

СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ, ВЫПОЛНЕННОГО СВАРКОЙ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

Макарова Е.Н., Крымов В.Н., Сотников А.Л.
Донецкий национальный технический университет

Сварка трением с перемешиванием (СТП) привлекает к себе внимание исследователей и производителей на протяжении последних двух - трех десятилетий. Это объясняется известными преимуществами этого способа: сравнительно низкими капитальными затратами, простотой оборудования, отсутствием необходимости в защитных атмосферах и флюсах, высокой производительностью и др. Отличительной особенностью СТП являются высокие механические свойства соединений. При СТП не происходит расплавление изделий и последующей кристаллизации. Соответственно, не возникают характерные для сварки плавлением дефекты.

Наиболее серьезным недостатком СТП является ограниченная стойкость сварочного инструмента. По этой причине СТП подвергают, в основном, изделия из мягких и легкоплавких материалов: сплавы алюминия, магния, меди, пластмассы.

Целью данной работы было изучение возможности СТП алюминиевого сплава с помощью сварочного инструмента, изготовленного из хромоникелевой аустенитной стали типа 08X18H10.

Полосы из электротехнического алюминия марки А7Е толщиной 6 мм сваривали «в стык» за один проход. Основные параметры СТП: скорость вращения инструмента — 800 об/мин, скорость подачи — 40 мм/мин. Из полученного таким образом соединения, вырезали поперечные образцы для испытания на растяжение и исследования макро- и микроструктуры.

Строение полученного соединения (рис. 1) характерно для СТП и содержит обычные элементы макроструктуры.



а



б

Рисунок 1 – Внешний вид сваренных пластин (а) и инструмента после сварки (б)

Инструмент из аустенитной стали позволил выполнить сварку нескольких образцов без деформации, разрушения и износа. На пине инструмента заметно налипание алюминия. Желтый цвет побежалости на внешней поверхности

свидетельствует о нагреве этой части инструмента до температуры не менее 350-400 °С. На поперечном макрошлифе строение сварного соединения имеет «луковичную форму», что характерно для технологии СТП (рис. 2а). В зоне перемешивания дефекты в виде несплошностей отсутствуют.



Рисунок 2 – Макро- (а) и микроструктура (б) сварного соединения;
а – x2, б – x120

Только при увеличении 100 и более крат становятся видны прерывающиеся трещины (рис. 2б), расположенные преимущественно вблизи поверхности конуса и в участке слоистой, «луковичной» структуры (рис. 2а). Небольшое количество пор можно заметить в осевой части соединения вблизи вершины конуса. В некоторых работах появление этих пор объясняют усадкой металла при охлаждении.

Травление 0,5%-ным раствором плавиковой кислоты позволило выявить зёрненную структуру образцов. В зоне перемешивания зерно имеет равноосную форму, что говорит о динамической рекристаллизации сплава. Средний условный диаметр рекристаллизованных зерен, в зависимости от участка сварного соединения составляет 40-60 мкм. Это заметно меньше, чем размер исходного зерна образца – 200 мкм.

Определение прочности сварного соединения выполняли в соответствии с ГОСТ 6996-66 на образцах, вырезанных перпендикулярно сварному шву. Разрушение соединения произошло в зоне сварки, но не по оси соединения (рис. 3). Характеристики, определенные при испытании (табл. 1), достаточно высоки и соответствуют прочности отожженного алюминия марки А7Е.



Рисунок 3 – Сваренный образец после испытания на растяжение

Таблица 1 – Средние значения прочности и пластичности сварного соединения

σ_b , Н/мм ²	δ , %	ψ , %
83	15	71

Таким образом, СТП с использованием инструмента из аустенитной хромоникелевой стали позволяет получать практически равнопрочные сварные соединения на алюминии.