

## ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ АЛЮМИНИЯ ЕГО СПЛАВОВ

Гузова Е.А. , Брунгардт М.В.,  
Научный руководитель Ковалевская О.В.  
Сибирский Федеральный Университет  
Политехнический Институт

Алюминий и его сплавы широко используются во многих отраслях техники: транспорт (авиационная промышленность, кораблестроение, вагоностроение), строительство (металлоконструкции общего назначения) и упаковочная промышленность. Это можно объяснить его уникальным свойствам, такими как: лёгкость, высокая удельная прочность, коррозионная стойкость, эстетичность. Следует отметить, что коррозионная стойкость алюминия и его сплавов определяется наличием на поверхности изделий плотной окисной пленки, чем меньше примесей в техническом металле, тем выше его коррозионная стойкость. Алюминий совершенно нетоксичен находит широкое применение его в пищевой промышленности.

Использование алюминиевых сплавов по сравнению со сталями дает уменьшение веса конструкций, однако, сварка алюминиевых сплавов (как наиболее распространенный способ соединения металлов) весьма проблематична. Среди физико-химических характеристик металла наибольшее влияние на свариваемость оказывают наличие окисной пленки, химический состав, теплопроводность, температура плавления, плотность, коэффициенты теплопроводности и линейного расширения. Последнее приводит к тому, что уровень деформации алюминиевых сварных конструкций в 1.5-2 раза выше, чем у аналогичных стальных конструкций.

При сварке алюминия и его сплавов также существует такое понятие, как критический сварочный ток. Этот ток определяется рядом факторов, которые недостаточно изучены. Увеличение сварочного тока выше критического значения нарушает процесс формирования сварочного шва, его поверхность покрывается морщинистыми складками, а глубина проплавления резко уменьшается. Величина критического тока зависит от вида сварки, качества защиты поверхности сварочной ванны инертным газом, состава этого газа, толщины свариваемых элементов.

Технология сварки алюминия и его сплавов достаточно многообразна, основные трудности сварки алюминия и его сплавов:

1. Наличие и возможность образования тугоплавкого окисла  $Al_2O_3$  ( $T_{пл} = 2050^\circ C$ ) с плотностью больше, чем у алюминия, затрудняет сплавление кромок соединения и способствует загрязнению металла шва частичками этой пленки.

2. Резкое падение прочности при высоких температурах может привести к разрушению (проваливанию) твердого металла нерасплавившейся части кромок под действием веса сварочной ванны. В связи с высокой жидкотекучестью, алюминий может вытекать через корень шва.

3. В связи с большой величиной коэффициента линейного расширения [ $\alpha = (21 : 24.7)10^{-6} \text{ } ^\circ C^{-1}$ ] и низким модулем упругости сплав имеет повышенную склонность к короблению. Уровень сварочных деформаций в 1.5-2 раза выше, чем у аналогичных стальных конструкций.

4. Необходима самая тщательная химическая очистка сварочной проволоки и механическая очистка и обезжиривание свариваемых кромок. В связи с резким повышением растворимости газов в нагретом металле и задержкой их в металле при его остывании возникает интенсивная пористость, обусловленная водородом, приводящая к снижению прочности и пластичности металла. Предварительный и сопутствующий

подогрев замедляет кристаллизацию металла сварочной ванны, что способствует более полному удалению газов и снижению пористости.

5. Вследствие высокой теплопроводности алюминия необходимо применение мощных источников теплоты. С этой точки зрения в ряде случаев желательны подогрев начальных участков шва до температуры 120-150°C или применение предварительного и сопутствующего подогрева.

6. Металл шва склонен к возникновению трещин в связи с грубой столбчатой структурой металла шва и выделением по границам зерен легкоплавных эвтектик, а также развитием значительных усадочных напряжений в результате высокой литейной усадки алюминия (7%).

Соединение алюминиевых конструкций способами сварки плавлением вызывает множество трудностей: появление пористости, высокий уровень сварочных деформаций и горячих трещин. Для сварки, протекающей в твердой фазе (сварки давлением), указанные дефекты не характерны. Однако не все традиционные способы сварки давлением (контактная, взрывом, магнитно-импульсная, трением, ультразвуковая, диффузионная) позволяют получить широкий спектр сварных соединений, эти способы зачастую предназначены для получения уникальных конструкций.

В начале 90-х годов прошлого века в Британском институте сварки (TWI) был предложен новый способ сварки трением в твердой фазе (Friction Stir Welding - FSW), который получил название в отечественной литературе сварка трением с перемешиванием (СТП). Сварка трением выполняется без объемного плавления в зоне сварки за счет тепла выделяемого при трении. Данный процесс применяется в странах Европы, США, Японии, Китае, благодаря ряду его преимуществ:

- 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, медь; дуралюмины; литейные алюминиевые сплавы);
- стабильность и повторяемость параметров процесса и свойств сварных соединений;
- малая величина остаточных сварочных деформаций даже при сварке протяженных швов;
- значительное упрощение технология подготовки свариваемых кромок перед сваркой;
- более высокая производительность.

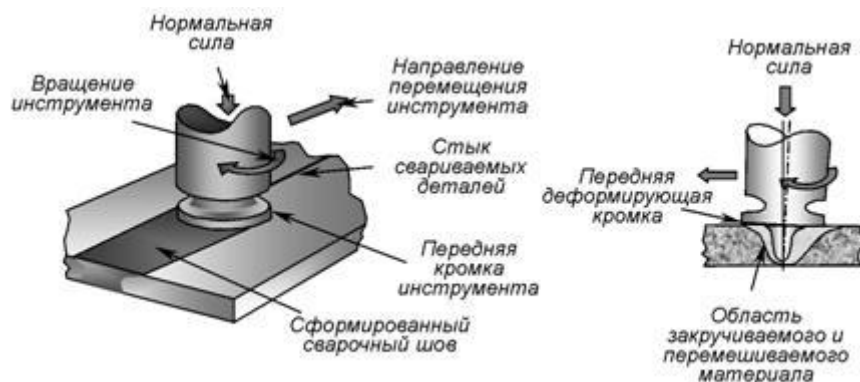


Рисунок 1 – Процесс сварки трения с перемешиванием

При ПСТ формируется шов, в структуре которого можно выделить несколько основных зон: «ядро» сварки, состоящее из термопластически деформированного материала перенесенного выступом инструмента, зону термопластической деформации и зону термического влияния.

При СГП достигается высокое качество сварки. Деформация и перемешивание металла в твердой фазе иногда создает микроструктуры более прочные, чем основной материал. Обычно, прочность на растяжение и усталостная прочность сварного шва составляет 90% от этих характеристик для основного материала. Сварка может выполняться в различных позициях (вертикальной, горизонтальной, под наклоном, снизу вверх и т.д.), поскольку силы гравитации, в данном случае, не играют никакой роли. Перемещение инструмента или детали может производиться в различных направлениях и по программе. Наиболее значимые результаты при исследовании СГП получены В. Томасом, Л. Седерквистом, П. Колегривом, Т. Паном, А. Симаром. В России отдельные исследования по этому способу сварки выполнены В.А. Ерофеевым, Е. В. Карпухиным, М. М. Штрикманом, В. А. Половцевым и Алифиренко Е. А., но пока не получил широкого распространения.

Из анализа последних публикаций следует, что применение ПСТ делает возможным соединение разнородных материалов, что открывает новые перспективы в промышленном производстве изделий ответственного назначения.