

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Рыбинский государственный авиационный
технический университет
имени П. А. Соловьева»
(РГАТУ имени П. А. Соловьева)

Пушкина ул., д. 53, Рыбинск,
Ярославская обл., 152934.
Тел. (4855) 28-04-70. Факс (4855) 21-39-64.
E-mail: root@rsatu.ru

23.11.2022 № 0806/4178

УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и
цифровой трансформации



ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева» 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 темы диссертации. В последнее годы сварочные технологии получают все большее распространение при изготовлении сложных монолитных конструкций из цветных сплавов для нужд самолетостроения, в частности, одним из таких перспективных способов является сварка трением с перемешиванием. Применение указанного способа сварки позволяет осуществлять формирование соединения в твердой фазе, при этом прочностные характеристики сварных соединений приближаются к характеристикам основного металла. Однако, несмотря на имеющиеся достоинства сварки трением с перемешиванием, есть ряд факторов,

ограничивающих ее применение для изготовления конструкций из высокопрочных термообрабатываемых алюминиевых сплавов. В первую очередь, это сложность подбора технологического режима, и как следствие, высокая вероятность возникновения дефектов, вызванных физико-механическими свойствами термически упрочняемых алюминиевых сплавов.

Для повышения уровня свойств сварных соединений алюминиевых сплавов и снижения вероятности появления внутренних дефектов весьма эффективными являются дополнительные воздействия на металл шва в процессе сварки, например дополнительное охлаждение металла шва и околошовной зоны, а также ультразвуковое воздействие. Однако, протекающие при этом процессы, весьма сложны и недостаточно изучены, более того в литературных источниках встречаются противоречивые сведения, поэтому диссертационная работа Соловьевой И.В., посвященная изучению влияния технологических режимов сварки трением с перемешиванием на структуру и свойства сварных соединений заготовок из сплавов систем Al–Cu–Mg и Al–Mg–Mn несомненно актуальны.

Общая характеристика работы. В работе рассмотрено формирование структуры и физико-механических свойств соединений сплавов систем легирования Al–Cu–Mg и Al–Mg–Mn при сварке трением с перемешиванием, в зависимости от технологии их охлаждения в процессе сварки. Установлено, что в зоне перемешивания формируется полностью рекристаллизованная структура со средним размером зерна в интервале 4–7 мкм. Доля большеугловых границ в рекристаллизованной структуре составляет при этом около 72% от общего числа межзеренных границ.

Показано, 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 достигает – 0,78–0,80. При этом временное сопротивление металла шва превосходит временное сопротивление сварного соединения в целом.

В работе также установлено влияние дополнительного охлаждения струей воды сварного соединения, исследуемых сплавов в процессе сварки, которое выражается в снижении среднего размера зерна зоны перемешивания с 7–10 мкм до 2–4 мкм по сравнению со сваркой на воздухе.

Большое внимание в работе автором уделено изучению механических и эксплуатационных свойств полученных соединений. В частности автором установлено, что:

- структура 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.

- жаропрочность сварных соединений сплава Al–Cu–Mg, выполненных СТП, при 400–450 °С сопоставима со значениями жаропрочности основного металла;

- дополнительное охлаждение водой при сварке трением сплава системы Al–Cu–Mg приводит к существенному (1,4–2 раза) снижению склонности различных зон сварного шва к межкристаллитной коррозии и является весьма эффективным методом повышения коррозионной стойкости сварных соединений листов данного сплава.

Проведенные исследования позволили разработать технологию сварки трением с перемешиванием стыковых соединений листов алюминиевых сплавов систем легирования Al–Cu–Mg и Al–Mg–Mn, которая пошла производственное опробование и рекомендована к внедрению на промышленных предприятиях отрасли.

Научная новизна работы Соловьевой И.В. заключается в том, что установлено влияние дополнительного охлаждения соединения в процессе сварки на его структуру и свойства. 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. Выявлено, что дополнительное охлаждение водой при сварке трением сплавов систем легирования Al–Cu–Mg и Al–Mg–Mn приводит существенному (1,4–2 раза) снижению склонности различных зон соединения к межкристаллитной коррозии и является весьма эффективным методом повышения коррозионной стойкости.

Практическая значимость диссертационной работы не вызывает сомнения и заключается в разработке способа получения стыковых соединений алюминиевых сплавов систем легирования Al–Cu–Mg и Al–Mg–Mn при сварке трением с перемешиванием с дополнительным охлаждением. Разработанный

процесс был внедрен при изготовлении изделий АО "Военно-промышленная корпорация "НПО машиностроения".

Достоверность результатов работы обеспечена использованием поверенного и сертифицированного оборудования и методик исследования, проведением исследований и испытаний в соответствии с требованиями научно-технической документации, действующей на территории Российской Федерации (ГОСТ, ОСТ); хорошим совпадением экспериментальных и теоретических результатов, использованием методов математической статистики при обработке результатов.

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 и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

По диссертационной работе можно сделать следующие замечания:

- весьма целесообразным было бы проведение испытаний механических свойств сварных соединений во всем интервале рабочих температур готовых изделий, от отрицательных до 150 -200 °С;

- не совсем понятно, чем объясняется повышение шероховатости поверхности шва при сварке в воде, только лишь за счет увеличения частоты вращения инструмента, или же за счет изменения условий охлаждения или каких либо других факторов;

- весьма интересным было проведение исследований по влиянию количества примесей в сплавах на протекание процессов структурообразования в зоне сварного шва, таких, как Fe, Si, кроме того, не понятно, что автор имел в виду и под прочими примесями;

- так как автором было проведено огромное количество экспериментов, то весьма полезным была разработка регрессионных моделей, связывающих основные режимы сварки со свойствами зоны сварного шва. Их наличие позволило бы значительно сократить время технологической подготовки производства за счет уменьшения времени экспериментальной доводки процесса при назначении параметров сварки новых изделий.


Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации и носят в большей степени рекомендательный характер.

Таким образом, диссертационная работа Соловьевой Ирины Валерьевны выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой самостоятельную законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно-обоснованные технические и технологические решения по изготовлению сварных соединений изделий, полученных сваркой трением с перемешиванием, обеспечивающие получение требуемого уровня механических и эксплуатационных свойств изделий из сплавов систем легирования Al–Cu–Mg и Al–Mg–Mn.

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 ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки).

Отзыв рассмотрен на заседании кафедры «Материаловедения, литья и сварки», протокол № 3/22 от 22.11. 2022 года. На заседании кафедры присутствовало 12 членов кафедры из 12. Результаты голосования: «за» – 12, против – нет, воздержавшихся – нет.

Заведующий кафедрой
«Материаловедения, литья и сварки»
доктор технических наук, профессор


Шатульский
Александр Анатольевич

Подпись Шатульского А.А. заверяю
Начальник отдела кадров





И.С. Сударкина