

Уважаемые студенты!

Задание:

1. Прочтите приведенный ниже конспект лекции.
2. Напишите конспект лекции в тетрадь объемом не менее 5 страниц рукописного текста.
3. Ответьте письменно на контрольные вопросы.
4. Письменный отчет конспекта лекции и ответов на вопросы в виде фото предоставьте преподавателю на e-mail (tamara_grechko@mail.ru).

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

С уважением, Гречко Тамара Ивановна!

Лекция

Тема: Сущность и особенности процесса и область применения электронно-лучевой сварки в вакууме

Цель: Изучить особенности процесса и область применения электронно-лучевой сварки в вакууме

План

1. Область применения электронно-лучевой сварки
2. Сущность и особенности процесса ЭЛС
3. Достоинства и недостатки электронно-лучевой сварки
4. Технология и режимы сварки электронным лучом
5. Оборудование для электронно-лучевой сварки

1. Область применения электронно-лучевой сварки

Электроннолучевую сварку применяют при обработке тугоплавких металлов, легко окисляемых сплавов, которые невозможно варить другими методами. Под электронным лучом образуется расплав, который заполняет стык на всю глубину. Электроны одновременно воздействуют на металл по всей поверхности стыка. Функции сварочного устройства выполняет электронная пушка. Из разогретого тугоплавкого металла в глубоком вакууме до 10^{-6} Па вырываются электроны, они ускоряются под силовым воздействием тока, устремляются в рабочую зону. ЭЛС действует аналогично лазерной,

только в отличие от светового луча пучок электронов невидим. Энергия его значительно превосходит лазер, площадь воздействия меньше.

Область применения

Применение ЭЛС постоянно расширяется несмотря на высокую себестоимость процесса и некоторые ее недостатки. Технология характеризуется показателем КПД почти 95%. Этот показатель больше чем у более распространенной дуговой сварки.

Рассматриваемый метод применяется для соединения различных материалов и сплавов, которые характеризуются высокой устойчивостью к воздействию тепла. Область применения следующая:

1. Обработка алюминия.
2. Соединение изделий, представленных сплавами из титана.
3. Обработка бериллиевых металлов.
4. Работа с танталом, ниобием, цирконием.
5. Обработка легированных сталей.
6. Обработка термоупрочненных металлов.
7. Соединение тугоплавких материалов.
8. Работа с камнем и керамикой.
9. Создание ответственных деталей.

Качественные изделия могут получать в ракетостроении и атомной энергетике. Это связано с тем, что лучевая технология позволяет получить однородный шов.

Сегодня ЭЛС получила широкое распространение в сфере производства электронных изделий. За счет вакуума можно обеспечить герметизацию микросхем. При этом на поверхность может оказывать воздействие самая различная температура. Производительные установки подходят для работы в сфере авиации. Объем камер может варьировать в большом диапазоне. В последнее время технология активно развивается. Это связано с возможностью получения качественных изделий при небольших затратах.

2. Сущность и особенности процесса ЭЛС

Электронная пушка применяется в качестве генератора светового пучка. К ее особенностям отнесем следующие моменты:

1. В качестве генератора пучка и его перенаправления устанавливаются электроды и катоды.
2. Для того чтобы сфокусировать луч устанавливается оптический элемент. В зависимости от типа оборудования он может изготавливаться из различных материалов.
3. В качестве питания применяется бытовая сеть. Увеличить напряжение и

другие параметры можно за счет встроенного трансформатора.



Рисунок 1- Схема электронно-лучевой сварки

Технология электронно-лучевой сварки предусматривает фокусирование луча за счет магнитной линзы. При касании электроны соударяются на большой скорости с небольшой поверхностью, при возникновении трения вырабатывается тепловая энергия. На этом этапе пучок кинетическая энергия становится тепловой, повышается пластичность обрабатываемого материала, и он плавится.

Процесс электронно-лучевой сварки связан с применением специального оборудования. Оно позволяет получить качественное соединение, которое будет выдерживать существенное механическое воздействие и окружающей среды.

Особенности сварки лучевого типа

1. Сваривание проводится за счет использования кинетической энергии летящих электронов, которые при соприкосновении с поверхностью становятся причиной нагрева поверхности.
2. Получить чистую поверхность и обеспечить максимальную степень дегазации металла можно только в случае проведения работы в условиях вакуума.
3. Нагрев проводится до высокой температуры, за счет обеспечивается плавка металла в зоне контакта. За счет этого получается мелкозернистый шов с привлекательными характеристиками.
4. Подобный метод не приводит к образованию трещин. Именно поэтому он используется для работы с материалами, которые восприимчивы к сильному нагреванию и могут плавиться.
5. Плавка проходит по средней стенке углубления. Выполнять сварку нужно

с учетом того, что расплавленный металл будет перемещаться к задней части сварочной ванны. После этого он начинает кристаллизоваться.

6. Можно проводить плавку непрерывным лучом. Исключением можно назвать обработку сплавов из алюминия или магния. Слишком высокая температура становится причиной ионизации паров. Именно поэтому в подобном случае рекомендуется применять импульсный луч.
7. При применении технологии, которая связана с воздействием на поверхность импульсного луча можно провести обработку заготовок небольшой толщины.

3. Достоинства и недостатки электронно-лучевой сварки

Достоинства ЭЛС

- можно соединять детали толщиной от 0,2 мм;
- во время плавки металла ванна расплава перемещается в нижнюю зону, стык заполняется полностью, затем начинается кристаллизация;
- глубокое соединение образуется за один проход луча, высокая производительность процесса;
- пучок электронов генерируется в постоянном или импульсном режиме, при обработке магниевых-алюминиевых сплавов применяется импульсное воздействие;
- вакуумизация улучшает качество шва, металл не реагирует с компонентами воздуха;
- большой диапазон силы тока луча расширяет возможности установки.
- На поверхность воздействует меньшее количество тепла. За счет этого существенно повышается степень коробления металла.
- возможность провести обработку керамики и некоторых других трудноплавких металлов.
- Высокое качество получаемого шва
- возможность регулировки мощности в достаточно большом диапазоне.
- Можно получить узкий, но глубокий шов. За счет этого существенно повышается прочность соединения.
- При выборе импульсного режима можно исключить вероятность деформации поверхности из-за воздействия высокой температуры.

Недостатки

- сложность технологического оборудования, для работы на нем требуется длительная подготовка;
- быстрый износ катода, тугоплавкая проволока под воздействием электрического поля разогревается до 2400°C;
- при генерации электронов возникает рентгеновское излучение,

необходимо обеспечить защиту сварщиков.

- Для создания вакуумной среды требуется определенное время.
- контроль качества соединения требует применения специального оборудования т.к. в корне шва может появиться полое отверстие.

Электронно лучевая сварка оправдана в том случае, если нужно провести обработку труднодоступных мест. Экономичность связана с небольшим показателем потребления энергии.

4. Технология и режимы сварки электронным лучом

Технология электронно-лучевой сварки

Обязательным условием считается вакуумизация. Глубина разряда в пушке обеспечивает беспрепятственное движение электронов. Из рабочей камеры также удаляется воздух с содержащимся в нем кислородом, окисляющим металл. Вакуум действует на шов аналогично флюсу – защищает от коррозии.

Метод сварки электронным лучом основан на способности электронов переносить энергию. Когда движению ничего не мешает, частицы прямолинейно следуют к свариваемой поверхности. Металл плавится под их воздействием. Прогрев идет по всей глубине зазора между деталями.

Область воздействия частиц – площадь в десятые доли микрона. Электроны проникают на глубину до 20 см. При методе электронно-лучевой сварки соотношение толщины зазора к ширине образуемого шва достигает 25. Возможности сварки за счет этого расширяются, электронным лучом соединяют детали из тугоплавких сплавов. Из-за высокой скорости воздействия в металле не создается остаточных напряжений. Хотя по мощности потребляемого тока ЭЛС сварка сопоставима с другими методами, энергозатраты в разы меньше за счет большой скорости варки.

Параметры режима лучевой сварки

Основные параметры проведения электронной лучевой сварки:

1. Степень вакуумизации. Вышеприведенная информация определяет то, что при сварке в условиях вакуума существенно повышается эффективность процесса.
2. Показатели подаваемого тока в луче могут варьировать в большом диапазоне. Это связано с тем, что для толстых заготовок повышается показатель силы тока.
3. Скорость передвижения луча по поверхности определяет производительность технологии. Кроме этого, скорость передвижения увеличивается для исключения вероятности прожига металла.

4. Точность фокусировки луча также определяет эффективность процедуры. Этот показатель зависит от того, какое применяется оборудование.
5. Продолжительность пауз. Некоторые технологии предусматривают прерывистое воздействие светового импульса.

Для сварочных работ соединяемые детали укладывают с минимальным зазором, пространство между двумя частями металла толщиной 20 мм не должен превышать 0,1 мм. Для сварки больших зазоров используется присадочный металл, допустимая доля присадки в шве – не более 50%. Направление луча, выходящего из электронной пушки, строго контролируется, допуск не более 0,3 мм.

В установках варят детали толщиной от 0,2 мм до 200 мм. Регулируемые мощностные параметры электронно-лучевого метода:

- лучевая сила тока (для вольфрама толщиной 1 мм – до 80 мА, для сталей 35 мм – до 500 мА)
- ускоряющее напряжение (для тонкостенных металлов используют низковольтные блоки питания, для толстостенного – высоковольтные);
- скорость движения луча в зоне сварки (для вольфрама толщиной 1 мм – до 50 м/ч, для сталей 35 мм – 20 м/ч).

Существенно снизить потери энергии можно при проведении рассматриваемого процесса в условиях **вакуума**. За счет этого исключается вероятность термической деформации.

Функции вакуумной среды

1. Если сравнивать применение вакуумной среды с газовой или флюсом, то она защищает обрабатываемую поверхность более эффективно.
2. Обеспечивается высокая химическая защита катода.
3. Снижается потеря кинетической энергии. Это связано с тем, что частицы сфокусированного луча не соприкасаются с молекулами воздуха.
4. Повышается эффективность дегазации сварочной ванны. Вакуумная среда исключает вероятность появления оксидной пленки.

Однако, применение вакуумной среды существенно повышает стоимость процедуры. Это связано с тем, что специальное оборудование обходится достаточно дорого.

Степень вакуумизации влияет на плотность электронного луча, вакуум обеспечивает защиту шва от окисления. Из-за высокой скорости сварки, металл, склонный к пластической деформации, не успевает разогреться, на нем не появляются трещины. Сохраняется целостность деталей.

5. Оборудование для электронно-лучевой сварки

Устройство любой промышленной установки включает несколько

обязательных элементов:

- пушка – генератор плотного луча;
- блок электропитания, обычно они подключаются к стандартной сети 220 В, дополнительно встраивается трансформатор;
- электронный блок управления, визуально контролировать процесс варки нельзя, нужна точная контролирующая аппаратура;
- вакуумная камера со шлюзами и насосами, обеспечивающими скоростную откачку воздуха;
- катод с управляющими электродами и юстировочными катушками;
- анод и расположенные за ним фокусирующие катушки;
- отклоняющие катушки;
- координатный стол для точного позиционирования свариваемых заготовок.

В зависимости от назначения, установки способны образовывать криволинейные стыки, проваривать металл на всю глубину.

Наиболее эффективным технологическим способом является полное проплавление соединяемого стыка, которое сводит к минимуму возникновение дефектов шва. Также используют способ развёртки пучка электронов с различной амплитудой и частотной регулировкой, что позволяет улучшить качество, уменьшить перегрев деталей и сформировать стабильный шов с учётом свойств конкретного металла.

Заготовки большой толщины могут свариваться наклонным пучком электронов с углом отклонения от 40° до 70° . Этот способ подразумевает двустороннюю, либо многопроходную сварку.

Классификация оборудования для ЭЛС:

По типу вакуумирования:

- камерные установки электронно-лучевой сварки предусматривают размещение деталей в камере, из нее полностью откачивают воздух;
- локальные – изолируют только зону сварки, вакуум создается в небольшом объеме.

По параметрам разряжения:

- специализированные установки создают разряжение до 10^{-2} Па;
- универсальные установки ЭЛС рассчитаны на максимальное давление до 10 Па;
- с параметрами так называемого промежуточного вакуума, давление инертного газа – от 10 до 100 Па;
- ЭЛС с защитной атмосферой, в зону стыка аргон нагнетается под давлением свыше 100 Па.

По типу элемента накала катодов

- С элементом прямого накала катодов.
- С элементом косвенного накала.

Принцип работы электронной пушки

Электронная пушка во всех установках устроена по одному принципу.

Поток электронов создается между:

- катодом, он бывает двух видов: плазменный (*косвенного* накала) или *прямого* накаливания (по сути, катод – это спираль из вольфрама, тантала или другого тугоплавкого сплава);
- анодом, его делают из меди или стальной.

Поток меняет направление, отклоняется в одну или другую сторону, когда на управляющем электроде меняется потенциал.

На установках ЭЛС проводят сварку тугоплавких сплавов, стык проваривается насквозь за один проход. Метод электронно-лучевой сварки применяется в наукоемких областях, бытового распространения не получил из-за сложности и высокой стоимости оборудования.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключаются особенности и преимущества ЭЛС?
2. В каких областях промышленности применяют ЭЛС?
3. Как получают свободные электроны в электронно-лучевых пушках и от чего зависит плотность тока эмиссии?
4. За счет чего происходит фокусирование луча при ЭЛС?
5. Назовите основные параметры проведения электронной лучевой сварки
6. Какие обязательные элементы включает в себя оборудование для электронно-лучевой сварки?
7. В чем цель применения вакуумной среды при ЭЛС?
8. В чем недостаток применения вакуумной среды?