

УДК 621

Т.В. Ольшанская, С.Ю. Некрасова**T.V. Olshanskaya, S.Ju. Nekrasova**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

ОСОБЕННОСТИ СВАРКИ АЛЮМИНИЯ (ОБЗОР)

FEATURES ALUMINUM WELDING (OVERVIEW)

Рассмотрены основные особенности сварки алюминия, которые влияют на качество производимой продукции. Проведен теоретический анализ факторов, воздействующих на процесс формирования шва, и мер по снижению дефектности сварного соединения.

Ключевые слова: алюминий, сварной шов, оксидная пленка, пористость, трещины.

The main features of welding aluminum, which affect the quality of the product. The theoretical analysis of the factors affecting the process of formation of a seam, and measures to reduce defects in the weld joint.

Keywords: aluminum, weld, oxide film, porosity, cracks.

Алюминий – металл, широко применяемый в машиностроении, судостроении, строительстве и других областях, их перечень все больше расширяются, объемы потребления алюминия растут. Для изготовления и ремонта изделий из алюминиевых сплавов широко используются сварочные технологии.

Процесс сварки имеет ряд особенностей, связанных со свойствами и характеристиками алюминия. Для обеспечения высокого качества продукции необходимо уделять внимание специфике сварки алюминия, что и будет рассмотрено в данной статье.

Ввиду высокой теплопроводности алюминия рекомендуется предварительный подогрев начальных участков шва до температуры 120–150 °С или сопутствующий подогрев. При сварке металла большой толщины этот процесс замедляет кристаллизацию сварочной ванны, способствуя более полному удалению газов и уменьшению пористости [1].

Сварные швы подвержены короблению, поэтому сварка данного металла требует надежного крепления свариваемых заготовок. Это связано с большой величиной коэффициента линейного расширения и низким модулем упругости алюминия.

По теплопроводности данный металл уступает только серебру и меди, втрое превышая теплопроводность малоуглеродистой стали. Вследствие низкой температуры плавления возникает высокая вероятность прожога свариваемого материала [2].

Важно отметить, что алюминий практически не меняет своего цвета при нагреве, поэтому во время сварки сложно контролировать размеры сварочной ванны.

Пористость является одним из основных дефектов швов алюминиевых сплавов (рис. 1). Это связано с повышенной растворимостью газов в нагретом металле и задержкой их в нем при остывании [3]. Данной способностью обладает водород, источником которого является влага, входящая в состав окисной пленки в виде гидратированных окислов. Необходима тщательная химическая очистка присадочного материала и механическая обработка с последующим обезжириванием свариваемых кромок.

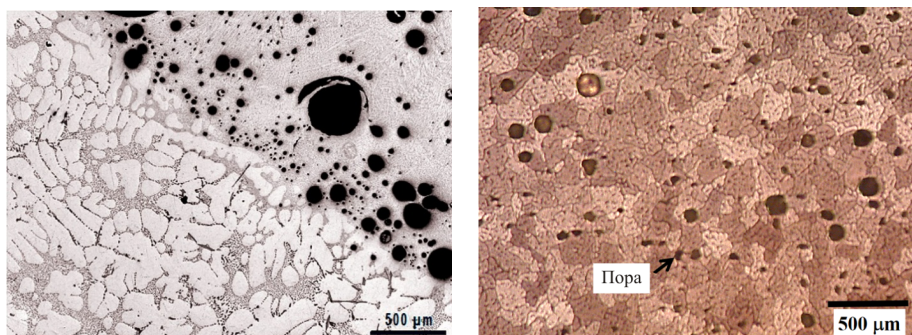


Рис. 1. Газовые (водородные) поры в сварном шве

При сварке в соединении могут образовываться горячие трещины (рис. 2). Это происходит в связи со столбчатой структурой металла шва и выделением по границам зерен легкоплавных эвтектик, а также развитием значительных усадочных напряжений в результате высокой литейной усадки алюминия. Для уменьшения вероятности появления трещин в сварные швы могут добавляться специальные модификаторы, улучшающие кристаллическую структуру шва.

При сварке алюминия стоит обратить внимание на возможность растрескивания образовавшего кратера на конце шва. Это связано с быстрым термическим расширением алюминия в ходе сварки и сужением при остыва-

нии [4]. В случае вогнутых швов вероятность растрескивания возрастает, так как поверхность кратера по мере охлаждения сужается и трескается. Необходимо придать шву выпуклую форму для компенсации сжимающих сил.

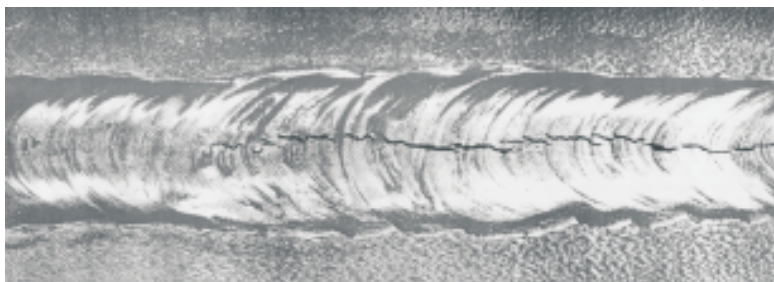


Рис. 2. Горячие трещины в сварном шве алюминия

Основной проблемой при сварке алюминия является его способность быстро покрываться на воздухе оксидной пленкой (Al_2O_3), которая предотвращает дальнейшее окисление основного металла и служит гарантией отсутствия коррозии в легких условиях эксплуатации. Например, при сварке технического алюминия на поверхности деталей после химической обработки мгновенно образуется оксидное покрытие толщиной $1 \cdot 10^{-7}$ м, имеющее предел прочности 20 МПа и плотность $4 \cdot 10^3$ кг/м³ [5].

Оксидная пленка имеет температуру плавления 2050 °С, тогда как сам алюминий плавится около 650 °С (в зависимости от типа сплава). Имея большую плотность, чем алюминий, оксидное покрытие проникает внутрь шва через расплавленную ванну в виде включений, что ведет к снижению механических свойств шва (уменьшению статической и циклической прочности соединения), даже в большей степени, чем при наличии пор и шлаковых включений (рис. 3).

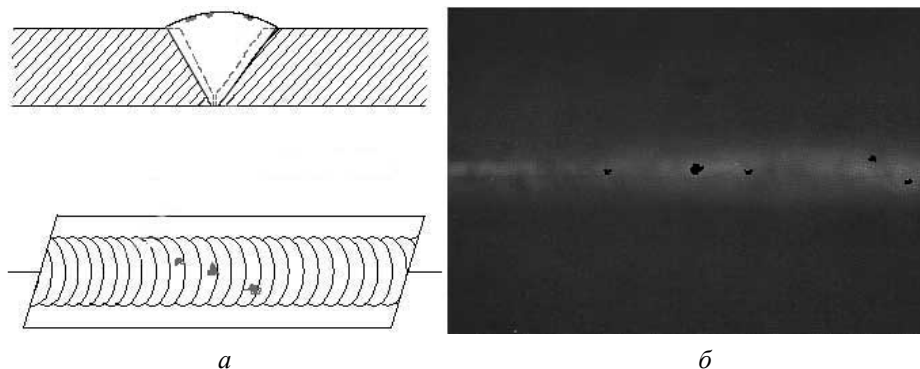


Рис. 3. Оксидная пленка в сварном шве: *а* – схема; *б* – рентенограмма шва

Важнейшей характеристикой оксидной пленки является ее способность адсорбировать влагу, в особенности водяной пар, который может удерживаться окисным покрытием вплоть до температуры плавления металла. Влага в свою очередь является источником водорода, который вызывает пористость в сварных швах.

Для осуществления сварки необходимо принять меры по разрушению и удалению пленки с поверхности кромок и прилегающего основного металла.

Оксидную пленку можно удалить следующим образом:

1. Механическим способом: путем зачистки шлифовальной шкуркой, проволочной щеткой из нержавеющей стали или абразивным материалом Scotch Brite. При удалении пленки с помощью щетки следует производить очистку только в одном направлении. Щетина щетки не должна быть слишком грубой, иначе в результате обработки оксиды могут заглубиться в металл. Необходимо помнить, что щетку, использовавшуюся для зачистки нержавеющей или обычной стали, нельзя использовать для обработки поверхности алюминиевых сплавов.

2. Химическим способом: обезжиривание и травление специальными средствами, в состав которых не входят углеводородные компоненты, чтобы исключить диссоциацию водорода в область сварки.

3. Метод катодной очистки: оксиды с поверхностей соединяемых изделий удаляются при механизированной сварке на обратной полярности. При аргонодуговой сварке неплавящимся электродом осуществление очистки происходит на переменном токе в полупериоды обратной полярности [1].

В качестве защитного газа при сварке алюминия необходим чистый аргон, в отличие от сварки стали, при которой обычно используется смесь аргона и углекислого газа. Аргон обеспечивает высокое качество защиты и хорошее проплавление металла. При сварке алюминиево-магниевого сплава следует использовать комбинированную смесь из аргона и гелия (с максимальным содержанием гелия до 75 %), чтобы свести к минимуму образование оксида магния, который обладает большей адсорбционной способностью, чем окись алюминия.

Оборудование для работы с мягкой алюминиевой проволокой требует специальной настройки – обычные параметры для этого могут не подойти. Выбор сварочной проволоки считается также важным фактором при сварке алюминия. При ее подборе желательно выбирать металл, температура плавления которого не сильно отличается от температуры плавления основного металла. Диаметр проволоки должен составлять 1,2 или 1,6 мм, выбор меньшего диаметра затруднит ее подачу через сварочную горелку [6].

Для механизированной сварки алюминия необходимо использовать специальные комплектующие, которые обеспечат стабильный процесс и качество сварного соединения:

1. Направляющие со спиральной намоткой, используемые при сварке сталей, могут царапать и истирать мягкую алюминиевую проволоку, поэтому при сварке алюминия рекомендуется использовать нейлоновые или тефлоновые направляющие (лайнеры), эти материалы снижают трение и предотвращают повреждение проволоки.

2. Приводные ролики с V-образной насечкой обычно используются при сварке сталей, но для алюминия необходимо использовать U-образную насечку без острых краев, которые бы могли повредить проволоку. Также нужно несколько ослабить усилие прижатия проволоки по сравнению с обычными настройками.

3. При нагревании алюминий расширяется сильнее, чем сталь. Следовательно, отверстие в контактном наконечнике должно быть больше, чем для стали. При неправильно подобранном размере наконечника можно обнаружить металлические опилки, царапины на проволоке, необычное поведение дуги, перебои в подаче.

При выборе источника питания стоит определиться, с какими толщинами будет вестись работа и в каком объеме. Если стоит задача сварить материалы толщиной 2,4–4,8 мм, то подойдет небольшой источник с диапазоном сварочного тока 130–170А. Для промышленного использования подходит импульсная сварка, которая позволяет работать с проволокой большего диаметра. Также высокочастотные импульсы придают жесткость дуге, повышая давление на сварочную ванну. Данный процесс повышает проплавление, усиливает перемешивание металла сварочной ванны, при этом шлаки, примеси и оксиды, содержащиеся в расплавленном металле, всплывают на поверхность. Происходит формирование более дисперсной структуры сварного шва по сравнению со стандартной сваркой, что является следствием повышения механических и эксплуатационных характеристик изделия.

Соблюдение вышеуказанных технологических приемов позволит избежать проблем, которые возникают при сварке алюминия, и обеспечить высокое качество сварных соединений.

Список литературы

1. Никифоров Г.Д. *Металлургия сварки плавлением алюминиевых сплавов*. – М.: Машиностроение, 1972. – 260 с.
2. Рубинчик Ю.Л. *Механизированная сварка корпусных конструкций из алюминиевых сплавов*. – Л.: Судостроение, 1974. – 135 с.
3. Ambriz R.R., Jaramillo D. *Mechanical Behavior of Precipitation Hardened Aluminum Alloys Welds // InTech*. – 2014. – P. 35–58.

4. Щипков М.Д. Сварка сплавов на основе алюминия и тугоплавких высокоактивных металлов / Ленингр. политехн. ин-т им. И.М. Калинина. – Л., 1983. – 77 с.

5. Зусин В.Я., Серенко В.А. Сварка и наплавка алюминия и его сплавов. – Мариуполь: Рената, 2005. – 468 с.

Получено 10.04.2015

Ольшанская Татьяна Васильевна – кандидат технических наук, доцент, ПНИПУ, МТФ, e-mail: tvob66@rambler.ru.

Некрасова Софья Юрьевна – магистрант, ПНИПУ, МТФ, e-mail: sonya_perm@inbox.ru.