

Уважаемые студенты!

Задание:

1. Прочтите приведенный ниже конспект лекции.
2. Напишите конспект лекции в тетрадь объемом не менее 4 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: Сварка трением с перемешиванием конструкционных материалов

Цель: Изучить особенности сварки трением с перемешиванием конструкционных материалов

План

1. Сварка трением с перемешиванием конструкционных материалов
2. Перспективы развития сварки трением

1. Сварка трением с перемешиванием конструкционных материалов

Этот метод применяется в таких отраслях как вагоно-, судо-, авиастроение и многих других. Сварка трением с перемешиванием относится к процессам соединения материалов в твердой фазе и поэтому лишена недостатков, связанных с расплавлением и испарением металла.

Сущность процесса заключается в следующем (рисунок 6). Для сварки используют инструмент в форме стержня, состоящий из двух основных частей, а именно: заплечика или бурта (утолщенная часть) и наконечника (выступающая часть). Размеры этих конструктивных элементов выбирают в зависимости от толщины и материала свариваемых деталей.

Длину наконечника устанавливают приблизительно равной толщине детали, подлежащей сварке. Диаметр заплечика может изменяться от 1,2 до

25 мм. Вращающийся с высокой скоростью инструмент в месте стыка вводится в соприкосновение с поверхностью заготовок так, чтобы наконечник внедрился в заготовки на глубину, примерно равную их толщине, а заплечик коснулся их поверхности. После этого инструмент перемещается по линии соединения со скоростью сварки. В результате работы сил трения происходит нагрев металла до пластического состояния, перемешивание его вращающимся инструментом и вытеснение в освобождающееся пространство позади движущегося по линии стыка инструмента. Объем, в котором формируется шов, ограничивается сверху заплечиком инструмента. По окончании сварки вращающийся инструмент выводят из стыка за пределы заготовки.

В связи с асимметрией структуры швов в поперечном сечении сварных соединений, полученных сваркой трением с перемешиванием, принято различать сторону набегания, где направление вращения инструмента совпадает с направлением сварки, и противоположную сторону – отхода.

СТП применяют в основном для соединения материалов со сравнительно низкой температурой плавления, прежде всего алюминиевых и магниевых сплавов.

Выполнена успешная сварка данным способом медных, никелевых и титановых сплавов, а также сталей. С помощью СТП сваривают алюминиевые сплавы толщиной до 75 мм за один проход. Сварка трением с перемешиванием позволяет получать нахлесточные соединения алюминиевых листов толщиной от 0,2 мм. Скорость сварки сплава 6082 толщиной 5 мм может достигать 6 м/мин.

Основными параметрами процесса СТП являются: скорость сварки, частота вращения инструмента, усилия прижатия и перемещения инструмента, угол наклона инструмента, его размеры. Усилия прижатия и перемещения зависят от типа свариваемого материала, его толщины и скорости сварки. Сварка образцов из сплава 7010 – Т7651 толщиной 6,35 мм при изменении скорости сварки в диапазоне от 59 до 159 мм/мин и скорости вращения инструмента от 180 до 660 об/мин показала, что при увеличении скорости вращения увеличивается тепловложение в металл и в сварном соединении формируется микроструктура с более однородными зернами. При этом также повышаются прочностные и пластические свойства до определенного предела. При увеличении скорости сварки необходимо увеличивать скорость вращения инструмента для достижения оптимальных условий. Однако для полного отсутствия дефектов, а также для обеспечения всех необходимых свойств, надежности и технологичности необходимо

строго выбирать режимы, оптимально подходящие для определенной продукции.

Преимущества сварки трением с перемешиванием:

- в зоне сварки лучше сохраняются свойства основного металла по сравнению со способами сварки плавлением;
- отсутствие вредных испарений и ультрафиолетового излучения в процессе сварки;
- возможность получения бездефектных швов на сплавах, которые при сварке плавлением склонны к образованию горячих трещин и пористости в швах;
- не требуется использование присадочного материала и защитного газа, удаление поверхностных оксидов на кромках перед сваркой, а также шлака и брызг после сварки;
- отсутствуют потери легирующих элементов металла при его сварке.

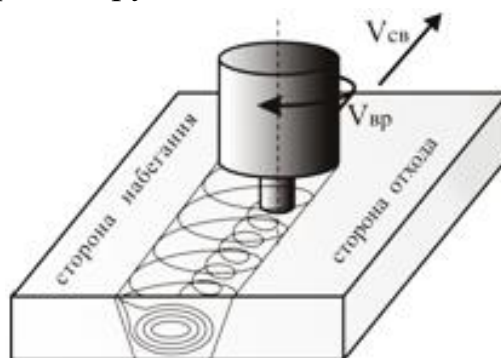


Рисунок 1 - Схема процесса сварки трением с перемешиванием

Макроструктура сварных соединений при сварке трением с перемешиванием характеризуется особенностями, не свойственными швам, полученным способами сварки плавлением. Типичным для СТП является образование в центре соединения ядра, которое содержит овальные концентрические кольца, различающиеся структурой. К ядру примыкает сложный профиль, который образует верхнюю часть шва. Образование овальных колец связывается с особенностями перемешивания металла наконечником инструмента. В сварном соединении при СТП выделяют четыре зоны, которые схематически представлены на рисунке 27.7. Непосредственно к зоне А (основной металл) примыкает зона В, где металл заготовок остается недеформированным и изменяет свою структуру только под воздействием нагрева (зона термического влияния). Зона С, где металл подвергается значительным пластическим деформациям и нагреву, названа зоной термомеханического влияния (ЗТМВ). Зона D – это ядро соединения, где происходит динамическая рекристаллизация. Твердость металла уменьшается в направлении от основного металла к центру шва, и

минимальное значение достигается в ЗТВ (рисунок 2). Снижение твердости в ЗТВ происходит за счет перестаривания, уменьшения плотности дислокаций либо за счет обоих этих механизмов.

Уровни выделений Cr, Cu, Mn, Cr⁺⁶ при СТП сталей значительно ниже (<0,03, <0,03, <0,02 и <0,01 мг/мм³ соответственно), чем при аргонодуговой сварке (0,25, 0,11, 1,88 и 0,02 мг/мм³ соответственно). Сравнение затрат на производство при использовании сварки трением с перемешиванием и сварки плавящимся электродом (СПЭ) показало, что начальные капиталовложения при СТП более высокие, но с увеличением объемов производства сварка трением с перемешиванием становится экономически выгоднее, чем дуговая сварка .



Рисунок 2 - Схема зон стыкового соединения, выполненного СТП:

- A – основной металл,
- B – зона термического влияния (ЗТВ),
- C – зона термомеханического влияния,
- D – зона динамической рекристаллизации (сторона набегания слева).

Судя по экспериментальным результатам TWI, максимальная температура при сварке трением с перемешиванием составляет около 70% значения температуры плавления и для алюминия не превышает 550°С. Тепловложение при СТП меньше, чем при аргонодуговой сварке примерно в 2 раза и для сплава 6N01 – T5 толщиной 4 мм равно соответственно 190 и 390 Дж/мм (скорость сварки 500 мм/мин). С помощью математического моделирования тепловых процессов при СТП в работе построено распределение температур в свариваемой пластине (рисунок 3). Более низкая температура зоны соединения при сварке трением с перемешиванием по сравнению со сваркой плавящимся электродом объясняет меньший уровень угловых деформаций в сварном соединении. При СТП угловая деформация равна 1/5÷1/7 значений при СПЭ (рисунок 27.9).

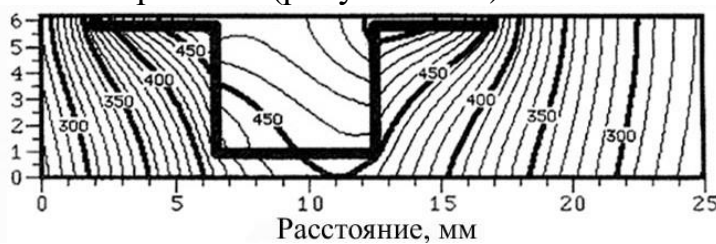


Рисунок 3 - Распределение температур в продольном сечении образца

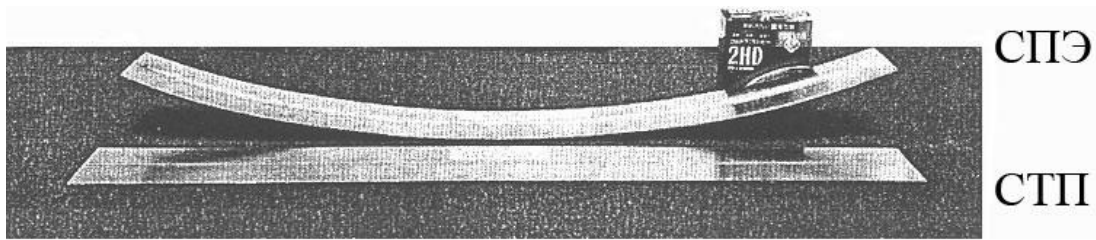


Рисунок 4 - Сравнение угловой деформации при сварке трением с перемешиванием и сварке плавящимся электродом (алюминиевый сплав серии 6000, толщина 2 мм).

Предполагается, что из-за невысокого уровня температур процесса, остаточные напряжения низкие. Но жесткое закрепление налагает большие ограничения на деформацию пластин. Это препятствует сокращению металла при охлаждении зоны динамической рекристаллизации и зоны термического влияния (ЗТВ) в продольном и в поперечном направлении, приводя к поперечным и продольным остаточным напряжениям. При СТП сплавов 2024 – Т3 и 6013 – Т6 обнаружено, что продольные остаточные напряжения выше поперечных (скорость сварки составляла $300 \div 1000$ мм/мин, скорость вращения инструмента – $1000 \div 2500$ об/мин). Высокие растягивающие напряжения преобладают в ЗТВ. Величина остаточных напряжений уменьшается при снижении скорости сварки и скорости вращения инструмента. Максимальные значения продольных растягивающих напряжений достигают значений $30 \div 60\%$ предела текучести сварного соединения и $20 \div 50\%$ предела текучести основного металла.

Основной **недостаток** способа СТП - образование в конце шва отверстия, равного диаметру наконечника, что требует выведения шва за пределы рабочего сечения заготовки или заполнения отверстия после сварки с помощью других методов, таких как вварка трением специальных пробок.

Происходящее совершенствование технологии и оборудования позволяет преодолеть существующие недостатки, а также расширить области применения способа.

2. Перспективы развития сварки трением

За сравнительно короткое время промышленного использования сварка трением зарекомендовала себя как высокопроизводительный технологический процесс, позволяющий получать высококачественные соединения деталей из большого числа различных одноименных и разноименных металлов и сплавов и обладающий рядом других важных преимуществ. Это одна из основных причин быстрого внедрения сварки

трением в различных отраслях машиностроения. Особенности процесса позволяют прогнозировать следующие пути дальнейшего развития сварки трением:

- разработка новых разновидностей процесса сварки трением с целью расширения возможностей его промышленного использования;
- выполнение технологических исследований в области расширения номенклатуры свариваемых трением новых материалов и установления оптимальных режимов их сварки;
- разработка новых образцов и систем универсального оборудования для сварки крупных деталей, а также для микросварки трением;
- создание простых и дешевых универсальных машин для оснащения ими ремонтных мастерских и производственных цехов с большой номенклатурой обрабатываемых деталей;
- создание специализированных машин-автоматов и комплексных линий, предназначенных для изготовления большого числа однотипных деталей;
- создание оборудования, оснащенного системами обратных связей и ведущего процесс сварки в заданном режиме, без отклонений при воздействии возмущающих факторов, что полностью исключает возможность брака при сварке;
- выполнение исследований в области оптимизации процесса и создание (в перспективе) на этой базе самонастраивающихся машин-автоматов, снабженных компьютерами или подключаемых к ним.

Контрольные вопросы:

1. В чем особенность инерционной сварки?
3. Какой вид сварки трением позволяет соединять заготовки прямоугольной формы?
4. В чем преимущества и недостатки сварки трением?