

СВАРКА ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

Трубихин В.О., Пасечник С.Ю.

Донецкий национальный технический университет

В 1991 году Институтом сварки Великобритании (TWI) был запатентован новый способ сварки трением, названный *сваркой трением с перемешиванием* (СТП) от английского *Friction Stir Welding*. Однако, согласно авторскому свидетельству №195846 (СССР, 1967) Ю.В. Клименко, родиной процесса, с исторической точки зрения, следует считать СССР. Но на тот момент времени способ не нашел широкого применения и был забыт. В отечественной литературе можно встретить и другие названия данного процесса: «фрикционная сварка» и «ротационная сварка трением». Однако, сварка трением с перемешиванием (СТП) – это более правильное название, отражающее сущность процесса.

1.1 Сущность процесса сварки трением с перемешиванием

Принципиальная схема процесса СТП показана на рисунке 1.1. Сущность процесса состоит в следующем. Сварка ведется вращающимся не расходующимся инструментом. Инструмент в общем случае представляет собой цилиндр с плоским торцом диаметром D , данный элемент называется *заплекником*. Из заплечника выступает цилиндр меньшего диаметра d – *пин*. При сварке ось инструмента наклонена на угол α относительно нормали. Вначале инструмент, вращаясь со скоростью n (или ω), погружается в свариваемый металл на определенную глубину l и перемещается вдоль стыка (сварка углом «вперед») со скоростью сварки $V_{св}$. В результате нагрева от трения и приложенного давления от силы P_z металл под заплечиком находится в пластифицированном состоянии. За счет перемешивания пластифицированного металла и приложения к нему давления за инструментом образуется сварной шов. После сварки в соединении (в месте выхода инструмента) остается характерное глухое отверстие, повторяющее форму пина инструмента. Процесс сварки ведется на подкладке. Система инструмент-деталь-подкладка должна обладать достаточной жесткостью.

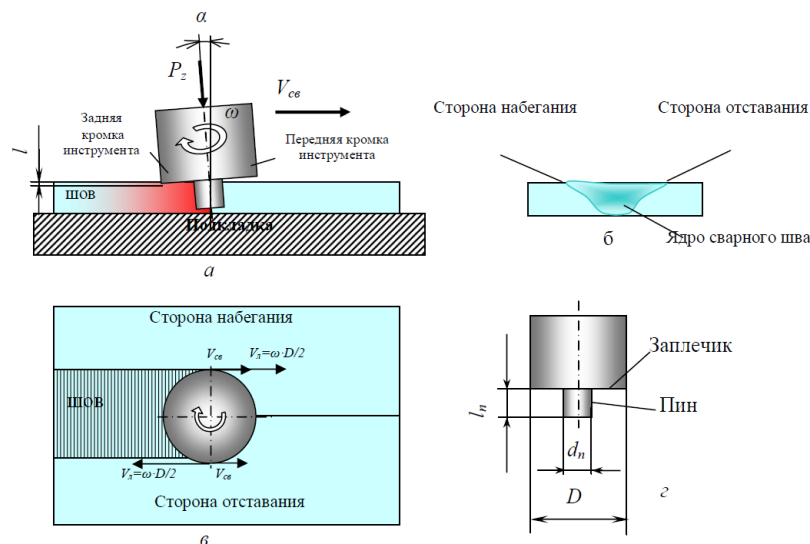


Рисунок 1.1 – Сущность сварки трением с перемешиванием:
а – схема СТП; б – поперечное сечение сварного шва;
в – схема скоростей движения при СТП; г – инструмент для СТП

Процесс СТП может быть реализован по двум схемам: по заданному усилию Pz или по заданному заглублению инструмента l по толщине свариваемого металла. По данным работы процесс СТП может быть реализован по любой схеме. Правильно выбранная конструкция инструмента, частота его вращения и угол наклона, а также скорость сварки, обеспечивают стабильность процесса сварки и высокое качество.

В связи с асимметрией схемы сварки, в поперечном сечении сварных соединений, полученных СТП, принято различать сторону «набегания» (сторона «захвата»), где направление линейной скорости вращения инструмента совпадает с направлением скорости сварки, и противоположную сторону — «отставания» (сторона «приема»), согласно рис. 1.1 б и в. Со стороны «отставания» металл переносится на сторону «набегания».

В сварном соединении различают четыре зоны (рис.1.2 а): А – основной металл; В - зона термического влияния (HAZ); С – зона термомеханического воздействия (ТМАЗ) и D – ядро сварного шва (часть зоны термомеханического воздействия).

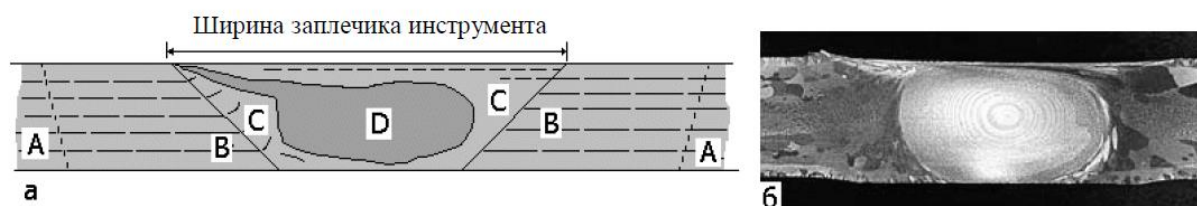


Рисунок 1.2 – Схема строения поперечного сечения сварного соединения:
а – зоны сварного соединения; б – макрошлиф сварного соединения.

Основной металл – это зона А, удаленная от шва, которая не подвергается деформированию и не претерпевает структурных или механических изменений в результате воздействия тепла при сварке.

Зона термического влияния В: Это зона сварного соединения, в которой в результате нагрева при сварке произошли структурные изменения или изменения механических характеристик, но металл не подвергался пластическому деформированию.

Зона термомеханического воздействия С: В этой зоне материал подвергался пластической деформации при сварке трением с перемешиванием, а выделившееся тепло могло оказать влияние на свариваемый металл, но рекристаллизация металла не происходила. Обычно существует четкая граница между зоной рекристаллизации (ядро шва) и деформированной зоной.

Ядро шва D: Это область внутри зоны термомеханического воздействия, в которой произошла рекристаллизация металла. На рис. 1.2, б четко видна граница этой зоны. Несмотря на то, она является частью зоны

термомеханического воздействия, ее рассматривают как отдельную зону, поскольку она отличается более мелким размером зерна.

В виду отсутствия расплавления металла и интенсивного перемешивания материала, находящегося в состоянии пластического течения, металл шва приобретает мелкозернистую структуру (более мелкозернистую, чем у основного металла) без включений окисной пленки, находящейся на поверхности деталей из алюминиевых сплавов.

Данный способ сварки рекомендуется использовать для соединения деталей из алюминиевых сплавов толщиной от 1,5 до 75 мм при односторонней сварке без разделки кромок и до 100 мм при сварке с двух сторон (двумя инструментами). Скорость сварки может достигать до 2 м/мин.

Преимущества процесса СТП:

- Высокие показатели механических свойств соединений при растяжении, изгибе; при статическом нагружении и при действии переменных нагрузок.

- Возможность соединения сплавов трудно свариваемых традиционными способами (алюминиевые сплавы, содержащие цинк; дуралюмины; литейные алюминиевые сплавы).

- Стабильность параметров процесса, повторяемостью служебных свойств сварных соединений в партии деталей, сваренных на одном и том же режиме.

- Простота автоматизации процесса, низкая квалификация сварочного персонала.

- Малая величина остаточных сварочных деформаций даже при сварке протяженных швов.

- Высокие экономические показатели. Значительно упрощается технология подготовки свариваемых кромок (не требуется химическое травление, механическая обработка перед сваркой); одним сварочным инструментом можно выполнить до 1000 м шва алюминиевого сплава 6000 серии (сплавы системы алюминий-магний-кремний); отсутствие сварочных материалов – проволоки, защитных газов, флюсов; нет необходимости в трудоемких после сварочных работах, таких как зачистка, шлифовка или правка. В целом производственный цикл уменьшается на 50-75% по сравнению с традиционными способами сварки. Одним из основных достоинств изделий, сваренных сваркой трением с перемешиванием, является их готовность к применению. Корректно спроектированные элементы готовы к дальнейшему применению сразу после сварки.

- Экологичность процесса: отсутствие светового излучения, выделения вредных аэрозолей.

Вместе с тем существуют следующие недостатки СТП:

- Требуется жесткое закрепление деталей перед сваркой.

- После завершения процесса сварки в шве остается отверстие.

- Не представляется возможным выполнить сварное соединение, когда для его образования требуется присадочный материал, например, сварку угловых швов.

Литература:

1. Сварка трением с перемешиванием алюминиевых сплавов (обзор) / А.Я. Ищенко [и др.] // Автоматическая сварка. – 2007. – №11. – С. 32-38.
2. Сварка трением с перемешиванием – плюсы и минусы / В.А. Фролов [и др.] // Сварочное производство. – 2008. – №10. – С. 12-19.
3. Котлышев Р.Р. Сварка трением с перемешиванием / Р.Р. Котлышев – Ростов-на-Дону - Изд. центр ДГТУ. – 2012. – 137 с.