

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** 24.2.327.04 (Д 212.125.15)

**Соискатель:** Соловьева Ирина Валерьевна

**Тема диссертации:** «Влияние технологии охлаждения в процессе сварки трением с перемешиванием на структуру и свойства соединений из алюминиевых сплавов» выполнена на кафедре «Материаловедение и технология обработки материалов» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» (Московский Политех).

**Специальность:** 2.6.17. Материаловедение (технические науки)

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:** на заседании 15 декабря 2022 года, протокол № 189/22, диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, по научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению она удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, и принял решение присудить **Соловьевой Ирине Валерьевне** ученую степень кандидата технических наук

### **Присутствовали:**

Мамонов А.М. – председатель диссертационного совета;

Скворцова С.В. – ученый секретарь диссертационного совета;

Члены диссертационного совета:

Абраимов Н.В., Бабаевский П.Г., Бецофен С.Я., Бухаров С.В., Егорова Ю.Б., Коллеров М.Ю., Крит Б.Л., Лозован А.А., Моисеев В.С., Никитина Е.В., Серов М.М., Слепцов В.В., Терентьева В.С., Шляпин С.Д., Шляпин А.Д., Эпельфельд А.В.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

С.В. Скворцова

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**  
**ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.04 (Д.212.125.15),**  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»  
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 15 декабря 2022 года № 189/22

О присуждении Соловьевой Ирине Валерьевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Влияние технологии охлаждения в процессе сварки трением с перемешиванием на структуру и свойства соединений из алюминиевых сплавов» по специальности 2.6.17. «Материаловедение» (технические науки) принята к защите 06 октября 2022 г., протокол № 173/22 диссертационным советом 24.2.327.04 (Д 212.125.15), созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д.4, приказ о создании совета № 129/нк от 22.02.2017 г. и приказ о внесении изменений в состав совета № 692/нк от 18.11.2020 г.

Соискатель Соловьева Ирина Валерьевна, 15 декабря 1991 года рождения, в 2014 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московской государственной машиностроительный университет", в 2019 г. окончил очную аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Московский политехнический университет", работает начальником лаборатории отдела главного металлурга в Акционерном обществе «Военно-промышленная корпорация «Научно-производственное объединение машиностроения» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре "Материаловедение" федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего

образования "Московский политехнический университет" Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор Овчинников Виктор Васильевич, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Московский политехнический университет", кафедра «Материаловедение», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Шиганов Игорь Николаевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)", профессор;

Белов Николай Александрович, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рыбинский государственный авиационный университет имени П.А. Соловьева", г. Рыбинск, в своем положительном отзыве, подписанном Шатульским А.А., заведующим кафедрой «Металловедения, литья, и сварки», доктором технических наук, профессором, и утвержденном Сутягиным А.Н., проректором по науке и цифровой трансформации, кандидатом технических наук, доцентом, указала что диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденном Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. «Материаловедение» (технические науки).

Соискатель имеет 9 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации - работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 8 работ.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Соловьева И.В., Овчинников В.В., Давыденко Л.В. Механические свойства и структура сварных соединений алюминиевого сплава 1151, полученных аргонодуговой сваркой и сваркой трением с перемешиванием. Заготовительные производства в машиностроении. 2018. – Т.16. – №6. – С.246–253.
2. Соловьева И.В., Овчинников В.В., Давыденко Л.В. Влияние подварок на свойства сварных соединений сплава 1151Т1, выполненных аргонодуговой сваркой. Электротехнология. 2018. – №6. – С.25–36.
3. Соловьева И.В., Дриц А.М., Овчинников В.В., Бакшаев В.А. Свойства и структура соединений сплава 1151 системы Al–Cu–Mg, выполненных сваркой трением с перемешиванием с принудительным охлаждением шва. Цветные металлы. – 2020– №11. – С.70–76. DOI: 10.17580/tsm.2020.11.10.
4. Соловьева И.В., Дриц А.М., Овчинников В.В. Влияние параметров режима сварки трением с перемешиванием на свойства и структуру соединений листов сплава 1151Т. Заготовительные производства в машиностроении. 2021–19–№1–С.11–18 DOI: 10.36652/1684-1107-2021-19-1-11-18.
5. Соловьева И.В., Дриц А.М., Овчинников В.В., Бакшаев В.А. принудительного охлаждения при сварке трением с перемешиванием на структуру и свойства соединений алюминиевого сплава 1565чН116. Цветные металлы. – 2021– №8. – С.50–57. DOI: 10.17580/tsm.2021.08.08.

В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных Соловьевой И.В. работах.

На автореферат поступило 11 отзывов: от ФГБУН «Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук» за подписью доктора технических наук Колубаева Е.А., от ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации» за подписью заведующего кафедрой авиатопливообеспечения и ремонта летательных аппаратов, доктора технических наук Самойленко В.М., от АО «Аркинк СМЗ» за подписью директора по развитию бизнеса и новых технологий, кандидата технических наук, Дрица А.М., от ФГАОУ ВО «НИУ Белгородский Государственный университет» за подписью ведущего научного

сотрудника, доктора физико-математических наук Миронова С.Ю., от ФГАОУ ВО «Российский Университет Транспорта» за подписью профессора кафедры «Технологии транспортного машиностроения и ремонта подвижного состава», доктор технических наук, доцента Круковича М.Г., от ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» за подписью заведующего кафедрой «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы», доктора физико-математических наук, профессора Амосова А.П., от АНО ДПО «Институт развития новых образовательных технологий» за подписью ректора, доктора технических наук, профессора Порошина В.В., от ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» за подписью заведующего лабораторией функциональной электрофизической диагностики и неразрушающего контроля, кандидата технических наук, доцента Сурина В.И., от «ОКБ им. А.И. Микояна ПАО «Объединенная авиастроительная корпорация» за подписью начальника Инженерного центра, Терпугова А.В., от НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей» за подписью начальника лаборатории 129 научно-производственного экспериментального комплекса, кандидата технических наук Алифиренко Е.А., от ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» за подписью профессора кафедры технологии материалов и транспорта, доктора технических наук Агеевой Е.В.

Все отзывы положительные, в них отражена научная новизна, актуальность и практическая значимость работы, некоторые отзывы содержат замечания, например:

- В автореферате следовало бы более подробно отразить параметры режима охлаждения соединений алюминиевых сплавов при сварке трением с дополнительным охлаждением. Особенно это относится к скорости охлаждения, так как она оказывает превалирующее влияние на размер зерна в зоне перемешивания и протяженность зоны термического влияния;
- Было бы рационально привести в автореферате термические циклы сварки трением с перемешиванием одного из исследуемых сплавов на одном и том же режиме сварки без и с дополнительным охлаждением;

- В представленном материале не раскрыты конкретные марки свариваемых алюминиевых сплавов, а приведены лишь системы легирования;

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области данной диссертационной работы, подтвержденной наличием у них соответствующих публикаций, а также их согласием.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложен новый подход к повышению прочностных и коррозионных свойств неразъемных соединений из алюминиевых сплавов при сварке трением с перемешиванием;

доказана перспективность использования дополнительного охлаждения соединения в процессе сварки трением с перемешиванием сплавов систем легирования Al–Cu–Mg и Al–Mg–Mn для снижения склонности различных зон соединения к межкристаллитной коррозии и повышения коррозионной стойкости.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что дополнительное охлаждение водо-воздушной струей соединений алюминиевых сплавов в процессе сварки трением с перемешиванием обеспечивает снижение среднего размера зерна в шве до 2–4 мкм и повышение коррозионной стойкости соединения в 1,4–2 раза.

Применительно к проблематике диссертации результативно использованы базовые методы исследования структуры и механических свойств материалов, в том числе: экспериментальные методики металлографического и рентгеноструктурного анализа, измерения твердости, механических испытаний;

изложены доказательства влияния дополнительного охлаждения в процессе сварки трением с перемешиванием соединений из алюминиевых сплавов на полноту реализации процесса динамической рекристаллизации в зоне перемешивания и структурно-фазовые изменения в зоне термического влияния;

изучено влияние дополнительного охлаждения соединений алюминиевых сплавов в процессе сварки трением с перемешиванием на микроструктуру соединений сплавов систем легирования Al–Cu–Mg и Al–Mg–Mn, механические свойства и стойкость к межкристаллитной коррозии.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработан технологический процесс сварки трением с перемешиванием с дополнительным охлаждением сварного соединения, который способствует повышению механических свойств соединений при статическом и динамическом нагружении, а также повышению коррозионной стойкости соединений сплавов систем легирования Al–Cu–Mg и Al–Mg–Mn;

представлены предложения и рекомендации по дальнейшему совершенствованию технологии сварки трением с перемешиванием термически упрочняемых алюминиевых сплавов с дополнительным охлаждением соединения. Предложено оборудование для реализации разработанной технологии в условиях производства.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном оборудовании с применением современных методов исследования, показана воспроизводимость результатов измерения механических свойств; обработка результатов проводилась с использованием методов математической статистики;

идея базируется на анализе результатов исследований структуры и свойств соединений алюминиевых сплавов различного химического состава;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в формировании цели и задач исследования, в проведении теоретических и экспериментальных исследований, анализе и обработке полученных результатов, их обобщении, формулировке рекомендаций и выводов по диссертации, в подготовке основных публикаций по теме диссертации, личном участии автора в апробации результатов исследования.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические

замечания:

- Какими соображениями обусловлен выбор сплавов для исследования?

- Чем обусловлена повышенная коррозионная стойкость сварного соединения против межкристаллитной коррозии при наличии дополнительного охлаждения?

- С какой целью Вы проводили охлаждение, а затем нагрев сварных соединений?

Соискатель Соловьева И.В. ответила на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

- для оценки влияния дополнительного охлаждения при сварке трением с перемешиванием на структуру и свойства соединений были выбраны два сплава: термически неупрочняемый сплав 1565ч (система Al-Mg-Mn) и термически упрочняемый сплав системы Al-Cu-Mg. Сплав системы Al-Cu-Mg является очень чувствительным к термическому циклу сварки и в зоне термического влияния склонен к образованию структур пережога.

- дополнительное охлаждение соединения (как при погружении в ванну с водой, так и при воздействии направленными водо-воздушными струями) снижает длительность пребывания как металла шва, так и зоны термического влияния при повышенных температурах. Так для сплава системы Al-Cu-Mg протяженность зоны термического влияния уменьшается примерно в 2 раза по сравнению со сваркой на воздухе. Непосредственно в зоне термического влияния нагрев и выдержка сплава при температуре 200 °С активизирует распад пересыщенного твердого раствора с выделением избыточных фаз  $\theta(\text{CuAl}_2)$  и  $S(\text{Al}_2\text{CuMg})$ . В нерекристаллизованной деформированной структуре сплава в зоне термического влияния при сварке выделение избыточных фаз происходит преимущественно по границам зерен. Структура сплава системы Al-Cu-Mg в зоне термического влияния переходит в состояние с неравномерным распределением выделившихся избыточных фаз. Такая структура является благоприятной для развития межкристаллитной коррозии. Дополнительное охлаждение соединения при сварке трением с перемешиванием снижает температуру нагрева металла в зоне термического влияния и время пребывания металла при повышенных температурах. Поэтому процесс выделения избыточных фаз по границам зерен тормозится, что



способствует повышению стойкости против межкристаллитной коррозии.

- Охлаждения соединений с последующим их нагревом в работе не выполнялось. Помимо исследования влияния дополнительного охлаждения на средний размер зерна в зоне перемешивания, было проведено исследование влияния сопутствующего подогрева на указанный параметр. Так для сплава Al–Cu–Mg при охлаждении достигается уменьшение среднего размера зерна с 9,5 до 3,2 мкм. В то же время сопутствующий подогрев в интервале 100–200 °С приводит к увеличению среднего размера зерна в шве до 11–23 мкм. Таким образом было исследовано влияние сопутствующего подогрева и охлаждения на средний размер зерна в зоне перемешивания, как способов управления зеренной структурой шва при сварке трением с перемешиванием.

На заседании 15 декабря 2022 года диссертационный совет принял решение за новые научно-обоснованные технические и технологические решения по дополнительному охлаждению при сварке трением с перемешиванием алюминиевых сплавов, обеспечивающие повышение коррозионной стойкости и механических свойств неразъемных соединений при статическом и динамическом нагружении, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, присудить Соловьевой Ирине Валерьевне ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение, участвовавших в заседании; из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета



Мамонов Андрей Михайлович

Ученый секретарь

диссертационного совета



Скворцова Светлана Владимировна

15 декабря 2022 года

