

GTAW

(Gas Tungsten Arc Welding)

Сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в защитном Газе использует тепло, образующееся при горении электрической дуги между электродом и основным металлом (деталью). Температура в столбе дуги при GTAW процессе может достигать 1950°С.

Вольфрамовый электрод закрепляется в токопроводящем устройстве специальной горелки, к которой по шлангам подводится токоведущий провод и защитный газ. Истекающая из сопла горелки струя аргона оттесняет воздух и надежно защищает электрод, дугу, сварочную ванну и околошовную зону от окисления и азотирования (рис. 1). Если возникает необходимость в добавочном (присадочном) металле для заполнения шва (получения сварочного валика), то в дугу подается присадочная проволока или прутки, как правило, того же или близкого по составу, что и свариваемый металл. Присадочная проволока, как правило, подается в ручную, так же как и при газосварке. На рис. 1 показана схема ручного GTAW процесса.

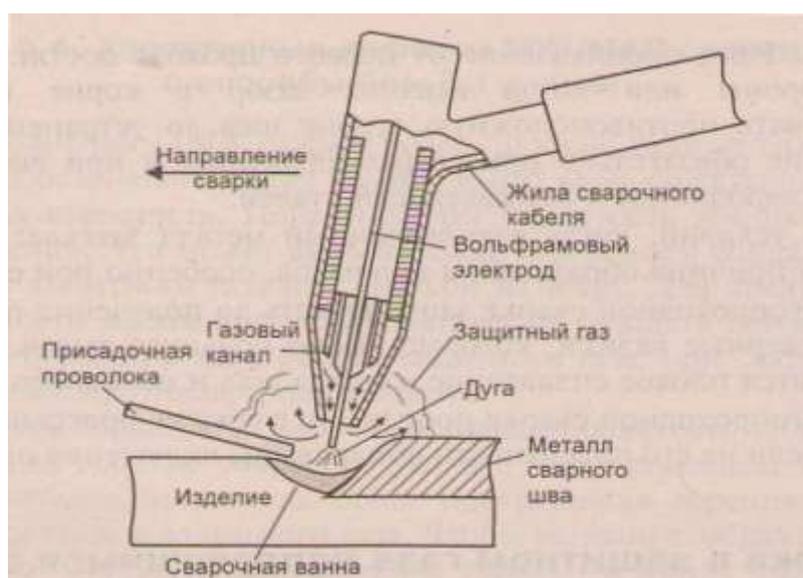


Рис. 1. Схема сварки вольфрамовым электродом в среде защитного газа.

Преимущество GTAW процесса заключается в том, что им можно сваривать значительно большее количество металлов и сплавов чем другими видами сварки. TIG сварка позволяет сваривать сталь, в том числе коррозионностойкую, никелевые сплавы (монель, инконель и др.), титан, алюминий, алюминиевые и магниевые сплавы, медь, бронзу и даже золото. Можно сваривать разнородные металлы, например медь с латунью и нержавеющей сталь с низкоуглеродистой сталью. Этим видом сварки можно соединять вручную, полуавтоматически или автоматически в различных пространственных положениях металлы толщиной от десятых долей до десятков миллиметров.

Концентрированный характер GTAW дуги с контролируемым точечным тепловложением в изделие дает узкую околошовную зону. Высокая концентрация тепла — преимущество при сварке металлов с высокой теплопроводностью, например меди и алюминия. Узкая околошовная зона, в которой металл подвергся интенсивному нагреву и быстрому охлаждению, также является преимуществом — повышается прочность изделия.

При сварке GTAW процессом не образуется шлак, следовательно, ничто не закрывает сварщика сварочную ванну. Завершенный валик сварного шва не имеет шлаковой корки, нет необходимости зачищать валики сварного шва при многопроходной сварке. Шлаковые включения в многослойной сварке бывают крайне редко. Исключение составляют металлы, подобные инконелю; в них могут встречаться шлаковые включения.

При сварке GTAW процессом отсутствует перенос расплавленного металла через дуговой промежуток. Это в значительной мере облегчает условия горения дуги и обуславливает более высокую ее стабильность. Нет расплавленных капель металла и нет брызг: если свариваемый металл не загрязнен, то нет и искр.

Присадочный металл по мере необходимости подается в головную часть сварочной ванны. Сварщик вручную контролирует перемещение сварочной горелки и подачу проволоки. В отличие от сварки плавящимся электродом скорость плавления присадочного металла не связана жесткой зависимостью с величиной сварочного тока. Количество присадочного металла, подаваемого в ванну, выбирают из условия обеспечения требуемой доли участия присадочного металла в образовании шва. При сварке стыковых соединений без разделки кромок присадочный металл необходим в основном для создания усиления шва.

Переход присадочного металла в сварочную ванну, минуя дуговой промежуток, исключает его разбрызгивание. Сокращаются потери на испарение, и ограничивается взаимодействие расплавленного металла с газовой фазой столба дуги. При сварке неплавящимся электродом создаются благоприятные условия для защиты сварочной ванны и формирования шва.

При сварке на постоянном токе (кроме импульсного режима), в отличие от сварки покрытыми электродами и MIG/MAG процесса, GTAW дуга горит в полной тишине, без треска, щелчков и жужжания.

Основной недостаток GTAW процесса — низкая производительность. Другой недостаток — чтобы производить сварку, необходимо, что называется, “набить руку”. Чтобы стать специалистом, необходима большая практика. Зачастую TIG сваркой выполняют “ювелирную”, ответственную работу, не терпящую небрежности.

К недостаткам GTAW процесса, по сравнению со сваркой покрытым электродом и GMAW процессом, относится необходимость применения дополнительных защитных мер против световой и тепловой радиации дуги. Из-за отсутствия дыма и более высокой температуры дуги излучение более сильное, имеющее сдвиг в ультрафиолетовую область, что, в свою очередь, вызывает образование озона и оксидов азота.

При выполнении TIG сварки необходима улучшенная защита сварщика от ожогов и излучения. Сварочная маска комплектуется светофильтром повышенной плотности. При сварке в стесненных условиях необходимо обеспечить достаточную вентиляцию или подачу чистого воздуха в сварочную маску.

GTAW — «чистый» процесс. Для качественной сварки свариваемое изделие должно быть очищено от грязи, окалины, краски, замасленностей и прочих загрязнений. Для сварки используется чистый присадочный металл. Сварку необходимо производить в чистых кожаных перчатках. Чистота процесса не преувеличена, особенно при сварке алюминия, алюминиевых и магниевых сплавов, более подверженных воздействию загрязняющих веществ, чем черные металлы.

Пористость шва при сварке алюминия вызывает водород. Следовательно, при сварке алюминия и алюминиевых сплавов необходимо удалить все источники водородного загрязнения, например влагу и углеводороды в виде масла и краски.

Сварка неплавящимся вольфрамовым электродом производится на прямой полярности (минус на электроде) При установившейся дуге электронный поток движется от отрицательного электрода горелки к положительному электроду (изделию), а поток положительно заряженных ионов — к электроду. При сварке на обратной полярности примерно 70% тепла сконцентрировано с положительной стороны дуги, и значительная часть этого тепла передается в зону сварки.

Прямая полярность позволяет получить узкую, сконцентрированную дугу, дающую глубокое проплавление (рис. 2 а) и, соответственно, большую скорость сварки. Электрод получает меньшую часть тепловой энергии дуги и будет иметь меньшую температуру, чем при сварке на переменном токе или при сварке на обратной полярности, что, в свою очередь, позволяет уменьшить диаметр вольфрамового электрода и снизить расход защитного газа.

При обратной полярности поток электронов также движется от отрицательного электрода к положительному, но в данном случае от изделия к электроду. Следовательно, 70% тепла сконцентрировано в дуге около вольфрамового электрода. Поскольку электрод получает значительно больше тепла, чем при прямой полярности, для предотвращения перегрева и оплавления вольфрама приходится использовать электроды увеличенного диаметра и уменьшать сварочный ток.

Свариваемое изделие получает меньше тепла и как результат – меньшая глубина проплавления, рис. 2 б.

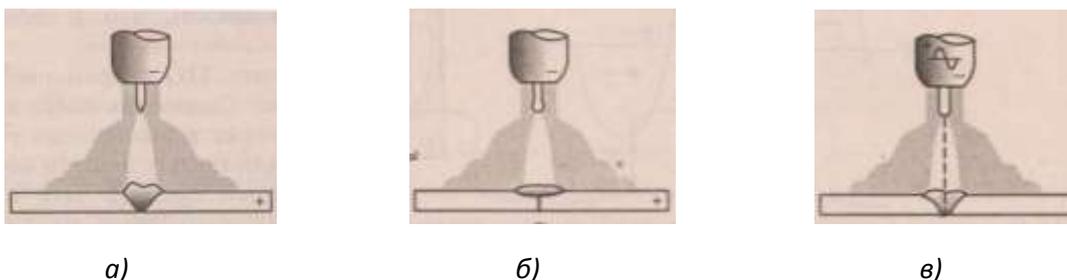


Рис.2. Проплавление металла при прямой полярности (а), при обратной полярности (б) и при переменном токе.

Другим недостатком при сварке на обратной полярности является блуждание дуги, возникающее иногда из-за «магнитного дутья», которое может возникать, но значительно реже, и на прямой полярности.

Некоторые цветные металлы, например алюминий и магний, быстро образуют на поверхности оксидную пленку. Прежде чем сваривать алюминий, необходимо удалить оксидную пленку, температура плавления которой значительно выше, чем основного металла. Удаление оксидной пленки может производиться механически, например щетками или химически — травлением, но, как только пленка удалена, металл тут же снова начинает окисляться, затрудняя сварку.

Оксидную пленку с поверхности металла во время сварки на обратной полярности может удалять сама дуга. Положительно заряженные ионы, которые двигались от основного металла изделия к электроду при сварке на прямой полярности, теперь двигаются от электрода к изделию. Ударяясь с достаточной силой о поверхность изделия, они дробят и расщепляют хрупкую оксидную пленку, производя тем самым очистку поверхности.

Очищающее действие дуги при сварке на обратной полярности, на первый взгляд, наилучшим образом подходит для сварки алюминия, магния и их сплавов. Тем не менее этот способ сварки имеет существенный недостаток. Например, при сварочном токе в 100 А необходимо использовать электрод (по условиям нагрева) диаметром 6 мм. Этот большой электрод имеет, соответственно, большую сварочную ванну. Тепло дуги рассеяно на большой площади изделия, глубина проплавления недостаточная. При использовании электрода диаметром 2,5 мм получаем более сконцентрированную дугу и удовлетворительное проплавление, но происходит перегрев электрода. Из-за недостаточного проплавления и необходимости использовать вольфрамовые электроды большого диаметра GTAW сварка на обратной полярности используется редко.

Хорошее проплавление достигаемое при сварке на прямой полярности, и очищающее действие дуги при сварке на обратной полярности – наилучшая комбинация для сварки алюминия и его сплавов. Для получения преимущества обоих способов используется сварка на переменном токе (Рис. 2 в).

При сварке на переменном токе полуволна, дающая обратную полярность, и полуволна, дающая прямую полярность, равны как по величине, так и по длительности (рис. 3 а). Теоретически, каждая полуволна при сварке должна давать один и тот же сварочный ток. На практике, если подключить осциллограф, то будет видно (Рис. 3 б) что на положительной полуволне (обратная полярность) есть большие пики, спады и даже провалы.

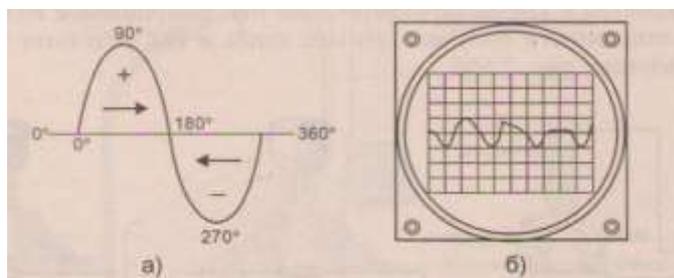


Рис. 3. Изменение тока в положительной и отрицательной полуволне (а), и реальная форма тока на экране осциллографа.

Существует две теории, объясняющие это явление. Первая теория — оксидная пленка, покрывающая металл, выступает в качестве выпрямителя, затрудняя движение электронов в противоположном направлении. Вторая теория — расплавленный алюминий обладает меньшей эмиссией электронов, чем разогретый вольфрам. За счет этого поток электронов (и, соответственно, сварочный ток), исходящий из вольфрамового электрода при сварке на обратной полярности, больше, чем основного металла при сварке на прямой полярности. Это явление называют “дуговым спрямлением”. В табл. 1 даны основные проявления дугового спрямления при сварке на переменном токе и меры борьбы с ним.

Таблица 1. Дуговое спрямление.

Визуальное проявление	Следствие	Устранение*
Шум дуги	Вольфрамовые включения в сварном шве	Не допускать касания электродом сварочной ванны
Колебание сварочной ванны	Неустойчивое горение дуги	Добавить присадочный металл
Разрушение вольфрамового электрода	Уменьшение длины электрода	Совершать колебательные перемещения дуги вдоль валика сварного шва

- - источники сварочного тока со «спрямленной» синусоидой, т.е. прямоугольной формой импульса не имеют этих недостатков.

В настоящее время большинство установок для TIG сварки имеют регулировку продолжительности положительной (очищающей) полуволны и продолжительности отрицательной (проплавающей) полуволны. Различные модели установок имеют различный уровень регулирования. В установках переменного тока с прямоугольной формой импульсов (полупериодов) продолжительность отрицательного полупериода может находиться в пределах 45—68% (при синусоидальном токе — 50%). В улучшенных установках диапазон регулирования достигает 10—90%, т. е. $\pm 40\%$. Сегодня во всем мире производится незначительное количество установок для TIG сварки на переменном токе, имеющих синусоидальную форму тока.

Максимальное проплавление при сварке на переменном токе достигается при максимальной продолжительности отрицательной полуволны (минус на электроде) и минимальной продолжительности положительной (рис. 4). При этом:

- можно использовать больший сварочный ток с меньшим электродом;
- увеличивается глубина проплавления при данной силе тока и скорости сварки;
- применяется меньшее сопло сварочной горелки и уменьшается расход защитного газа;
- околошовная зона получает меньше тепла, соответственно, меньше деформация.

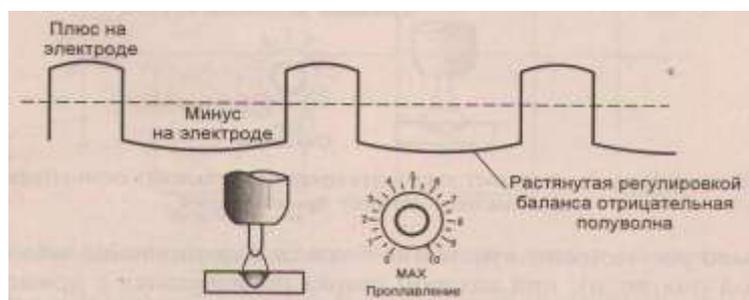


Рис. 4. Регулировка позволяет увеличить продолжительность отрицательной полуволны и, соответственно, увеличить глубину проплавления.

Сбалансированная сварка на переменном токе с прямоугольной формой импульсов достигается при равенстве отрицательного и положительного полупериодов, т. е. при частоте 50 Гц, $1/100$ с. Происходит сварка на прямой полярности и $1/100$ с. - на обратной полярности (Рис. 5), при этом увеличивается очищающее действие дуги.

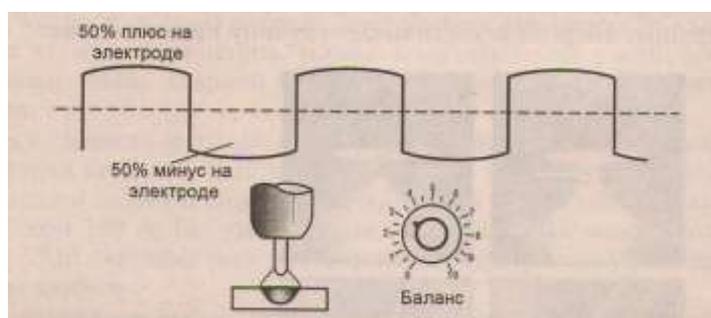


Рис. 5. Сбалансированное положение увеличивает очищающее действие дуги.

Следует заметить, что изображенный на рис. 7.68 регулятор баланса для сбалансированного режима сварки находится в положении 3, а не 5. Некоторые установки для TIG сварки имеют цифровой индикатор, показывающий продолжительность полупериода непосредственно в процентах.

Максимальное очищающее действие дуги наступает, когда положительная полуволна больше отрицательной, т. е. продолжительность сварки на обратной полярности больше, чем на прямой (рис. 6). Однако следует учитывать, что есть определенный предел увеличения продолжительности положительной полуволны, выше которого улучшение очистки уже не происходит. Снижается скорость сварки, уменьшается глубина проплавления и требуется увеличение диаметра вольфрамового электрода, иначе происходит его перегрев и разрушение.

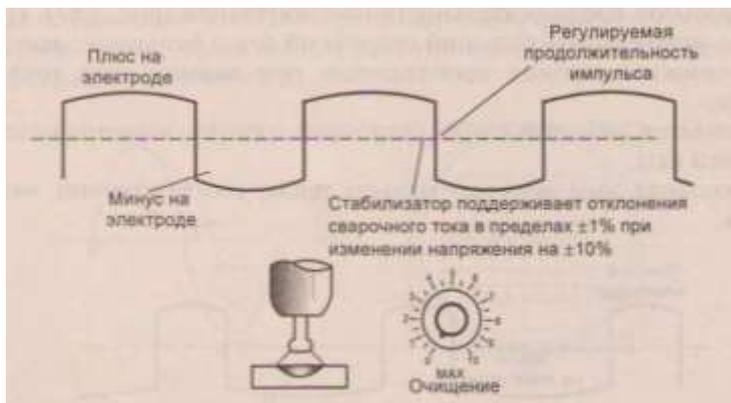


Рис. 6. Регулировка позволяет увеличить продолжительность положительной полуволны и уменьшить глубину проплавления.

Выше было рассмотрено изменение баланса (соотношения положительной и отрицательной полуволн), при котором сварка производится с применением промышленной частотой 50 Гц (50 положительных и 50 отрицательных полупериодов). Современные инверторные установки для TIG сварки позволяют изменять частоту сварочного тока.

С повышением частоты увеличивается давление Дуги на сварочную ванну, повышается стабильность горения дуги, и она значительно сужается. На рис. 7 показан характер изменения дуги при изменении частоты с 50 до 150 Гц. Изменение частоты в 3 раза привело к сужению конуса дуги и получению жесткой направленной дуги. При сварке повышенной частотой угловых или стыковых швов с разделкой устраняется отклонение дуги, дуга горит по оси электрода. Это повышает концентрацию энергии и увеличивает глубину проплавления.

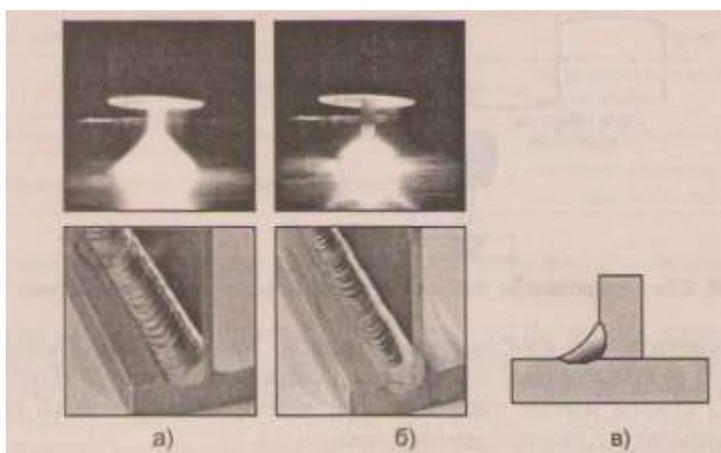


Рис. 7. Характер дуги и соответствующий ей профиль сварочного соединения при частоте 50 Гц (а), при частоте 150 Гц (б), угловой шов при сварке алюминия на частоте 150 Гц (в).

Инверторные источники сварочного тока позволяют производить сварку в диапазоне частот от 20 до 400 Гц. Сварка на пониженной частоте применяется, когда для выполнения сварного соединения нужна мягкая, с меньшей энергией дуга, например в авиастроении, а также при сварке торцевых швов и когда требуется малая глубина проплавления.

Выпускаемые в настоящее время установки для TIG сварки с улучшенной характеристикой позволяют дополнительно к вышесказанному осуществлять независимую (раздельную) регулировку сварочного тока как в отрицательной, так и в положительной полуволне (рис. 7.71), т. е. изменять ток сварки на обратной полярности, независимо оттока прямой полярности, и наоборот.

Обобщая вышесказанное, установки для выполнения TIG сварки на переменном токе имеют четыре основные независимые регулировки:

- 1) баланс (процент времени отрицательной полярности электрода);
- 2) частота, Гц (число циклов в секунду);
- 3) величина сварочного тока при отрицательной полярности на электроде¹;
- 4) величина сварочного тока при положительной полярности на электроде¹.

В отличие от сварки синусоидальным током, сварка на переменном токе с прямоугольной формой импульса с возможностью независимого управления всеми четырьмя функциями дает уникальные возможности: более эффективное тепловложение, которое, в свою очередь, дает увеличение скорости сварки. Изменяя соотношение четырех параметров, можно получить более узкий, по сравнению с синусоидальным током, сварной шов, в то же время имеющий большую глубину проплавления.

Установки, имеющие отдельную регулировку сварочного тока, позволяют сваривать металл большей толщины при тех же значениях сварочного тока. На рис. 8 а показан сварной шов, выполненный на алюминиевой пластине толщиной 12 мм током 250 А, без уменьшения величины тока положительной полуволны, на рис. 8 б значение тока положительной полуволны уменьшено. Шов получается уже, проплавление глубже.

Одним из положительных моментов использования установок для TIG сварки с улучшенной характеристикой является очень быстрый переход тока через нулевое значение, при этом не происходит гашение дуги. Наложение на сварочный ток высокочастотного тока необходимо только при бесконтактном зажигании дуги.

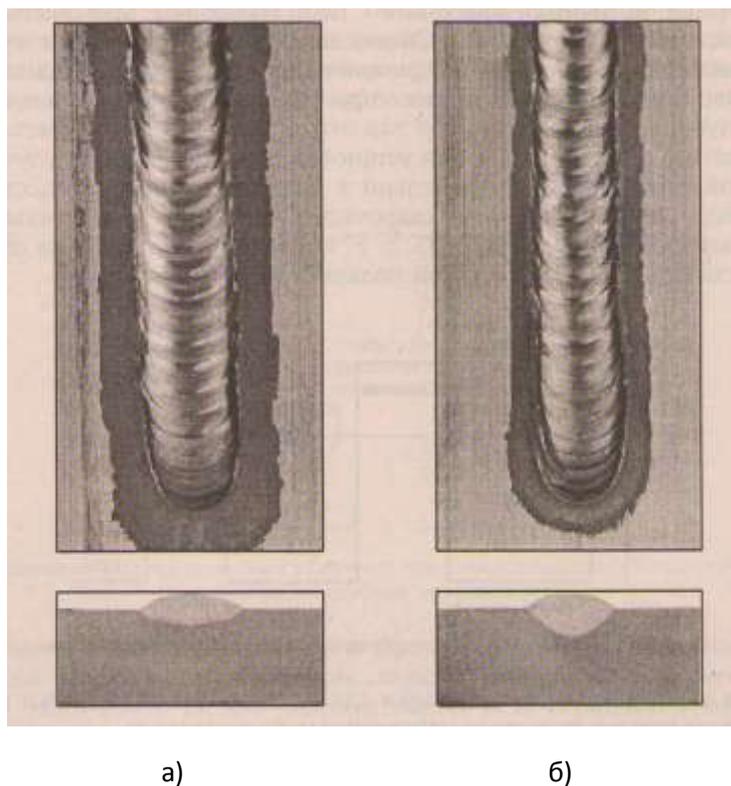


Рис. 8. Сварной шов выполненный без уменьшения величины тока положительной полуволны (а), и при уменьшении значения тока положительной полуволны (б).

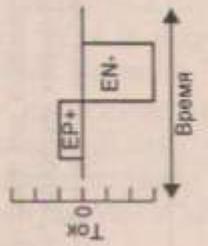
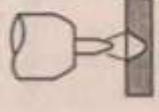
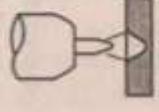
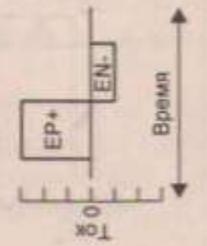
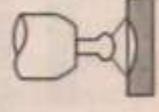
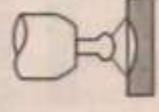
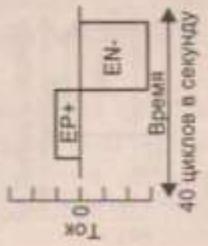
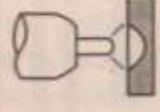
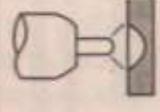
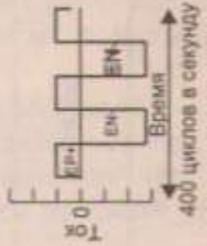
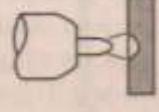
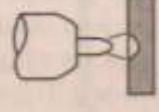
Установки для TIG сварки с улучшенной характеристикой позволяют сварщику формировать дугу и регулировать валик сварного шва. Для достижения в каждом конкретном случае желаемой глубины проплавления и нужной характеристики шва сварщик может регулировать, отдельно или в комбинации, длительность положительной и отрицательной полуволн, частоту, величину сварочного тока как в отрицательной, так и в положительной полуволне. В табл. 2 приведены основные регулировки сварочного тока и дано их проявление.

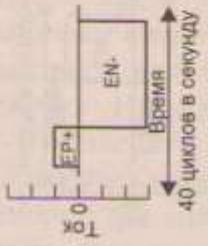
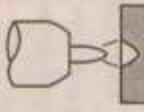
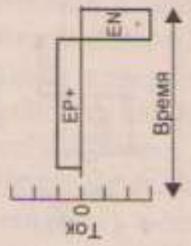
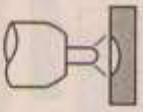
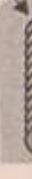
Основным требованием для зажигания и горения дуги является ионизация газа в дуговом промежутке. Ионизированный газ является хорошим проводником электрического тока. Ионизацией называется процесс, при котором из нейтральных атомов и молекул образуются положительные и отрицательные ионы.

При высоких температурах значительная часть молекул газа обладает большой энергией, для того чтобы при столкновениях могло произойти разбиение нейтральных молекул на ионы. При обычных температурах ионизацию можно вызвать, если уже имеющимся в газе электронам и ионам сообщить с помощью электрического поля большие скорости. Обладая большой энергией, эти частицы могут разбивать нейтральные атомы и молекулы на ионы.

В обычных условиях воздух, как и все газы, обладает весьма слабой электропроводностью. Это объясняется малой концентрацией свободных электронов и ионов. Поэтому, для того чтобы вызвать в воздухе или в газе мощный электрический ток, т. е. электрическую дугу, необходимо ионизировать воздушный промежуток (или другую газообразную среду) между электродами.

Ионизацию можно произвести, если приложить к электродам достаточно высокое напряжение, тогда имеющиеся в газе (в малом количестве) свободные электроны будут разгоняться электрическим полем и, получив большие энергии, смогут разбить нейтральные атомы и молекулы на ионы.

Регулировка	График тока	Проплавление	Внешний вид валика сварного шва
<p>Независимое регулирование переменного сварочного тока в положительной и отрицательной полярности. Например, при сварке алюминия ток обратной полярности может устанавливаться на нижний уровень регулирования, при этом возрастает глубина проплавления и скорость сварки.</p> <p>Примечание. При симметрии прямоугольных импульсов, отрицательная и положительная полуволна имеет одну и ту же продолжительность во времени и одинаковую величину тока</p>	 <p>График тока</p> <p>Время</p>	 <p>Нет визуальной очистки</p> <p>Валик сварного шва</p> <p>Узкий валик без видимой очистки</p>	 <p>Валик сварного шва</p> <p>Узкий валик без видимой очистки</p>
	 <p>Время</p>	 <p>Очистка</p> <p>Валик сварного шва</p> <p>Широкий валик с очисткой</p>	 <p>Очистка</p> <p>Валик сварного шва</p> <p>Широкий валик с очисткой</p>
<p>Регулирование частоты переменного тока. Например, для сварки алюминия большой толщины лучше подходит минимальная частота. Больше тепловложение, более широкий шов. С возрастанием частоты конус дуги становится более узким и увеличивается давление дуги на сварочную ванну, повышается стабильность дуги и уменьшается ее блуждание</p>	 <p>Время</p> <p>40 циклов в секунду</p>	 <p>Низкая частота: широкий валик шва, хороши проплавление — идеальный режим для сварки</p>	 <p>Очистка</p> <p>Валик сварного шва</p> <p>Широкий валик с очисткой</p>
	 <p>Время</p> <p>400 циклов в секунду</p>	 <p>Высокая частота: более узкий валик шва. Для сварки угловых швов и автоматизированной сварки</p>	 <p>Очистка</p> <p>Валик сварного шва</p> <p>Зауженный валик с очисткой</p>

Регулировка	График тока	Проплавление	Внешний вид валика сварного шва
<p>Регулирование продолжительности отрицательной полуволны. Позволяет получить регулируемую ширину сварного шва и необходимую глубину проплавления</p>	 <p>График тока: EP+, EN-, 40 циклов в секунду</p>	 <p>Большая часть времени сварка на обратной полярности. Глубокое проплавление и большая скорость сварки</p>	<p>Нет визуальной очистки</p>  <p>Валик сварного шва Узкий валик без видимой очистки</p>
	 <p>График тока: EP+, EN-</p>	 <p>Большая часть времени сварка на прямой полярности. Поверхностное проплавление.</p>	<p>Очистка</p>  <p>Валик сварного шва Широкий валик с очисткой</p>

Примечания.

1. EP — сварка на обратной полярности, плюс на электроде.
2. EN — сварка на прямой полярности, минус на электроде.
3. Сварка с применением переменного тока, как синусоидального, так и с прямоугольной формой импульсов, создает шум, в некоторых случаях нежелательный.

При сварке из соображений техники безопасности нельзя пользоваться высокими напряжениями. Поэтому используют явления термоэлектронной и автоэлектронной эмиссии. При этом имеющиеся в металле в большом количестве свободные электроны, обладая достаточной кинетической энергией, переходят в газовую среду межэлектродного пространства и способствуют ее ионизации.

При термоэлектронной эмиссии благодаря высокой температуре, которую обеспечивает горящая дуга, свободные электроны “испаряются” с поверхности металла. Чем выше температура, тем большее число свободных электронов приобретают энергию, достаточную для преодоления потенциального барьера в поверхностном слое и выхода из металла. При автоэлектронной (холодной) эмиссии создается внешнее электрическое поле, которое изменяет потенциальный барьер у поверхности металла и облегчает выход тех электронов, которые имеют достаточную энергию для преодоления этого барьера.

При сварке в защитном газе тепла, выделяемого дугой, достаточно для ионизации газа. Однако при сварке на переменном синусоидальном токе при переходе тока через нулевое значение тепла, выделяемого дугой, становится недостаточно, и она гаснет.

Для устранения этого явления при сварке на переменном синусоидальном токе и для начального зажигания дуги без короткого замыкания электрода на изделие применяют осцилляторы. Они представляют собой источники высокого напряжения и высокой частоты, способные вызывать искровой разряд между электродом и деталью. Для пробоя межэлектродного промежутка длиной 1 мм в воздухе требуется напряжение около 1—3 кВ, в аргоне напряжение пробоя снижается.

Серийные осцилляторы и возбудители изготавливаются на напряжение 2—20 кВ. Ток разряда достигает 1 — 10 А, а его энергия 0,05—1 Дж. Пробой межэлектродного промежутка приводит к его ионизации, благодаря чему возникает дуга от основного источника. Частота разряда у серийных осцилляторов и возбудителей составляет от 16 кГц до 1 МГц. При такой частоте высокое напряжение безопасно для сварщика, поскольку высокочастотный ток протекает по поверхностным участкам тела и поэтому не вызывает электролиза крови и не повреждает жизненно важных органов.

Различают поджигающие устройства непрерывного действия (осцилляторы) и импульсные (возбудители). С основным источником они могут включаться последовательно и параллельно. Достоинством осциллятора является высокая эффективность бесконтактного зажигания дуги. К недостаткам относится высокий уровень радиопомех.

При сварке на переменном синусоидальном токе высокочастотные импульсы осциллятора накладываются на синусоидальный сварочный ток (рис. 9). В момент прохождения сварочного тока через нулевое значение дуга гаснет, но высокочастотные импульсы вновь зажигают ее.

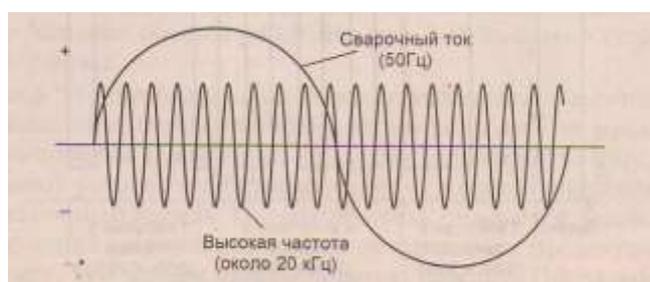


Рис. 9. Наложение высокочастотного тока осциллятора на сварочный ток.

Высокочастотная ионизация дугового промежутка позволяет стабилизировать дугу при сварке на переменном токе. В течение отрицательной полуволны поток электронов движется от сравнительно небольшого вольфрамового электрода к широкой сварочной ванне, в течение положительного полупериода — от сварочной ванны к электроду.

Алюминий и магний в горячем и расплавленном состоянии обладают значительно худшей эмиссией электронов, чем вольфрам. К тому же разогретая область, излучающая электроны, значительно шире, чем электрод. Дуга начинает проявлять склонность к “брожению” и становится неустойчивой. Поскольку высокочастотная ионизация дугового промежутка создает канал в газовой среде, проходящий по кратчайшему расстоянию между электродом и изделием, дуга, загораясь в ионизированном столбе, становится стабильной и легко управляемой.

Кроме осцилляторов, улучшающих стабильность дуги, применяются импульсные стабилизаторы, которые предназначены для повторного зажигания дуги переменного тока, особенно при переходе к полупериоду обратной полярности. При сварке алюминия неплавящимся электродом стабилизатор должен генерировать пиковый импульс с амплитудой напряжения 200—600 В. Стабилизатор с частотой следования импульсов 50 Гц стимулирует зажигание дуги только обратной полярности, с частотой 100 Гц — дуги и обратной, и прямой полярности.

GTAW сварка, так же как и GMAW сварка, имеет импульсный режим сварки. Преимущества импульсной сварки:

- хорошее проплавление при низком тепловложении;
- меньше деформация металла;
- хорошее управление сварочной ванной при сварке в любом пространственном положении;
- легкость сварки тонких материалов;
- легкость выполнения сварных швов при различной толщине свариваемых деталей.

Основное преимущество импульсной сварки в том, что процесс сварки производится так же, как и стандартный, но с меньшим тепловложением. Импульсный режим сварки имеет следующие регулировки:

- * пиковая величина тока — устанавливается несколько выше, чем при обычном режиме сварки;
- ток паузы — устанавливается ниже, чем при обычном режиме сварки;
- число импульсов в секунду — сколько раз в секунду сварочный ток достигает пикового значения;
- процент времени — длительность пиковых импульсов в процентах от общего времени.

На рис. 10 показан пример влияния регулировки на форму сварочного тока.



Рис.10. Влияние основных регулировок на форму импульса

Большинство установок GTAW сварки имеют импульсный режим с частотой 5—20 импульсов в секунду, но встречаются установки со значительно большей частотой. Преимущества высокочастотной пульсации (200—500 импульсов в секунду) в том, что высокочастотные импульсы придают жесткость дуге, повышая давление на сварочную ванну. Это, в свою очередь, повышает проплавление, усиливает перемешивание металла сварочной ванны, при этом шлаки и примеси, содержащиеся в расплавленном металле, всплывают на поверхность. Как результат — сварной шов имеет лучшие металлургические свойства. Высокочастотный импульсный режим позволяет производить сварку на очень малых значениях сварочного тока, обеспечивая стабильность дуги. Кроме того, жесткая дуга менее подвержена блужданию, вызванному магнитным дутьем.

В.Л. Лихачев Электродуговая сварка