

**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»
(РГТУ 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

16.05.25 № 01/1949

УТВЕРЖДАЮ
Первый проректор-проректор по
науке и цифровой трансформации

А.Н. Сутягин

05 2025 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева» на диссертационную работу Полякова Дениса Алексеевича «Влияние структуры сварных соединений алюминиевых сплавов, полученных сваркой трением с перемешиванием, на их деформационную способность», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. «Материаловедение»
(технические науки)

Актуальность темы диссертации. В настоящее время алюминиевые сплавы находят все большее применение при изготовлении крупных монолитных узлов и изделий сложной геометрической формы для транспорта. Традиционно для этой цели используются технологии холодного и горячего деформирования сварных заготовок, которые в свою очередь получают с использованием сварки плавлением. Однако при этом возникают серьезные проблемы с обеспечением однородности макро-и микроструктуры

в зоне сварного шва, а, следовательно и требуемого уровня механических свойств. Поэтому принятое соискателем решение по изготовлению подобных конструкций с использованием технологии сварки трением с перемешиванием выглядит вполне оправданным. Однако при практической реализации подобной технологии в процессе осадки сварной обечайки наблюдалось вытекание металла шва, вследствие развития эффекта сверхпластичности, что приводило к отбраковке изделий. Поэтому проведенные соискателем исследования особенностей процесса холодного и горячего деформирования сварных заготовок алюминиевых сплавов системы Al-Mg, полученных сваркой трением с перемешиванием, в зависимости от характера зеренной структуры основного металла и металла шва, позволившие решить эту проблему, являются, несомненно, актуальными.

Общая характеристика работы. В работе автором приведен подробный анализ теоретического и производственного опыта и достижений в области сварки трением с перемешиванием алюминиевых сплавов, что позволило грамотно сформулировать цель работы и основные задачи исследования. При выполнении работы соискателем было установлено, что все режимы сварки трением с перемешиванием можно условно разделить на режимы с высоким и режимы с низким тепловложением, что оказывает существенное влияние на формирование структуры, а, следовательно, и свойств сварного шва. На режимах сварки с низким тепловложением в зоне перемешивания формируется ультрамелкозернистая равноосная структура со средним размером зерна 5,5–7,1 мкм. для режимов с высоким тепловложением отмечается образование структуры со средним размером зерна 8,5–9,5 мкм, однако в обоих случаях средний размер зерна в зоне перемешивания в 3–7 раз меньше среднего размера зерна в листе сплава 1565чМ. Разрушение бездефектных соединений на режимах с высоким и низким тепловложением происходит по зоне термического влияния на расстоянии 3–5 от шва. При этом временное сопротивление металла шва (зона перемешивания) соединений СТП листов сплава 1565чМ превосходит по значению (355–365 МПа) временное сопротивление основного металла (350 МПа), что объясняется упрочнением за счет формирования ультрамелкозернистой структуры. Металл шва в зависимости от режима

сварки проявляет высокую пластичность. Для режимов с высоким тепловложением угол изгиба составил 160 градусов, а для режимов с низким тепловложением – 175 градусов. Достигнутая высокая пластичность металла шва соединений сплава 1565чМ способствовала получению методом холодной деформации качественных днищ котлов цистерн из сварных заготовок, а также проведению калибровки раскаткой сварных заготовок воздушных баллонов. Экспериментально было доказано, что осуществление процесса сварки трением с перемешиванием инструментом Боббин Тул при частоте вращения инструмента 850 об/мин в диапазоне скоростей сварки 150–300 мм/мин позволяет сформировать в шве рекристаллизованную структуру со средним размером зерна 14,2–18,5 мкм. Такой средний размер зерна в шве позволяет прогнозировать равномерную деформируемость в нагретом состоянии металла зоны перемешивания и основного металла. Это в свою очередь позволило определить область рациональных режимов сварки трением с перемешиванием инструментом Боббин Тул прямолинейных швов трубчатых заготовок из алюминиевого сплава 1565чМ толщиной 8 мм. Установлен комплекс механических свойств сварных соединений, выполненных СТП инструментом Боббин Тул. Разрушение образца при испытании на статическое растяжение происходило у границы металла шва по зоне термического влияния. Коэффициент прочности сварного соединения составил 0,92.

Таким образом, с использованием полученных новых теоретических знаний автором была разработана технологическая схема сварки трением с перемешиванием кольцевых швов трубных заготовок малого диаметра, основанная на смещении инструмента в плоскости стыка. Были получены качественные кольцевые сварные соединения на опытной партии баллонов для хранения сжиженных газов, а также разработаны технологические рекомендации на процесс односторонней сварки трением с перемешиванием и с применением инструмента Боббин Тул заготовок алюминиевых сплавов, которые были опробованы при изготовлении сварных конструкций с использованием деталей, претерпевающих деформирование в холодном и нагретом состояниях.

Научная новизна работы Полякова Дениса Алексеевича заключается в установлении закономерностей между толщиной исходных листовых заготовок параметрами сварки (величина подачи и число оборотов вращения инструмента) температурами нагрева свариваемых заготовок при сварке и размером зерна образующегося в зоне сварного шва, что позволяет осуществить выбор этих параметров для управления процессом структурообразования и формирования изделия с заданным уровнем свойств.

Практическая значимость диссертационной работы не вызывает сомнения и заключается в разработке технологических режимов сварки трением с перемешиванием листов из сплава 1565чМ, а также технологических рекомендаций по изготовлению сварных узлов и сборок из этого сплава для изделий коммерческого транспорта с применением сварки трением с перемешиванием, что подтверждено соответствующим актом. Кроме того результаты диссертационной работы были внедрены в учебнообразовательный процесс при подготовке бакалавров и магистров по направлениям 22.03.01 и 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов».

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 и опубликованы в 17 печатных работах, в том числе в 11 входящих в перечень ВАК и 5 - в изданиях SCOPUS.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

По диссертационной работе можно сделать следующие замечания:

1. Не совсем понятно, почему все исследования автором были проведены только на алюминиевом сплаве 1565ч в виде листового

полуфабриката толщиной 6 мм, было бы весьма интересно провести подобные исследования на большей номенклатуре сплавов и размерах листовой заготовки, что позволило бы получить обобщенные характеристики процесса, которые можно было бы использовать при расчете параметров сварки для более широкой номенклатуры изделий;

2. В диссертации приведена эмпирическая зависимость между параметрами СТП (частотой вращения рабочего инструмента, скоростью сварки) и размером зерна в зоне сварного шва, однако отсутствует оценка ее адекватности;
3. Автором используется понятие тепловложения, однако не совсем понятен физический смысл этой величины, кроме того было бы весьма интересно разработать и аналитическую методику расчета температурных полей в зоне сварного шва, которую можно было бы использовать при назначении режимов сварки;
4. При определении механических свойств сварных образцов, для установления зависимости между размером зерна, параметрами сварки и свойствами было бы весьма полезным провести и фрактографию изломов;
5. На графиках, приведенных в автореферате и диссертации, отсутствуют доверительные интервалы, а в таблицах сведения по разбросу свойств;

Однако имеющиеся недостатки не снижают качество и ценность проведенных автором исследований, и носят частный характер. Таким образом, диссертационная работа Полякова Дениса Алексеевича выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой самостоятельную законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно-обоснованные технические и технологические решения задачи повышения комплекса свойств сварных соединений при сварке трением с перемешиванием.

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 Поляков Денис Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. – «Материаловедение» (технические науки).

Отзыв рассмотрен на заседании кафедры «Материаловедения, литья и сварки», протокол № 9/25 от 16.05.2025 года. На заседании кафедры присутствовало 13 членов кафедры из 13. Результаты голосования: «за» – 13, против – нет, воздержавшихся – нет.

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


Шатульский
Александр
Анатольевич

Адрес организации: 152934, Ярославская обл., г. Рыбинск, ул. Пушкина, д. 53

Наименование организации: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева (РГАТУ имени П.А. Соловьева)

Электронный адрес: root@rsatu.ru

Телефон: (4855) 28-04-70

Подпись Шатульского А.А. заверяю
Начальник отдела кадров




И.С. Сударкина