последующей продувкой газом и обратной продувкой инертным газом.



Эти фиксаторы показаны только в качестве примера. Система, показанная ниже, зажимает все вокруг и одновременно выпускает инертный газ. Эти системы используются в соответствии с диаметром трубы.



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО СВАРКЕ НЕПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ - 2010



Система фиксации/зажима трубы для больших диаметров



4.4.5.2 Плавление

Как уже было упомянуто, простой режим плавления используется для толщин стенки до 3 мм. Для более толстых стенок энергия, требуемая для проникновения через толщину, становится чрезмерной, и ванна расплава становится слишком большой, что означает невозможность контролирования геометрии. Простая сварка плавлением, таким образом, используется, как правило, с закрытыми головками.

Головки используются только для толщин от 0,5 до приблизительно 2,5 или 3 мм. Головки, изготовленные заводским способом, и открытые головки могут также использоваться для сварного соединения встык, а также на больших толщинах при использовании проволоки.



4.4.5.3 Плавление + Проволока

Режим плавления плюс проволока используется в двух ситуациях:

- Сварка труб из качественной стали. Проволока позволяет трубам из черной стали сохранить достаточную механическую прочность. Проволока сглаживает ванну сварного соединения.
- Заполнение при подготовке под сварку. В зависимости от толщины стенки трубы, до 5 мм; возможна сварка плавлением + проволока, перемещая головку между проходами.

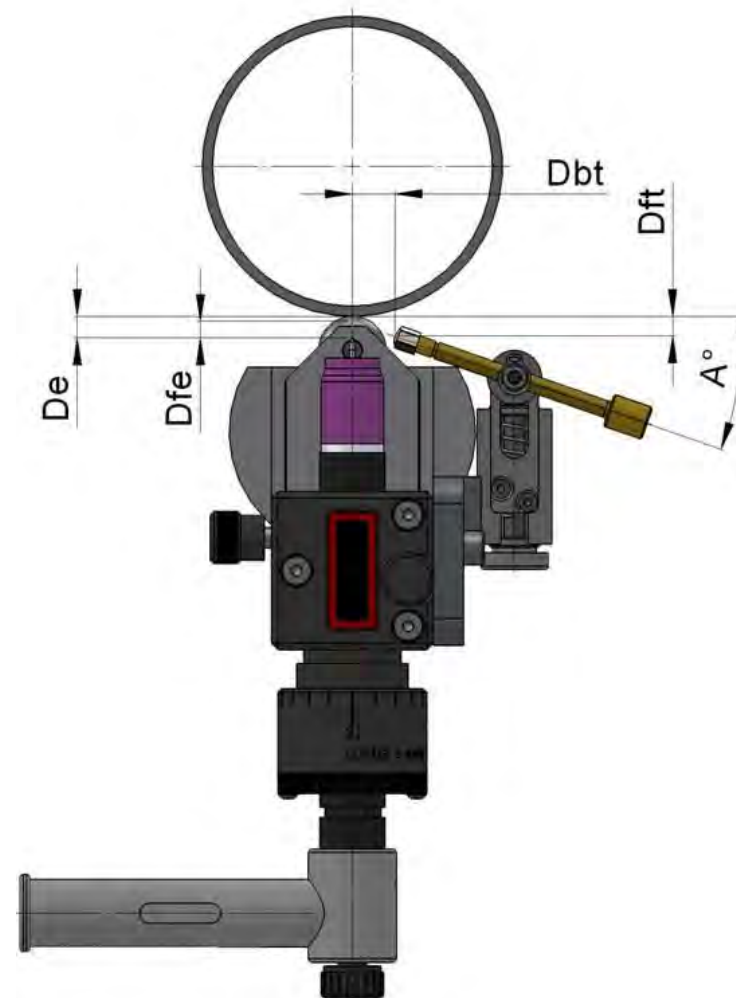
Сварка с проволокой требует вспомогательной регулировки физической позиции проволоки, как функции размеров D_e , D_{fe} , D_{ft} и D_{bt} и угла A .

Эти размеры должны регулироваться в зависимости от типа сварного соединения. Самый важный размер - зазор между электродом и проволокой, D_{fe} , который будет равен от 1,5 до 3 мм, в зависимости от применения. Чтобы установить этот зазор, возьмите электрод 2,4 мм и вставьте его между проводом и электродом. Это даст зазор в 2,4 мм. Этот метод прост и, таким образом, является предпочтительным.

Угол может изменяться, но обычно устанавливается угол 20 - 40°. Этот угол обычно устанавливается визуально приблизительно в 30%. Шлифование электрода под углом 20° также представляет хороший метод позиционирования проволоки касательно к трубе.

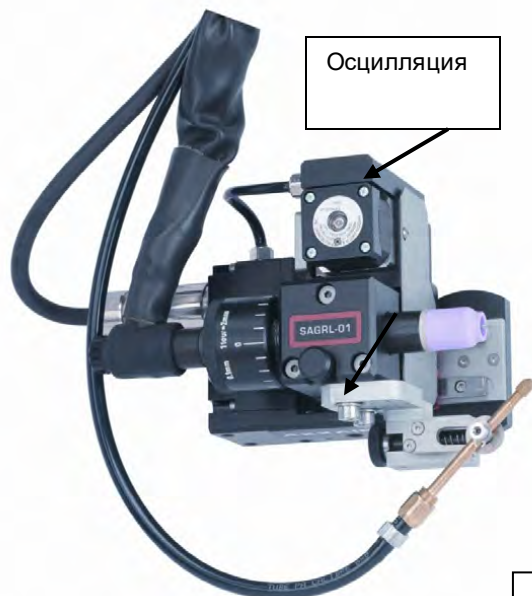
Зазор электрод-труба обычно составляет от 2 до 2,5 мм. Для использования без AVC (см. ниже) используйте 2,5 мм.

Размер D_{bt} - расстояние между проводом сопла и осью электрода. Зазор должен быть достаточно малым, чтобы направлять провод (особенно для стального провода), но без перегрева сопла, которое может зажимать провод из-за трения металл-металл. Однако если этот размер будет слишком велик, то провод больше не будет попадать точно под электрод, таким образом, создавая девиацию ванны. Обычно используется размер 10 - 15 мм. Этот режим включает автовычисление.

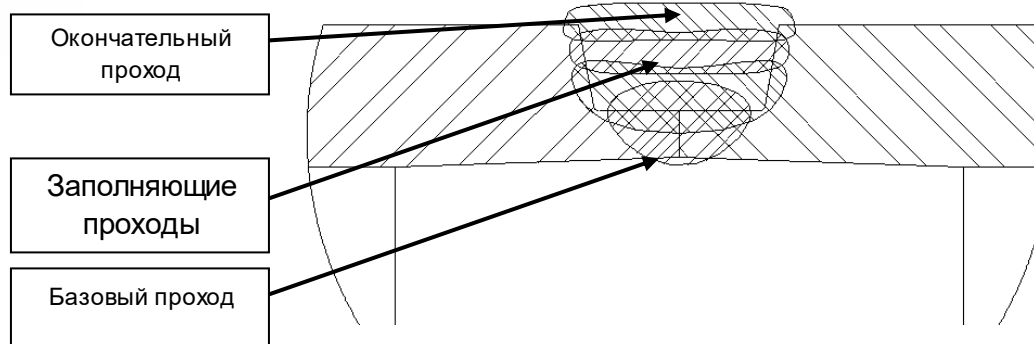


4.4.5.4 Плавление + Осцилляция + Проволока

Этот режим сварки комбинирует AVC, головку и осцилляционные перемещения проволоки и используется для сварки труб с толстыми стенками многопроходным способом.

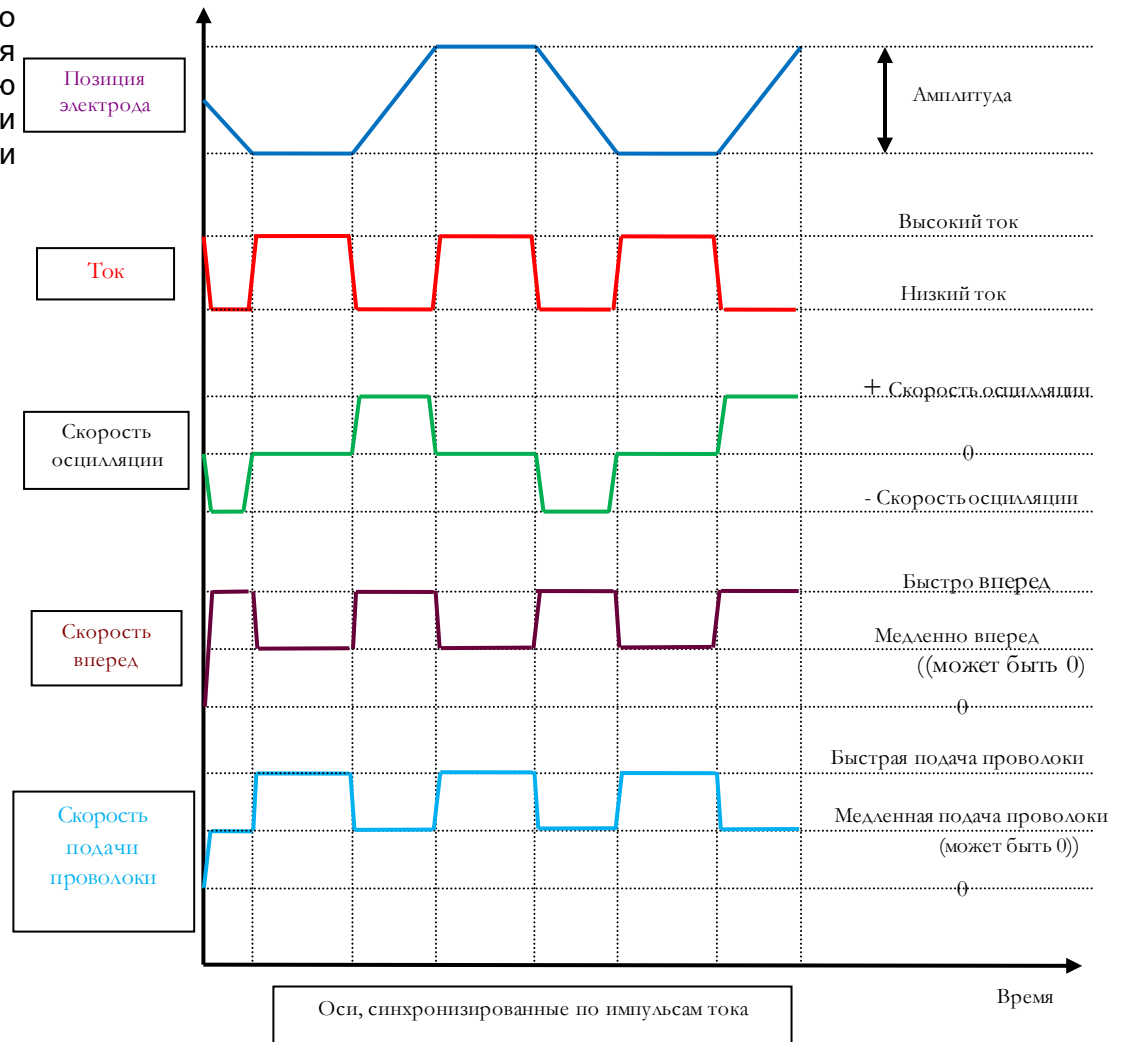
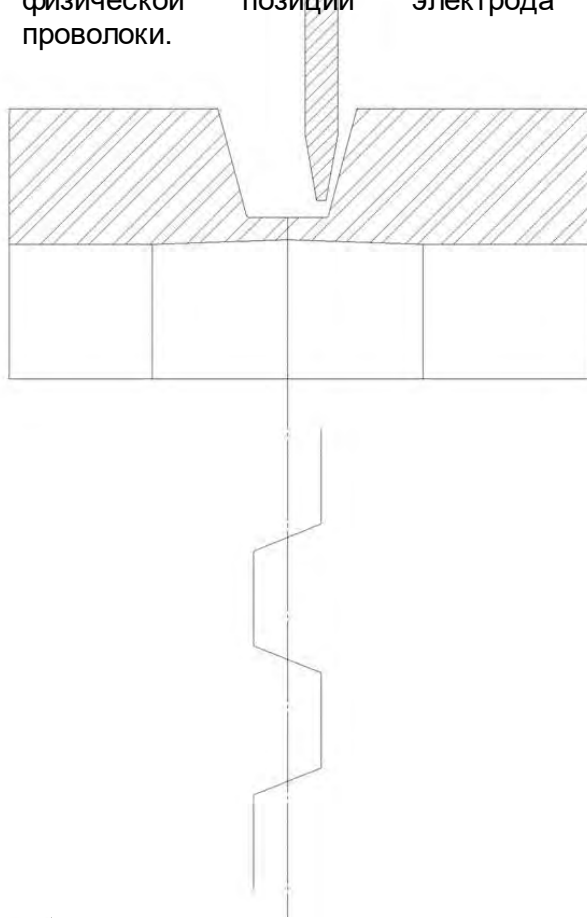


Колебание головки вызывает поперечное качание электрода при прямолинейном движении, чтобы смочить каждую сторону сочленения при продвижении. Колебание экономит существенное число проходов и, таким образом, соответственно повышает производительность. Эта система, скомбинированная с AVC, является единственным эффективным методом заполнения расширенного на конус соединения в многопроходной сварке TIG (имеется другая система, известная как подвешенная, которая используется при сварке узких зазоров, но она не включена в программу компании AXXAIR).



4.4.5.4.1 Возможное перемещение и конфигурации синхронизации

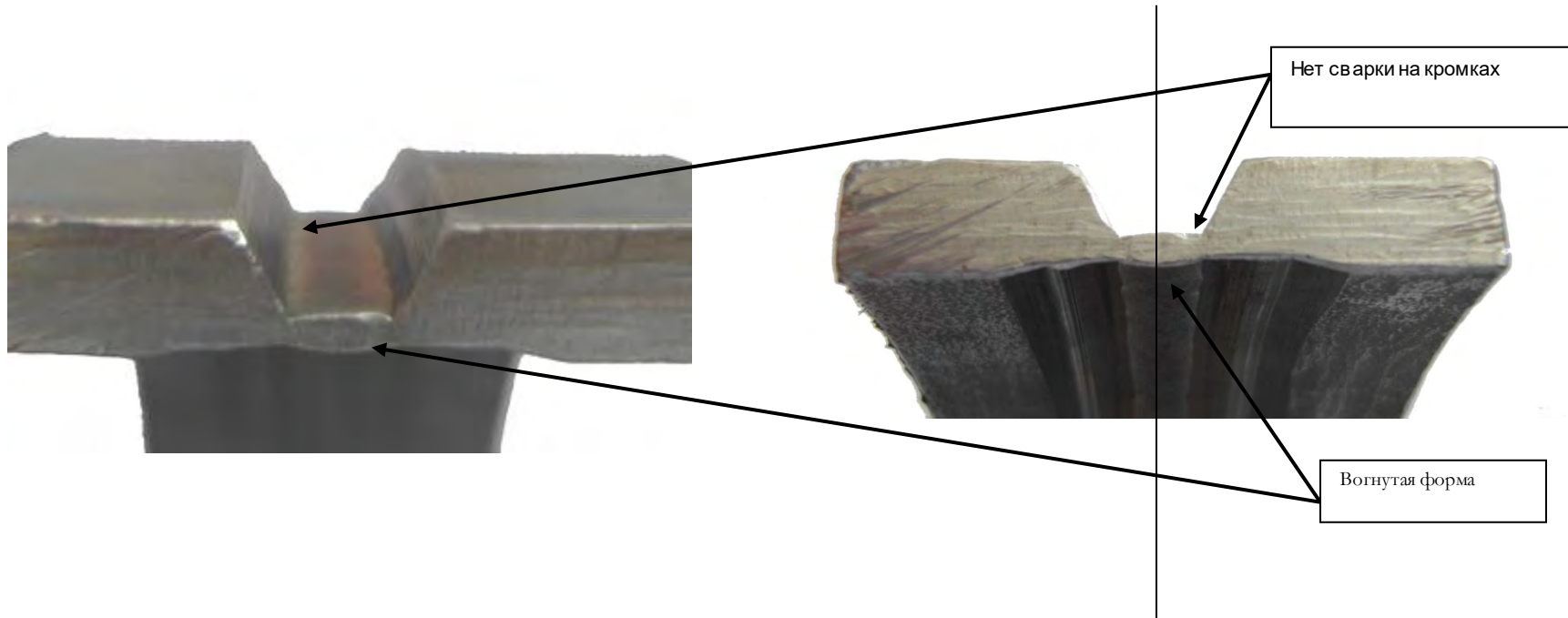
Все перемещения по оси могут быть синхронизированы, а могут и нет (по выбору оператора). Синхронизация необходима, когда приложенную энергию необходимо контролировать как функции физической позиции электрода и проволоки.



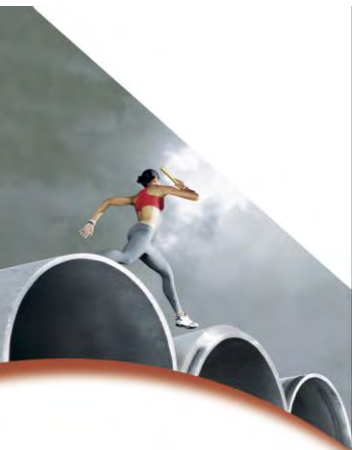
В этом режиме сварка выполняется за несколько проходов:

4.4.5.4.2 Базовый проход

Подготовка расширенных на конус кромок, как описано ранее в этом руководстве, позволяет осуществить сварку встык для труб с толщинами стенок от 1,6 до 2 мм, например. На фотографии ниже показан такой проход на тонкой трубе с идеальной геометрией. Можно видеть, что базовый проход не простирается к краям кромки.

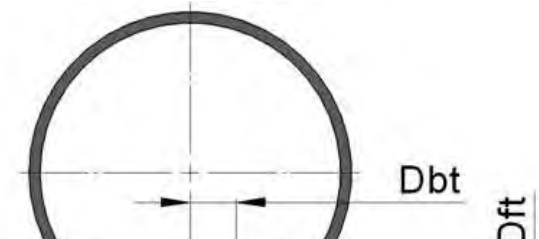


Базовый проход почти всегда выполняется в режиме Плавление + Проволока



УЧЕБНОЕ РУКОВОДСТВО ПО СВАРКЕ НЕПОВОРОТ:

AXXAIR



Для базового прохода лучше использовать большее расстояние проволока-электрод, чем в простом режиме Плавление + Проволока. Это дает лучшую выпуклость (положительное проплавление) на базовом проходе.

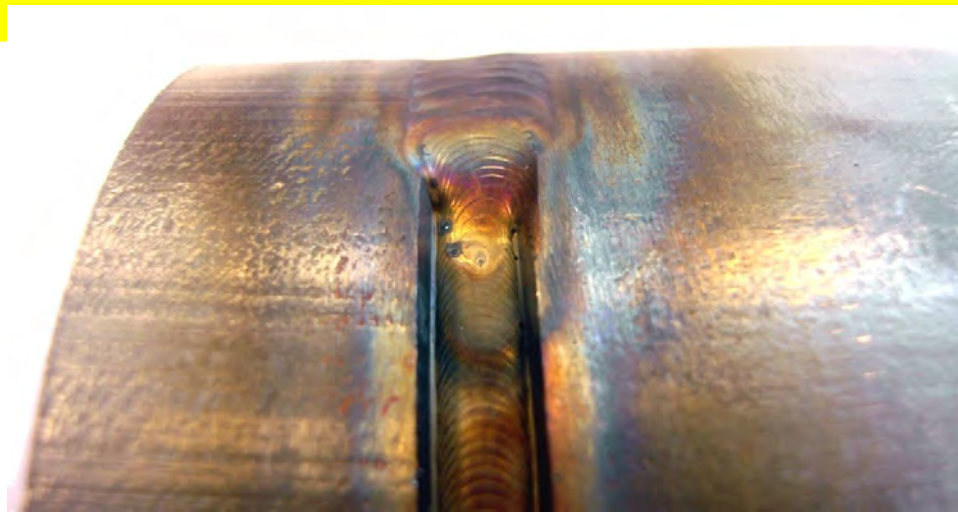
4.4.5.4.3 *Второй проход*

Второй проход является самым тонким, поскольку одновременно должны быть достигнуты несколько целей:

- Не проникать в материал базового прохода при ванне, простирающейся на кромках с каждой стороны. Это может углубить проплавление, что является недопустимым.
- Плавление должным образом на кромках, чтобы избежать адгезии из-за недостаточной энергии.
- Заполнить сочленение для лучшей производительности: скорость отложения материала провода.

Для этих проходов наполнителя, зазор провод-электрод может быть сохранен на уровне 2 мм и угол уменьшен до 10° , что позволяет осаждаться большему количеству проволоки и, таким образом, обеспечивает лучше заполнение.





4.4.5.4.4 Окончательный проход

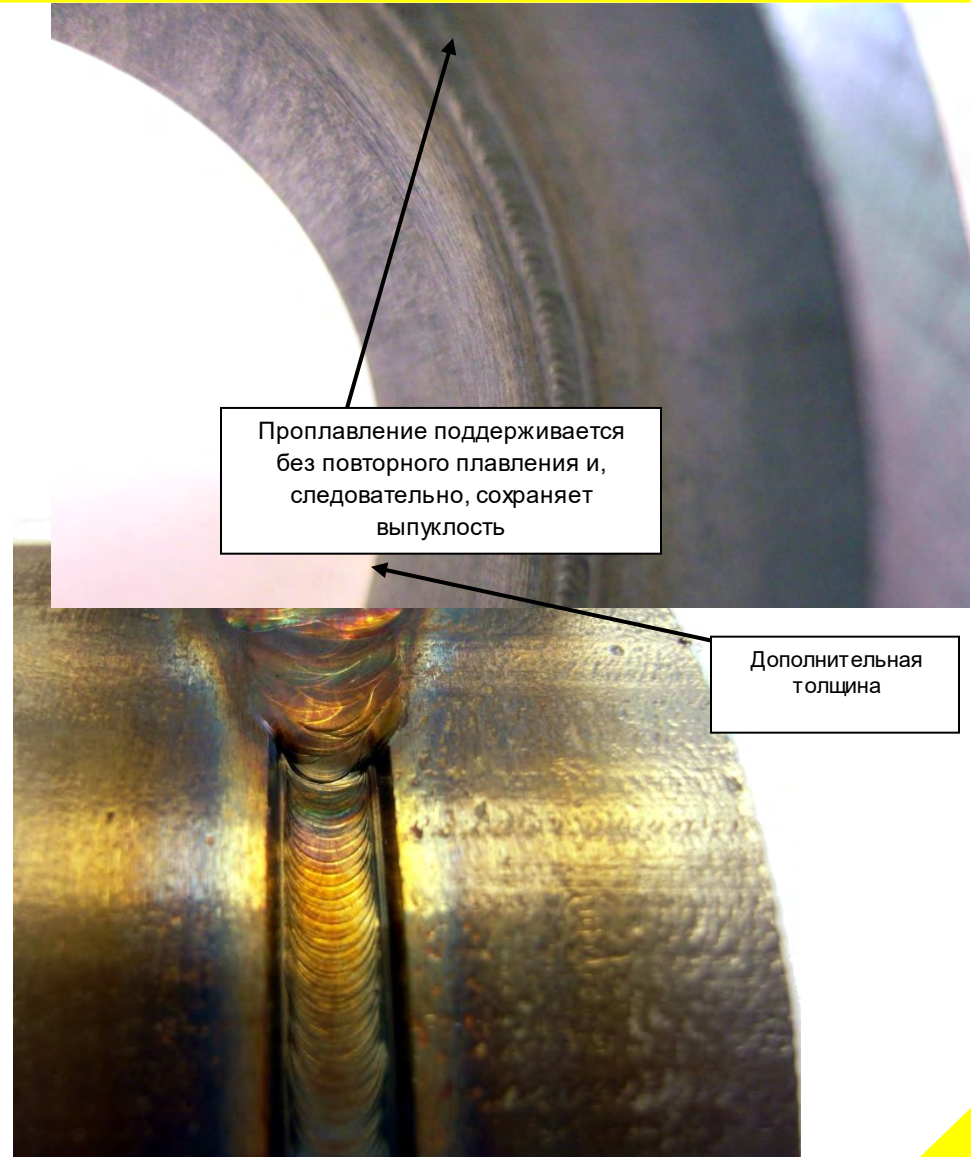
Этот проход расширяет ванну, вытесняя ее к краям деталей, чтобы расплавить эти два элемента, создавая дополнительную толщину относительно наружных диаметров трубы.

Отделочный проход легко выполняется, если предыдущий проход должным образом заполнил сочленение, поскольку это предотвращает захват провода в процессе осцилляции.

На фотографии показана труба сорта 316L диаметром 88,9 x 5,5 мм, сваренная за 3 прохода.

Для этого прохода используйте те же самые настройки проволоки, что и для проходов наполнения.

В многопроходном режиме сварки автовычисление только упрощает ввод данных, но не является каким-либо определенным методом. В зависимости от требуемого прохода, программа должна быть адаптирована на основе прошлого опыта. Это преподают в процессе обучения.



Проплавление поддерживается без повторного плавления и, следовательно, сохраняет выпуклость

Дополнительная толщина



5 Сварка

Наша станция позволяет устанавливать три различных режима сварки, в зависимости от кодов пользователя, Сварщика или Оператора:

- “SOUDER” (Сварка): Отображается первая страница сварки. В этом режиме оператор не может изменить параметры сварки, а может только начать или остановить сварку (см. практическое обучение компании AXXAIR).
- “DYNAMIQUE” (Динамический): Этот режим используется для разработки параметров сварки или для очень тонкой сварки. К параметрам, которые сварщик желает изменить, можно динамически получить доступ в процессе сварочных операций. Для этого режима ожидаемый результат сварки получается быстрее, особенно это касается проплавления. В этом режиме необходимо отображение окна реверсированного защитного газа. Динамический режим позволяет перезадать параметры сварки в процессе сварки. Могут быть изменены следующие параметры:

- Сварочный ток (“Courant de soudage”)
- Скорость сварки (“Vitesse de soudage”)
- Длительность импульса (“Temps de pulsation”)

В динамическом режиме также может быть вручную активировано следующее:

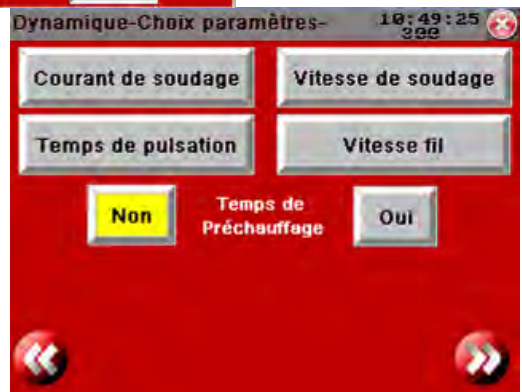
- Конец времени предварительного нагрева (“Temps de Préchauffage”)
- Запуск подачи проволоки (“Départ fil”)
- Останов подачи проволоки (“Départ fil”)

Опция “Vitesse fil” (Скорость подачи проволоки) должна быть выбрана, чтобы можно было выбрать “Retard départ fil” (Задержка запуска подачи проволоки) и “Retard arrêt fil” (Задержка останова проволоки).

Этот режим часто используется в многопроходной сварке, поскольку он позволяет сделать настройки, которые будут сделаны как функции характеристик сварного соединения.

В этом режиме изменения могут быть сохранены или в используемой Программе, или в качестве новой программы, которая позволяет сохранить начальную программу и динамические изменения и сравнить их (рассматривается более подробно в практическом обучении компании AXXAIR).

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: Динамические изменения должны быть введены разумно, в начале сегмента, чтобы стабилизировать программу.



6 Ввод данных

Генератор тока имеет встроенную систему ввода данных, которая позволяет сохранить фактические параметры сварки. По умолчанию параметры записываются каждую секунду на панели дистанционного управления. Эта панель может записать 999 сварных соединений, после чего система записывает поверх существующих записей, начиная с номера 1, что означает, что важно напечатать введенные данные, когда происходит управление качеством сварного шва.

Сварные соединения отсортированы по времени, и затем по времени начала сварки.

Каждую секунду регистрируются следующие параметры:

- Сегмент
- Высокий ток
- Высокое напряжение
- Низкий ток
- Низкое напряжение
- Аварийная сигнализация

Последняя колонка "Alarm" (Аварийная сигнализация), показывает, были ли станцией обнаружены аварии, включая остановки, которые требует оператор. Alarm 0 указывает, что сварное соединение было закончено без проблем. Эти отчеты могут быть только напечатаны в версии ввода данных, включенной в качестве стандартной.

Для длинных сварных соединений, отчет должен быть напечатан с помощью персонального компьютера, поскольку одна строка в секунду приводит к нескольким страницам рекомендованной распечатки, начиная с первой левой страницы.

Ссылочные параметры станции могут быть напечатаны принтером электростанции, гарантируя таким образом трассируемость Качества.

AXXAIR
COUPE ORBITALE
CHANFREIN ORBITAL
SOUDURE ORBITALE

Welding Report

Rapport de soudage : 21-07-2010 - 12:49:52

Diamètre : 162mm Epaisseur : 4mm Programme : 30 Machine : SC220E Mode : Fus+Fil+Osc

Heure	Etape	Secteur	Courant haut	Tension haute	Courant bas	Tension basse	Alarme
12:49:52	(START)	1	0	0	0	0	(START)
12:49:53	Prégaz	1	0	0.1	0	0	0
12:49:54	Prégaz	1	0	0.1	0	0	0
12:49:55	Prégaz	1	0	0.1	0	0	0
12:49:56	Prégaz	1	0	0.1	0	0	0
12:49:57	Prégaz	1	0	0.1	0	0	0
12:49:58	Prégaz	1	0	0.1	0	0	0
12:49:59	Prégaz	1	0	0.1	0	0	0
12:50:00	Prégaz	1	0	0.1	0	0	0
12:50:01	Prégaz	1	0	0.1	0	0	0
12:50:02	Prégaz	1	0	0.1	0	0	0
12:50:03	Prégaz	1	0	0.1	0	0	0
12:50:04	Prégaz	1	0	0.1	0	0	0
12:50:05	Préchauf.	1	165.6	23	0	0	0
12:50:06	Préchauf.	1	165.6	14.5	0	0	0
12:50:07	Préchauf.	1	165.6	15.3	0	0	0
12:50:08	Préchauf.	1	165.6	14.4	0	0	0
12:50:09	Préchauf.	1	165.6	14.3	0	0	0
12:50:10	Préchauf.	1	165.6	14.1	0	0	0
12:50:11	Préchauf.	1	165.6	14	0	0	0
12:50:12	Préchauf.	1	165.6	13.9	0	0	0
12:50:13	Préchauf.	1	165.6	13.8	0	0	0
12:50:14	Préchauf.	1	165.6	13.7	0	0	0
12:50:15	Montée	1	167	13.8	0	0	0
12:50:16	Montée	1	171.7	13.9	0	0	0
12:50:17	Montée	1	176.7	14.1	0	0	0

Terminé

Показывает сегодняшнюю сварку по времени начала

7 Дефекты сварного соединения

Сварка с помощью приложения энергии, а иногда с помощью добавления металла, вызывает металлургические изменения вокруг сварного соединения. Эти изменения воздействуют на микроструктуру в расплавленной зоне и смежных зонах, на которые произведено термическое воздействие.

Фактически, сварное соединение имеет различные проблемы в результате этих изменений, например:

- Ломкость из-за водорода: явление образования холодных трещин.
- Образование горячих трещин в процессе отверждения: усадочные раковины, межкристаллитное растрескивание.
- Коррозионная стойкость, отличная от той, которая характерна для основного металла: главным образом, из-за процессов усадки.

Эти проблемы касаются и расплавленной зоны (которая была в жидком состоянии в процессе сварки), и термически поврежденной зоны. Термически поврежденная зона (ZAT на французском языке) - центр металлургических изменений основного металла, которые могут вызвать ломкость, потерю механической прочности, недостаточную ковкость и т.д. Изменения зависят от свариваемого материала, используемого процесса и принятой процедуры и т.д.

ДЕФЕКТЫ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ И ПРОБЛЕМЫ СВАРКИ

ДЕФЕКТ	ПРИЧИНА	МЕРЫ К ИСПРАВЛЕНИЮ
ПОРИСТОСТЬ	1 Нечистые газы, захваченные в сварном соединении (например, водород, кислород, воздух, водяной пар).	1. Выполните начальную очистку перед запуском первых сварок. Проверьте, что защитный газ чистый.
	2. Шланг, возможно, предварительно использовался для ацетилена.	2. Используйте новый шланг. Шланг становится пропитанным ацетиленом.
	3. Газовые и водяные шланги перепутаны.	3. Используйте цветовое кодирование для предотвращения ошибок подключения..
	4. Тонкий слой масла на поверхности металла, который возник из-за основной воды.	4. Очистите, используя химические вещества. Не выполняйте сварное соединение, пока металл не высохнет.
	5. Сварочный ток слишком низкий или скорость сварки слишком большая.	5. Повысьте сварочный ток, сваривайте соединение медленнее или подогрейте зону сварки.
ЧЕРНОВАТЫЙ	1. Поток защитного газа недостаточен.	1. Проверьте расход газа.

ВАЛИК (ЛЕГКИЕ МЕТАЛЛЫ)	2. Основной металл загрязнен.	2. Очистите основной металл механически или химически.
	3. Добавленный металл загрязнен.	3. Очистите.
	4. Тяга воздуха выдувает защитный газ из зоны.	4. Защитите сварное соединение от тока воздуха.
	5. Сопло слишком далеко от ванны расплава.	5. Придвиньте поближе до правильного расстояния до детали для лучшей защиты.
НЕРАВНОМЕРНЫЙ ВАЛИК	1. Нерегулярная дуга.	1. См. ниже.
	2. Сварочный ток слишком низкий.	2. Повысьте силу тока (амперы).
ВАЛИК СЛИШКОМ ШИРОК	1. Скорость сварки слишком низка.	1. Увеличьте скорость сварки.
	2. Дуга слишком длинная.	2. Переместите замыкатель горелки.
	3. Сварочный ток слишком высок.	3. Снизьте сварочный ток.
ЖЕЛОБА	1. Неправильный угол горелки.	1. Исправьте угол.
	2. Слишком высокий ток	2. Снизьте силу тока.
	3. Неправильная длина дуги.	3. Используйте правильную длину дуги.
	4. Недостаточно добавленного металла.	4. Добавьте добавленного металла.
РАСТРЕСКИВАНИЕ	1. Добавленный металл отличается от базового металла.	1. Используйте электрод того же самого состава.
	2. Валик слишком мал.	2. Расширьте.
	3. Чрезмерная усадка.	3. Измените процедуру.
НЕДОСТАТОЧНОЕ ПРОПЛАВЛЕНИЕ	1. Дуга слишком длинная.	1. Уменьшите расстояние.
	2. Скорость сварки слишком высока.	2. Снизьте скорость сварки.
	3. Осадок электрода слишком быстрый.	3. Используйте правильную длину дуги.

	4. Сварочный ток слишком низкий.	4. Повысьте силу тока.
НЕДОСТАТОЧНОЕ ПЛАВЛЕНИЕ НА КРАЯХ МЕТАЛЛА ОСНОВАНИЯ	1. Скорость сварки слишком высока.	1. Снизьте скорость сварки и подогрейте большие детали.
	2. Основной металл загрязнен.	2. Очистите химически или механически.
НЕРАВНОМЕРНАЯ ДУГА	1. Вольфрамовый электрод загрязнен.	1. Удалите загрязненную часть.
	2. Слишком большой диаметр электрода.	2. Используйте правильный диаметр как функцию тока.
	3. Дуга слишком длинная.	3. Подвиньте поближе головку к детали. Для сварки внутреннего угла электрод может иметь вылет 3 - 6 мм от сопла.
	4. Напряжение питания установки колеблется.	4. Повысьте силу тока в течение пиковых часов.
	5. Высокая частота не работает должным образом.	5. Проверьте высокочастотный блок.
	6. Магнитное оборудование близко к дуге.	6. Удалите магнитное оборудование.
	7. Расстояние между датчиками высокочастотных блоков слишком большое.	7. Установите правильный зазор для кончиков датчиков (.007").
ДУГОВОЙ РАЗРЯД НЕВОЗМОЖЕН	1. Схема сварки открыта.	1. Проверьте и отремонтируйте.
	2. Розетка заземления не соединена.	2. Соедините розетку заземления.
ЭЛЕКТРОД СЛИШКОМ БЫСТРО РАСХОДУЕТСЯ	1. Слишком большой ток.	1. Повысьте силу тока.
	2. Полярность неправильна	2. Поменяйте полярность.
	3. Ненормальный перегрев.	3. Проверьте контакты захватного устройства электрода и контакт между электродом и горелкой.
ЭЛЕКТРОД	1. Сварочный аппарат касается ванны	1. Найдите лучшее положение при сварке и затем удалите загрязненную часть.

ЗАГРЯЗНЕН	расплава электродом или добавленным металлом.	
	2. Неправильный угол электрода.	2. Исправьте угол электрода.
	3. Недостаточно защитного газа.	3. Увеличьте расход газа или увеличьте время “после потока”.
ТРУДНО ДОБАВЛЯТЬ ДОБАВЛЕННЫЙ МЕТАЛЛ	1. Неправильный угол электрода.	1. Исправьте угол электрода.
	2. Диаметр электрода несовместим со сварочным током.	2. Увеличьте или уменьшите диаметр.
ВЕРШИНА ЭЛЕКТРОДА ПОДСИНЕННАЯ	1. Поток защитного газа недостаточен.	1. Проверьте расход газа. Проверяйте на утечки. Проверьте настройку защитного газа - кнопку “после потока”.
	2. Недостаточное охлаждение.	2. Проверьте воду или давление газа. Проверьте, что трубопроводы не засорены.
	3. Ток слишком высок для производительности горелки.	3. Снизьте силу тока или замените горелку на инструмент с более высокой производительностью.
СЛАБАЯ ВИДИМОСТЬ ДУГИ И ВАННЫ РАСПЛАВА	1. Плохая рабочая позиция.	1. Работайте в лучшей и более удобной позиции.
	2. Неправильный угол горелки.	2. Исправьте угол.
	3. Чистое или слегка окрашенное стекло сварочного щитка слишком слабое или загрязнено.	3. Замените на стекло с соответствующим оттенком или очистите стекло.
СВАРОЧНАЯ СТАНЦИЯ ПЕРЕГРЕВАЕТСЯ	1. Чрезмерный ток электрода по сравнению с производительностью.	1. Снизьте силу тока или используйте две станции в параллель.
	2. Вентилятор не работает правильно.	2. Выполните необходимую работу по ремонту.
	3. Электрические кабели недостаточно затянуты.	3. Затяните должным образом.
	4. Высокочастотный блок неправильно заземлен.	4. Проверьте и исправьте ситуацию.

8 ПРИЛОЖЕНИЯ

8.1 Подробности о параметрах сварки

8.1.1 Скорость сварки

Автоматический орбитальный сварочный процесс TIG использует скорости сварки между 60 и 180 мм/мин. Для сравнения, скорость ручной сварки TIG изменяется между 20 и 60 мм/мин при использовании аргонной защиты. Эти значения скорости являются приблизительными.

ВАЖНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Скорость сварки - первый выбираемый параметр, поскольку он прямо воздействует на другие параметры, то есть на высокий и низкий сварочный ток и время пульсирующего тока. Изменение скорости сварки оказывает влияние на все другие параметры.

СКОРОСТЬ ЗАВИСИТ ОТ СЛЕДУЮЩИХ ФАКТОРОВ:

1. Свариваемого материала
2. Типа используемого газа
3. Подготовки к сварке
4. Диаметра трубы
5. Толщины сварки
6. Сорта сварного соединения
7. Позиции сварного соединения
8. Типа используемой головки (закрытая головка / открытая головка)
9. Прямого или осцилляционного прохода
10. Сорта трубы
11. Конфигурации сварки
12. Сварки плавлением или с проводом
13. Массы собираемых деталей
14. Ширины ванны
15. Требуемого проплавления
16. Отношения внешней/внутренней ширины сварного шва
17. Интервала между метками
18. Энергии сварки
19. Защиты ванны
20. Металлургических проблем и т.д.

В зависимости от типа используемой головки, скорость сварки может изменяться. С открытыми сварочными головками рассеяние тепла больше, чем с закрытыми головками, где теплота содержится в сварочной головке.

Важно понять, что труба с большим диаметром с толстыми стенками требует более низкой скорости вращения. Для рекомендации ниже показана таблица скоростей вращения стола.

Выбор скорости - для ссылки

Диапазон внешн. диаметров	V(мм/мин)	V(мм/мин)	V(мм/мин) Открытая головка + Провод	V(мм/мин) Открытая головка + Провод + Осцилляция
	Закрытая головка	Открытая головка		
2 - 4 мм	180 мм/мин	№	Нет	Нет
4 - 8 мм	150 мм/мин	№	Нет	Нет
8 - 20 мм	125 мм/мин	120 мм/мин	Нет	Нет
20 - 50 мм	115 мм/мин	110 мм/мин	100 мм/мин	95 мм/мин
50 - 100 мм	105 мм/мин	100 мм/мин	90 мм/мин	85 мм/мин
> 100 мм	95 мм/мин	90 мм/мин	80 мм/мин	75 мм/мин

РЕКОМЕНДАЦИЯ
ДЛЯ НАЧАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ВАШИХ ТЕХНОЛОГИЙ СВАРКИ ВОЗЬМИТЕ ОПОРНУЮ СКОРОСТЬ: 100 мм/мин.

8.1.2 Сварочный ток

В автоматическом орбитальном процессе TIG обычно используется пульсирующий сварочный ток, поскольку он обеспечивает динамическое перемещение к ванне расплава и уменьшает энергию, приложенную к свариваемым частям. Таким образом, ток, который входит в формулу энергии, представляет собой среднее значение силы тока, то есть высокий ток \times длительность импульса высокого тока + низкий ток \times длительность импульса низкого тока / (время высокого импульса + время низкого импульса).

ВАЖНОЕ ЗАМЕЧАНИЕ

Сварочный ток - второй выбираемый параметр после скорости сварки.

При разработке технологии сварки это - единственный параметр, который регулируется, чтобы усовершенствовать параметры сварки и, таким образом, результат. Если повышение сварочного тока превышает 20% относительно заданных значений, приведенных в этом руководстве, то скорость сварки должна быть снижена, пока полученный результат сварки не удовлетворит техническим условиям.



Закрытая головка, сварочный ток

Внешн диам	Высокий ток	Низкий ток
2 - 4 мм	30 A/mm	30 - 50% h.c.
4 - 8 мм	33 A/mm	30 - 50% h.c.
8 - 20 мм	36 A/mm	30 - 50% h.c.
20 - 50 мм	40 A/mm	30 - 50% h.c.
50 - 100 мм	41 A/mm	30 - 50% h.c.
> 100 мм	42 A/mm	30 - 50% h.c.

Открытая головка, сварочный ток

Внешн диам	Высокий ток	Низкий ток
2 - 4 мм	xxx	xxx
4 - 8 мм	xxx	xxx
8 - 20 мм	39 A/mm	35 - 55% h.c.
20 - 50 мм	41 A/mm	35 - 55% h.c.
50 - 100 мм	42 A/mm	35 - 55% h.c.
> 100 мм	43 A/mm	35 - 55% h.c.

Сварочный ток с открытой головкой с добавлением металлической проволоки

Внешн диам	Высокий ток	Низкий ток
2 - 4 мм	xxx	xxx
4 - 8 мм	xxx	xxx
8 - 20 мм	xxx	xxx
20 - 50 мм	41 A/mm	35 - 55% h.c.
50 - 100 мм	42 A/mm	35 - 55% h.c.

> 100 мм

РЕКОМЕНДАЦИЯ

ДЛЯ НАЧАЛЬНОЙ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ ПРИМИТЕ СВАРОЧНЫЙ ТОК РАВНЫМ 40 А НА МИЛЛИМЕТР ТОЛЩИНЫ СВАРИВАЕМОЙ ТРУБЫ.

ДЛЯ НИЗКОГО ТОКА ПЕРВОНАЧАЛЬНО ПРИМИТЕ ЗНАЧЕНИЕ В 30 % ОТ ЗНАЧЕНИЯ ВЫСОКОГО ТОКА ЦЕЛЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОГО ТОКА - ОГРАНИЧИТЬ ЭНЕРГИЮ СВАРКИ, И ОН ОБЩИЙ ДЛЯ ВСЕХ СЕГМЕНТОВ, ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ ДИАМЕТРОВ ТРУБЫ < 20 мм.

8.1.3 Изменение сварочного тока

В начале сварочных операций труба имеет температуру окружающей среды, что означает, что первоначально она в состоянии поглотить теплоту, приложенную сварочной дугой, но как только температура растет, труба впоследствии все меньше в состоянии поглощать теплоту при сварке.

Поэтому SASL-150 предлагает 16 сегментов, которые позволяют прогрессивно понижать сварочный ток при вращении вокруг свариваемых частей.

Понижение сварочного тока при переключении между сегментами, главным образом, зависит от диаметра свариваемой трубы, толщины ее стенки и положения при сварке.

Значения, приведенные в таблице ниже являются просто теоретическими и показаны для сварки трубы открытой головкой с 4 сегментами, каждый из которых находится под углом 90°.

Снижение силы тока между сегментами

Внешн. диам. трубы	Снижение высокого тока	Снижение высокого тока
	Закрытая головка	Открытая головка
2 – 5 мм	10 %	---
5 – 10 мм	8%	---
10 – 20 мм	6%	4%
20 – 50 мм	5%	3%
50 – 100 мм	4%	2%
> 100 мм	3%	1%

РЕКОМЕНДАЦИЯ

ДЛЯ НАЧАЛЬНОЙ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ СНИЗЬТЕ СИЛУ ТОКА НА 2А ПРИ КАЖДОМ ПЕРЕХОДЕ НА СЕГМЕНТ.

ВЫПОЛНИТЕ ПРОВЕРКУ, ЧТОБЫ УТВЕРДИТЬ ВАШУ ТЕХНОЛОГИЮ СВАРКИ.

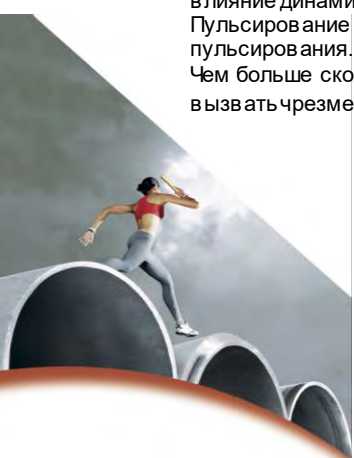
8.1.4 Время импульсов

Времена импульсов выбираются как функция требуемого интервала между метками, которые могут изменяться, в зависимости от типа применения и поля деятельности. Времена импульсов, приведенные ниже, основаны на линейной скорости и 100 мм/мин.

Для простой сварки плавлением коэффициент, используемый для определения времен импульсов высокого и низкого тока, составляет 14 % от толщины стенки трубы.

Коэффициент может изменяться между 5 и 30 % от толщины стенки свариваемой трубы. Пульсирование в меньшем диапазоне, чем 5 % не дает большого преимущества, поскольку влияние динамики на ванну расплава очень мало (очень короткие времена импульсов высокого и низкого тока дают фактически тот же самый результат, что и постоянный ток). Пульсирование в диапазоне больше, чем 30 % опасно, так как относительно проплавления перекрытие между импульсами становится случайным и есть риск неуправляемого пульсирования.

Чем больше скорость сварки, тем короче время пульсирования, и наоборот. Быстрое пульсирование приведет к меньшей разности между высокими и низкими токами, что может вызвать чрезмерную окраску наваренного валика.



Влияние времени пульсирования на геометрию валика



РЕКОМЕНДАЦИЯ
 ДЛЯ НАЧАЛЬНОЙ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ ПРИМИТЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСА ВЫСОКОГО И НИЗКОГО ТОКА, РАВНЫМИ 14% ОТ ТОЛЩИНЫ
 СТЕНКИ СВАРИВАЕМОЙ ТРУБЫ.

Идеально, интервалы импульсов должны всегда быть между 0,5 и 0,7 мм. Время импульсов, таким образом, зависит от скорости сварки.



8.1.5 Сварка толщины между 2,5 и 3 мм

В пределах этого диапазона диаметров автопрограммирование менее точно и требует большей регулировки.

8.1.6 Сварка толщины больше 3 мм

Обычно трудно осуществлять сварку для толщины сварного соединения, превышающей 3 мм, в однократной непрерывной сварке плавлением, так как для этого типа применения требуется много энергии сварки, и контроль ванны становится недостоверным.

Для толщины стенки, превышающей 3 мм, главная цель состоит в том, чтобы достигнуть прочного сварного соединения, и однократная сварка плавлением обычно неприменима. Для этих толщин рекомендуются функция добавления проволоки, контроль напряжения дуги (AVC) и система осцилляции.

Поэтому компания AXAIR охватывает только толщину стенки от 0,5 до 3 мм для непрерывной сварки плавлением или с добавлением проволоки.

Для толщины стенки, превышающей 3 мм, есть риск получения вогнутого во внешнего сварного соединения в 12-часовом положении, или выпуклого в 6-часовом положении, и выпуклого проплавления в 12-часовом положении, или вогнутого в 6-часовом положении, если принята однократная процедура сварки плавлением.

Однако в некоторых случаях хорошие результаты могут быть получены при использовании вышеупомянутых рекомендаций для толщины, превышающей 2,5 мм. Если это не прошло, все указанные значения могут быть сохранены, а может быть просто снижена скорость (минимально до 60 мм/мин).

РЕКОМЕНДАЦИИ

Для труб с толщиной стенки, превышающей 2,5 мм, можно попробовать другой метод:

Используйте основную скорость 50 мм/мин.

Сварочный ток 35 А на мм толщины (вместо 40 А).

Низкий ток осциллирует до 30 % от уровня высокого тока.

Времена пульсации высокого и низкого тока 28 % от толщины (вместо 14 %). Большие времена пульсации дают лучшее управление ванной расплава.

Также возможно использовать импульсную скорость сварки, синхронизированную с импульсами тока. Этот метод дает лучшее проплавление, с лучшим управлением объема ванны и более низкую среднюю скорость.

8.1.7 Формула цикла времени сварки

Полное время цикла сварки важно для планирования работ. Формула, показанная ниже, дает время для одного 360° оборота вокруг трубы.

Чтобы получить полное время, должны быть вместе добавлены следующие элементы: время для позиционирования детали при сборке, время предварительного выделения газа, время подогрева, время нарастания, время перекрытия, время схлопывания, время после сварки, время последующего выделения газа, время для удаления сваренных частей.

Формула:

ПОЛНОЕ ВРЕМЯ ДЛЯ 360° = (60 x окружность) / скорость

например: диаметр трубы 38 мм, толщина стенки 1,65 мм

a. Окружность = $38 \times 3,1416 = 120$ мм

b. Скорость вращения = 100 мм/мин

c. Время для 360° = $(60 \times 120) / 100 = 72$ секунды

ВРЕМЯ СЕГМЕНТА ИЛИ ПЕРЕКРЫТИЯ = (Y° x ПОЛНОЕ ВРЕМЯ) / 360°

например: диаметр трубы 38 мм, толщина стенки 1,65 мм

a. Сегмент 90° = $(90° \times 72 \text{ секунды}) / 360° = 18$ секунд

b. Перекрытие (Y°) 20° = $(20° \times 72 \text{ секунды}) / 360° = 4$ секунд

Требуемое время перекрытия полезно при использовании добавления проволоки, поскольку оно должно быть более или менее эквивалентным установке времени для функции "RETARD DEPART FIL" (ЗАДЕРЖКА НАЧАЛА ПРОВОДА).

ПОЛНОЕ ВРЕМЯ ЦИКЛА СВАРКИ

Чтобы получить полное время цикла, должны быть добавлены следующие элементы:

a. Время установки части.

e. Время схлопывания и время после сварки.

b. Время внутренней очистки и предварительной подачи газа.

f. Время конца внутренней очистки и последующей подачи газа.

- c. Время подогревания и нарастания.
- d. Полное время для 360°.

- g. Время на удаление сваренных частей.
- h. Время для сброса системы.

8.1.8 Словарь материалов

8.1.8.1 Коррозионные процессы

Коррозионные процессы в металлах имеют, главным образом, электрохимическую природу. В присутствии раствора типа электролита потенциал металл-электролит изменяется в зависимости от точки на поверхности, которая генерирует электрические токи, повреждающие металл.

Коррозионная стойкость зависит от значений этих потенциалов, и особенно от их распределения на поверхности. Все неоднородные процессы приводят к электрическим парам, которые получаются из-за разностей в структуре и композиции микроструктур, формирующих непосредственно материал. Другие неоднородные процессы возникают из-за присутствия сварных соединений, заклепок, локальной обработки, сделанной для механического упрочнения (согнутая пластина, например), а также из-за сцепления между взаимодействующими частями или даже простой царапины.

Когда материал горячий, диффузия вызывающих коррозию веществ в пределах толщины металла может далее усложнить проблему.

Противостояние коррозии - постоянная проблема во многих промышленных ситуациях. Относительно простое решение состоит в том, чтобы закрыть поверхность, чтобы она была защищена материалом, который незатронут агрессивной средой. Этот материал может быть металлическим или неметаллическим. Краски, лаки, определенная обработка поверхности, металлизация припоем, цинком, никелем, хромом и т.д. часто дают успешный результат.

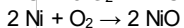
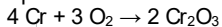
Металлы также могут быть заменены другими материалами, которые являются более инертными химически, типа графита, керамики, стекла, пластика и т.д..

8.1.8.2 Нержавеющие стали — общие положения

Что касается их возможной замены, нержавеющие стали трудно заменить ввиду их превосходных механических характеристик: допуск большой нагрузки, твердость и сопротивление удару. Ни один из других упомянутых выше материалов не имеет таких свойств.

Элемент сплава, который делает нержавеющие стали не поддающимися коррозии — это хром. Вопреки популярному мнению, хром является очень реактивным химически и, в частности он является очень подверженным окислению. Однако его оксид формирует наружный слой, который является и прозрачным, и защитным. Сплавленный с железом и никелем, он вызывает образование окисленного поверхностного состава, который может замедлить или даже полностью остановить коррозию.

Хром и никель окисляются следующим образом:

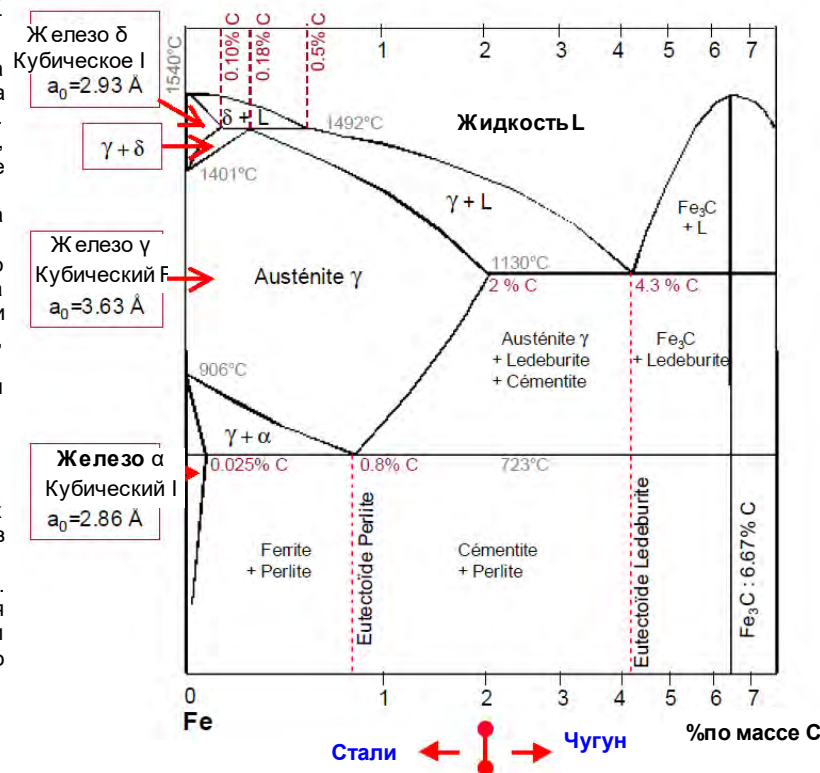


Французский термин "inoxidable" сильно вводит в заблуждение и плохо выбран... Термин типа "incorrodable" (нержавеющий) был бы более соответствующим, поскольку коррозия (медленное разрушение химическим действием) замедлена.

Как будет видно, есть очень много сортов нержавеющей стали, и выбор иногда труден, поскольку они все не имеют одинаковых характеристик в данной среде. Они часто различаются по процентам содержания никеля и хрома по массе. Таким образом, нержавеющая пластина толщиной 1,8 мм, которая используется в ножевых изделиях и обычной кухонной посуде, содержит 18% хрома и 10% никеля по массе. Это обозначение, фактически, совершенно недостаточно, поскольку оно не имеет никакого отношения к металлургической структуре.

Содержание хрома никогда не меньше 12 %. Другие элементы сплава, главным образом, относительно "инертные" металлы, типа [никеля](#), [молибдена](#) и [меди](#) еще более улучшают стойкость к химическому воздействию, в особенности в неокисляющих средах.

Диаграмма железо - углерод (в % по массе)



Свойства стойкости этих сплавов были обнаружены в 1913 г., когда было замечено, что на образцы, полированные для лабораторных исследований, не воздействовало окисление. Фактически можно говорить, что:

- Нержавеющие стали может разъесть только холод в присутствии влаги. Поэтому они противостоят хлоридам, которые являются очень коррозионно-активными газами, но они совершенно сухие.
- Воздействие водных растворов таково, что электрохимическая коррозия имеет большее влияние, чем прямая химическая коррозия. Как указано выше, сопротивление материала зависит от электрохимического потенциала на поверхности и его распределения. Подобно алюминию, очень легко окисляющемуся металлу, который закрыт защитным оксидом, нержавеющие стали, активны, когда они только что были обработаны на станке, очищены или отполированы, и пассивны, когда внешнее воздействие сформировало их защитный "наружный слой".

Оптимальное использование нержавеющих сталей поэтому требует чрезвычайно однородного металла, чтобы избежать местной коррозии, и перехода от активного состояния к пассивному состоянию по всей наружной поверхности.

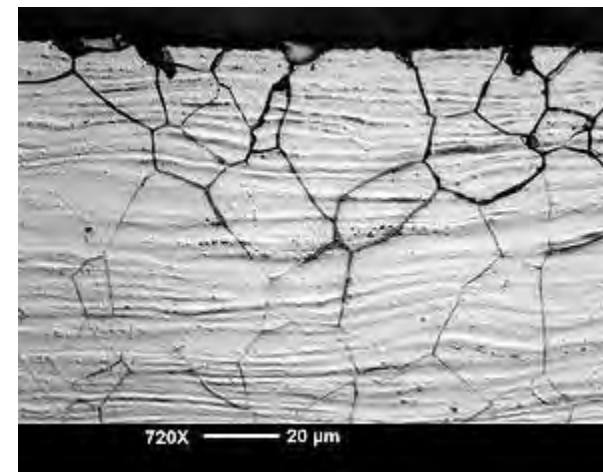
Относительно водородного электрода сравнения, потенциал нержавеющих сталей находится между потенциалом молибдена и ртути, недалеко от серебра или платины. Осаждение частиц железа на поверхностях нержавеющей стали очень опасно во влажной среде, поскольку ржавчина действует как катализатор и поверхность наконец становится покрытой коррозией. Этот эффект известен как "ферритное" загрязнение.

8.1.8.3 Типы коррозии нержавеющей стали

Как все металлические сплавы, нержавеющая сталь может быть подвержена однородной химической коррозии, которая равномерно воздействует на поверхность. Тогда возможно измерить массу, потерянную на единицу площади и на единицу времени.

На аустенитные нержавеющие стали воздействуют другие формы коррозии, и это может быть проблемой при их использовании:

- [Межкристаллитная коррозия](#) проникает между микрочастицами, и металл в конце концов распадается. Это связано с осаждением карбида хрома вдоль соединений. Чтобы произошла межкристаллитная коррозия, должны совпасть три условия: не менее 0,035 % углерода, сенсбилизирующее действие при поддержании температуры от 400 до 800 °C (особенно в процессе сварки), кислотные условия эксплуатации с окисляющей способностью между двумя ясно определенными пределами. Эта коррозия распознается, например, по двум темным меткам ближе к наварному валику. Межкристаллитная коррозия - реальная проблема, поскольку она развивается в ограниченных местах, при минимальном уровне жидкости и очень часто разрушает узел.
- [Точечная коррозия](#) обычно не возникает из-за неоднородных материалов, а из-за случайного присутствия металлической пыли, которая, во влажной среде, создает электрический потенциал. Поверхность стали тогда становится катодом и разъедается, и может случиться так, что коррозия через стальную пластину толщиной 2 мм может полностью проникнуть через несколько часов. Среда, которая является и очень кислой, и очень окисляющей, может спровоцировать возникновение подобных эффектов.
- [Коррозия под действием растягивающей нагрузки](#) быстро покрывает предметы, на которые она воздействует, и делает их непригодными к работе. К счастью, этот тип очень редок. Чтобы под действием растягивающей нагрузки произошла коррозия, образцы должны иметь части, находящиеся под растягивающим усилием, даже под легким растягивающим усилием в процессе нормальной работы, или из-за вторичного влияния сварки или штамповки, и т.д., и они должны также быть под воздействием коррозионной среды, типа загрязненной воды, растворов хлоридов, даже очень разбавленных, или горячего едкого натра.



Также существуют другие специфические процессы типа:

- [Раковинная коррозия](#),
- [Коррозия из-за разности в вентиляции](#).

8.1.8.4 Функция добавок

- Это - **хром**, который делает нержавеющие стали стойкими к воздействию окисляющих веществ.
- **Никель** стимулирует образование аустенитных однородных структур, что помогает предотвратить коррозию, но добавление которого нужно избегать в ситуациях, когда существует [трение](#).
- **Молибден и медь** улучшают сопротивление в большинстве коррозионных сред, особенно в кислотных средах, а также в фосфорных, сульфированных растворах и т.д. Молибден улучшает устойчивость пленок пассивирования.
- **Вольфрам** улучшает высокотемпературные характеристики аустенитных нержавеющих сталей.
- Содержание **титана** должно превышать в четыре раза содержание углерода. Это предотвращает изменения в металлургических структурах в процессе горячей обработки, особенно в процессе сварочных работ.

8.1.8.5 Типы нержавеющей стали

Хромистые стали в умеренном режиме являются ферритными и магнитными. Некоторые имеют характеристики самозакаливающихся специальных сталей, другие могут быть только частично закалены, или не закаляются вообще. Хромоникелевая сталь является обычно аустенитной, и обработка закалкой, вместо их закалки, напротив, смягчает их. Есть очень много сортов хромистой стали, соответствующих очень широкому пределам применений.

Что касается использования, нужно делать различие между мартенситными, ферритными, аустенитными и аустенитно-ферритными (иногда известными как дуплексными) сталями.

- Мартенситные стали используются там, где требуется высокая механическая прочность. Наиболее используемые сорта содержат 13% хрома и, по крайней мере, 0.08 % углерода. Другие сорта содержат больше добавок, иногда с малым процентом никеля.
- **Ферритные стали** нельзя закаливать. Эта категория включает жаропрочные стали с высоким содержанием хрома (до 30 %). Они особенно хороши в присутствии серы.
- **Аустенитные стали** - безусловно наиболее используемые благодаря их очень высокой стойкости к химическому воздействию, их ковкости, сопоставимой с ковкостью для меди или латуни, а также из-за их превосходных механических характеристик. Содержание добавок - обычно приблизительно 18% хрома и 10% никеля. Содержание углерода очень мало, а стабильность улучшается элементами типа титана или [ниобия](#).
- **Аустенитные ферритные стали** были разработаны в Швеции в 1930-ых, чтобы улучшить коррозионную стойкость оборудования, используемого в производственных процессах сульфурирования бумаги. Эти сорта стали были первоначально созданы, чтобы противостоять проблемам коррозии, вызванной присутствием хлора в охлаждающей воде и в других агрессивных химических продуктах, существующих и распространяемых в жидкостях, порождаемых производственными процессами сульфурирования бумаги.

Название Дуплекс происходит из их двухфазной структуры, содержащей феррит, пополненный аустенитом от 40 до 60%. Эти стали также часто упоминаются как аустенитно-ферритные стали. Это название не отражает их отверждения сначала в ферритный сплав (дельта феррит), а дальше возникает преобразование, в твердой фазе, в аустенитный сплав. Они должны, таким образом, называться как ферритно-аустенитные нержавеющие стали.

Дуплексные нержавеющие стали имеют различные сорта, классифицированные по функции их химического состава, который является основным на высоком содержании хрома. Сопротивление межкристаллитной и точечной коррозии увеличивается из-за никеля и молибдена. Присутствие обеих фаз микроструктуры гарантирует высокое сопротивление к точечной коррозии и коррозионным трещинам, по сравнению с обычными нержавеющими сталями.

Первое производство этих сортов стали было основано на хrome, никеле и сплавах молибдена. Хотя коррозионная стойкость была хороша, сварка оказывала неблагоприятное влияние на их ковкость (ударная вязкость), из-за массивного присутствия ферритной микроструктуры, что ограничивало использование дуплексной стали несколькими определенными применениями.

В течение 70-ых, развитие морских полярных месторождений газа и нефти, и коррозионных проблем, специфичных для прибрежной промышленности, привело к развитию новых сортов дуплексных сталей, и они были очень быстро приняты машиностроительными компаниями. Эти новые сорта характеризовались добавлением азота (гаммагеничного), чтобы улучшить и прочность сварных соединений, и сопротивление хлорной коррозии.

УЧЕБНОЕ РУКОВОДСТВО ПО СВАРКЕ НЕПОВОРОТНЫХ СТЫКОВ - 2010

Добавление азота улучшило структурную закалку благодаря тонкому механизму рассеивания междоузлий, который увеличивает предел упругости и прочность на растяжение, не воздействуя на прочность структуры.

Сорта стали должны применяться в системах, включающих элементы, монтированные или механически, или с помощью сварки. Присутствие двух совсем разных нержавеющей сталей в электролите может вызвать очень деструктивные процессы электрохимической коррозии.

8.1.9 Защита от излучения дуги

Оператор также должен быть защищен от явного излучения дуги в инертной атмосфере. Инертная атмосфера обеспечивает большее воздействие УФ и ИК излучения, с повышенным риском ожогов от дуги кожи или глаз. Поэтому маска для защиты лица сварщика часто имеет слегка окрашенное стекло смотрового отверстия. Оттенки стекла зависят от силы сварочного тока. Номера оттенков стекла, как функции сварочного тока, показаны в таблице ниже.

*Свяжитесь с Вашим поставщиком, чтобы получить стекло фильтра, которое обеспечивает ясный вид дуги, но одновременно предлагает достаточную защиту.

№ оттенка стекла.	Сварочный ток
6	5 - 30 A
8	30 - 75 A
10	75-100 A
12	200 - 400 A
14	выше 400 A



9 Содержание

2	ПРОЦЕСС TIG — ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	3
2.1	ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПРОЦЕССА TIG	0
2.2	ОРБИТАЛЬНАЯ СВАРКА TIG	4
2.3	ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ ДУГИ.....	6
2.4	ПОСТОЯННЫЙ ТОК / ПРЯМАЯ ПОЛЯРНОСТЬ	7
2.5	ПОСТОЯННЫЙ ТОК / ОБРАТНАЯ ПОЛЯРНОСТЬ	8
3	ПАРАМЕТРЫ ОРБИТАЛЬНОЙ СВАРКИ.....	9
3.1	ФИЗИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ	9
3.1.1	ТРУБА.....	9
3.1.2	ПОДГОТОВКА	10
3.1.3	ЭЛЕКТРОД.....	16
3.1.4	ЗАЩИТНЫЙ ГАЗ	23
3.1.5	СКОРОСТИ ГАЗОВОГО ПОТОКА / КЕРАМИЧЕСКОЕ СОПЛО.....	33
4	ПАРАМЕТРЫ СВАРКИ.....	34
4.1	ЭНЕРГИЯ СВАРКИ.....	37
4.2	ЗНАЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ.....	38
4.3	УПРАВЛЕНИЕ ТОКОМ	40
4.4	УПРАВЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЕМ ДУГИ.....	41
4.4.1	НЕВОЗМОЖНОСТЬ КОНТРОЛЯ.....	41
4.4.2	УПРАВЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЕМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕХАНИЧЕСКОГО ПОВТОРИТЕЛЯ	42
4.4.3	УПРАВЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЕМ ДУГИ - AVC.....	44
4.4.4	УПРАВЛЕНИЕ СКОРОСТЬЮ СВАРКИ.....	46
4.4.5	РЕЖИМ СВАРКИ	46
5	СВАРКА	55
6	ВВОД ДАННЫХ	56
7	ДЕФЕКТЫ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ.....	57
8	ПРИЛОЖЕНИЯ	62
8.1	ПОДРОБНОСТИ О ПАРАМЕТРАХ СВАРКИ	63
8.1.1	СКОРОСТЬ СВАРКИ	63
8.1.2	СВАРОЧНЫЙ ТОК	64

8.1.3	ИЗМЕНЕНИЕ СВАРОЧНОГО ТОКА	64
8.1.4	ВРЕМЯ ИМПУЛЬСОВ.....	65
8.1.5	СВАРКА ТОЛЩИН МЕЖДУ 2.5 И 3 ММ	68
8.1.6	СВАРКА ТОЛЩИН БОЛЬШИХ, ЧЕМ 3 ММ.....	68
8.1.7	ФОРМУЛА ЦИКЛА ВРЕМЕНИ СВАРКИ	68
8.1.8	СЛОВАРЬ МАТЕРИАЛОВ	69
8.1.9	ЗАЩИТА ОТ ИЗЛУЧЕНИЯ ДУГИ.....	72
9	СОДЕРЖАНИЕ.....	73



AXXAIR

ZI les Bosses
26800 ETOILE SUR RHONE
Франция
Тел: +33 475 575 070
Факс: +33 475 575 080
www.axxair.com

AXXAIR

АХХАИР АЗИЯ
КОРЕЯ дочерняя компания
102-1301 Bucheon Technopark 3rd
36-1 Samjeong-Dong
Ojeong-Gu
Bucheon-Si
Gyeonggi-Do
КОРЕЯ

AXXAIR

АХХАИР ШАНХАЙ
China дочерняя компания
C-401, I&E Park
Caohejing Hi-Tech Park
N°189 Xin Junhuan Rd
Pujiang, Minhang
Shanghai
КИТАЙ

AXXAIR

АХХАИР ИСПАНИЯ
Spanish ОФИС
Calle Francesc Macia 1
Esquina Sant Josep Obrer
08640 OLESA DE MONTSERAT
ИСПАНИЯ

AXXAIR

АХХАИР ГЕРМАНИЯ
Weimarer Strasse 12
Gewerbegebiet - West
66606 St. Wendel
ГЕРМАНИЯ

У НАС ДИСТРИБЬЮТОРЫ ПО ВСЕМУ МИРУ - ОБРАТИТЕСЬ К БЛИЖАЙШЕМУ ДЛЯ ВАС



СЕРВИС - КЛЮЧ К УСПЕХУ
www.axxair.com



РУКОВОДСТВО ПО СВАРКЕ НЕПОВОРОТНЫХ СТЫКОВ - 2010

AXXAIR