

**Отзыв
официального оппонента**

на диссертационную работу Соловьевой Ирины Валерьевны
«Влияние технологии охлаждения в процессе сварки трением с перемешиванием на
структуру и свойства соединений из алюминиевых сплавов», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 –
Материаловедение (технические науки)

Актуальность

Возрастающие требования, предъявляемые к прочностным, технологическим и эксплуатационным свойствам алюминиевых деформируемых сплавов, применяющихся в авиационной технике, обусловлены увеличением нагрузок, расширением интервалов рабочих температур на элементах конструкции перспективных самолетов, а также стремлением применять в производстве более технологичные сплавы с возможностью применения обработки давлением, сварки и т.д.

Зачастую при использовании традиционных методов сварки, основанных на плавлении металла, для соединения термически упрочняемых жаропрочных алюминиевых сплавов в результате воздействия высоких температур на материал сварного соединения существенно изменяется структурно-фазовое состояние и снижаются прочностные свойства металла, что ограничивает применение таких материалов для создания легких и надежных конструкций.

Одним из направлений решения данной проблемы является применение сварки трением с перемешиванием, при котором соединение формируется в твердой фазе. Это позволяет получать неразъемные соединения прочностные и усталостные характеристики которых приближаются к характеристикам основного металла.

Существенный резерв в повышении свойств неразъемных соединений алюминиевых сплавов, получаемых сваркой трением с перемешиванием, является дополнительное внешнее воздействие на металл зоны перемешивания, которое может осуществляться путем ультразвуковых колебаний и принудительного охлаждения соединения.

В связи с этим не вызывает сомнений актуальность диссертационной работы Соловьевой И.В., направленной на исследование влияния технологии охлаждения в процессе сварки трением на структуру и свойства соединений алюминиевых сплавов систем легирования Al–Cu–Mg и Al–Mg–Mn.

Научная новизна

Диссертантом на основе детального анализа большого массива экспериментальных данных установлено, что при рациональном выборе основных параметров режима сварки трением с перемешиванием исследуемых алюминиевых сплавов в зоне перемешивания формируется полностью рекристаллизованная структура со средним размером зерна в интервале 4–7 мкм. Доля большеугловых границ в рекристаллизованной структуре составила около 72% от общего числа межзеренных границ.

Установлено, что формирование в структуре ядра шва алюминиевых сплавов систем легирования Al–Cu–Mg и Al–Mg–Mn при сварке трением с перемешиванием высокодисперсной структуры происходит в результате завершеного процесса динамической рекристаллизации.

Обосновано, что временное сопротивление сварных соединений сплава системы легирования Al–Cu–Mg, выполненных аргонодуговой сваркой составила 0,67–0,74 от прочности сплава в термоупрочненном состоянии, в то время как для СТП этот показатель выше – 0,78–0,80. При этом временное сопротивление металла шва превосходит временное сопротивление сварного соединения в целом.

Показано, что дополнительное охлаждение струей воды соединений сплавов систем легирования Al–Cu–Mg и Al–Mg–Mn в процессе сварки трением с перемешиванием сопровождается снижением среднего размера зерна зоны перемешивания с 7–10 мкм до 2–4 мкм.

Установлена высокая термическая стабильность структуры сварных соединений листов сплава системы легирования Al–Cu–Mg обладает достаточно высокой термической стабильностью при нагреве до 200 °С с выдержкой до 8 часов. При этом в соединениях указанного сплава при нагреве не установлено существенного роста зерна.

Выявлено, что дополнительное охлаждение водой при сварке трением сплавов систем легирования Al–Cu–Mg и Al–Mg–Mn приводит к существенному (1,4–2 раза) снижению склонности различных зон соединения к межкристаллитной коррозии и является весьма эффективным методом повышения коррозионной стойкости.

Практическая значимость

Практическое значение диссертации заключается в разработке процесса выполнения соединений сплавов систем легирования Al–Cu–Mg и Al–Mg–Mn сваркой трением с перемешиванием с дополнительным охлаждением металла зоны перемешивания струей воды. Предложено оборудование для реализации разработанной технологии в условиях производства.

На основе проведенных статистических исследований и теоретической оценки разработаны рекомендации по применению разработанного процесса для изготовления сварных конструкций ответственного назначения.

Достоверность результатов

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждена результатами большого объема выполненных исследований и экспериментов, проведенных с использованием современных статистических методов и аттестованного оборудования. Интерпретация полученных экспериментальных зависимостей и трактовка предложенных теоретических положений не противоречат классическим научным представлениям, принятым в материаловедении и технологии конструкционных материалов.

Замечания

1. Известно, что в отличие от магналиев сплавы на основы системы Al–Cu–Mg (дуралюмины) практически не пригодны для аргонодуговой сварки в связи с их высокой склонностью к образованию горячих трещин. Поэтому не ясно, какой новый результат отражает вывод 4 («Сварные соединения сплава Al–Cu–Mg, выполненные аргонодуговой

сваркой.....»). К этому следует добавить, что аргонодуговая сварка не отражена ни в одной из 5 задач исследования.

2. Хотя список литературы достаточно большой (154 источника), в п.1.1–1.5, где рассматриваются основные характеристики алюминиевых сплавов, очень мало ссылок (всего 7!). В частности, не ясно, откуда взяты данные, приведенные в табл.1.1–1.4.
3. В п.1.1 не указан состав сплава М40 и соответствующая ссылка (этот сплав отсутствует в действующем ГОСТ 4784-2019).
4. Не ясно, является ли сплав системы Al–Cu–Mg экспериментальным или марочным. Если второе, то следует указать марку или ссылку на нормативный документ. Также неясно, почему в табл.2.1 указана сумма Fe и Si, а не конкретные значения этих основных примесей.
5. Содержание меди (5,5%) и магния (2%) в исследуемом сплаве системы Al–Cu–Mg явно выше предельной растворимости этих элементов в алюминиевом твердом растворе (по расчету в программе Thermo-Calc последний содержит при 500 °С 4,5%Cu и 1,6%Mg). В диссертации рассматривается, главным образом, эволюция зеренной структуры, а частицам эвтектического происхождения (а именно S-фазы) уделено мало внимания, хотя рис.3.16а предполагает их наличие.

Сделанные замечания носят частный характер не снижают общей высокой оценки диссертации.

6. Заключение

В целом представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно-обоснованные технические и технологические решения по управлению структурой зоны перемешивания алюминиевых сплавов в процессе сварки трением с перемешиванием.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли достаточную апробацию на научно-технических конференциях, опубликованы в 8

печатных работах, в том числе в 7 статьях в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в авиационной, судостроительной, автомобильной и других отраслях промышленности.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Соловьева Ирина Валерьевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки).

Официальный оппонент,

профессор кафедры обработки металлов

давлением ФГАОУ ВО «Национальный

исследовательский технологический

университет «МИСиС» _____ проф., д.т.н. Белов Николай Александрович

«21» ноября 2022г.

Научная специальность 05.16.01 «Маталловедение и термическая обработка металлов и сплавов»;

Почтовый адрес: 119049 Москва, Ленинский пр-т, д.4, каб. Г141;

Тел.: +7-910-476-5857;

E-mail: nikolay-belov@yandex.ru

Подпись Белова Николая Александровича удостоверяю

Проректор



И.М. ИСАЕВ