

**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)**

УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор-проректор по
науке и цифровой трансформации



Сутягин А.Н.

2026 г.

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

22.05.2026 № 04/1642-1

ОТЗЫВ

ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева» на диссертационную работу Растопчина Руслана Николаевича «Влияние легирования присадочной проволоки скандием на структуру и свойства сплава 1565чМ, выполненных плазменной сваркой», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 «Материаловедение» (технические науки)

Актуальность темы диссертации. В настоящее время алюминиевый сплав АМг5М широко применяется при изготовлении сварных цистерн благодаря уникальному комплексу механических и эксплуатационных свойств. Однако в последние годы производители стали уделять большое внимание вопросам снижения массы цистерны, что возможно, прежде всего, за счет применения сплавов, обладающих более высокой прочностью при сохранении высокого значения относительного удлинения, в частности сплава 1565чМ. Однако применительно к этому сплаву отсутствуют достоверные сведения по изменению структуры, фазового состава сплава в зоне сварного шва, при использовании различных режимов плазменной сварки. Поэтому представленная диссертационная работа, в которой автор

приводит глубокое исследование структуры и свойств сварных соединений сплава 1565чМ при плазменной сварке с определением рационального состава присадочной проволоки и технологических режимов сварки является несомненно актуальной.

Общая характеристика работы. Соискателем в литературном обзоре представлено очень подробное описание требований, предъявляемых к цистернам и сплавам из которых они изготавливаются. Большое внимание уделено вопросам подготовки поверхности и выбору режимов сварки, рассмотрены перспективы использования процесса плазменной сварки с полым катодом для получения стыковых соединений заготовок из листов алюминиевого сплава 1565чМ. На основании проведенного анализа достаточно корректно сформулирована цель работы и поставлены задачи исследования.

При исследовании склонности сплава 1565чМ автором установлено, что введение скандия в присадочную проволоку в количестве 0,15–0,20 мас. % полностью подавляет образование трещин при сварке плавлением за счет образования мелкозернистой структуры с равномерным распределением выделений упрочняющих фаз (типа Al_3Sc), как по границам, так и внутри зерен. Это способствует достижению более высоких прочностных свойств сварных соединений. При сварке плазменной дугой обеспечивается коэффициент прочности сварных соединений на уровне 0,96...0,98 от значения временного сопротивления основного материала. Разрушение всех образцов (с усилением и проплавом) при испытаниях на растяжение произошло по зоне сплавления.

Интересные результаты получены автором по влиянию оксидной пленки на поверхности присадочной проволоки на свойства сварных соединений, в частности для присадочной проволоки Св1575 после химического травления и 10 суток вылеживания оксидная пленка представляла собой слоистую структуру, состоящую из оксида магния, слоя шпинели на основе ($MgO + Al_2O_3$) и слоя оксида Al_2O_3 . После скальпирования на поверхности присадочной проволоки формируется тонкий слой Al_2O_3 с вкраплениями MgO , и сжимающие напряжения, что приводит к упрочнению поверхностного слоя в целом. В результате было доказано, что применение скальпирования поверхности присадочной проволоки марки Св1575 позволяет получать безпористые сварные

соединения вплоть до 60 суток вылеживания проволоки в цеховых условиях после обработки поверхности.

После лазерной очистки наблюдается существенное изменение цвета поверхности листа сплава 1565чМ с темно-серого (для исходного состояния) до светлого матово-серебристого после лазерной очистки. Доказано, что лазерная очистка снижает толщину оксидной пленки на сплаве и позволяет снизить количество и средний диаметр пор по сравнению с зачисткой механической щеткой примерно в 2 раза.

Анализ пористости в металле шва показал, что при переходе от сварки на постоянном токе обратной полярности к импульсным процессам (сварка с импульсным питанием дежурной дуги и сварка с периодической импульсной подачей плазмообразующих газов) наблюдается ее интенсивное уменьшение. Это позволило разработать технологический процесс изготовления сварных цистерн бензовоза и цементовоза из листов алюминиевого сплава 1565чМ толщиной 6 мм. Основными новыми операциями технологического процесса являются плазменная сварка с полым анодом полотнища обечайки цистерны, лазерная очистка свариваемых кромок листов перед сваркой и применение при сварке присадочной проволоки марки Св1575 легированной скандием со скальпированной поверхностью. Все это привело к заметному снижению массы цистерн. Таким образом, можно констатировать, что заявленная цель и поставленные задачи автором были решены.

Научная новизна работы Растопчина Руслана Николаевича не вызывает сомнения и заключается в доказательстве, что:

- введение скандия в присадочную проволоку в количестве 0,15 – 0,20 масс. % полностью подавляет образование трещин при сварке плавлением листов из сплава 1565чМ за счет формирования мелкозернистой литой структуры с равномерным распределением упрочняющих фаз, как по границам, так и в объеме зерен,

- скальпирование алюминиевой проволоки Св1575 приводит к образованию на поверхности тонкого слоя, состоящего из оксида алюминия Al_2O_3 с небольшим количеством оксида магния MgO , и формированию сжимающих напряжений

- лазерная очистка листов из сплава 1565чМ приводит к изменению цвета поверхности с темно-серого до светло-серебристого, что обусловлено формированием пленки, состоящей из оксидов алюминия Al_2O_3 и магния MgO , и снижением ее толщины с 345 – 415 мкм до 10 – 26 мкм.

Практическая значимость диссертационной работы также не вызывает сомнения и заключается в разработке технологического процесса плазменной сварки с полым катодом, позволяющего существенно сократить количество дефектных участков швов, подлежащих исправлению подваркой и технологического процесса плазменной сварки конструкций с полым анодом, сочетающим процесс лазерной очистки поверхности свариваемых кромок листов из сплава 1565ЧМ со скальпированием поверхности присадочной проволоки, что позволили исключить использование химических методов подготовки материалов к сварке.

Разработанный процесс был внедрен на машиностроительном заводе «БЕЦЕМА» при изготовлении сварных автоцистерн бензовозов и цементовозов, что подтверждено соответствующим актом.

Кроме того результаты диссертационной работы были внедрены в учебно-образовательный процесс при подготовке бакалавров по направлениям 22.03.01 «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 четырнадцати печатных работах, в том числе в десяти, входящих в перечень ВАК.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

По диссертационной работе можно сделать следующие замечания:

1. Вторая глава диссертации (разделы 2.2. и 2.3) явилась продолжением литературного обзора с очень подробным анализом применяемых методов и материалов, целесообразно было бы конкретизировать данные в соответствии с проводимыми исследованиями;
2. Автором получены оригинальные математические зависимости для определения размеров зоны катодной очистки в зависимости от

параметров режима, однако отсутствуют данные по оценке их адекватности и интервалы варьирования основных параметров процесса;

3. В тексте автореферата и диссертации на фотографиях микроструктур было бы целесообразно указать фазовый состав сплавов, что облегчило бы анализ результатов исследований, кроме того, на графиках, приведенных в автореферате и диссертации отсутствуют доверительные интервалы;
4. В работе было уделено очень большое внимание вопросам подготовки поверхности присадочной проволоки на качество сварного шва при разных способах сварки, однако целесообразно было провести и анализ затрат на проведение этих мероприятий, что можно бы в последствие использовать при разработке технологии изготовления заготовок в условиях реального производства;
5. Не совсем понятно, по каким критериям автором были выбраны использованные экспериментальные составы присадочной проволоки;
6. Автором получены очень интересные данные по влиянию микролегирования скандием присадочной проволоки, что положительно влияет на характеристики сварного шва, однако это по мнению автора приводит к повышению себестоимости обработки, более того им приведены данные по оптимальным вводимого количества элемента, но они не подтверждены экономическими расчетами;

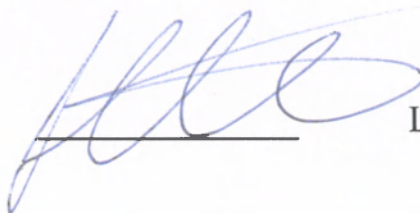
Однако имеющиеся недостатки не снижают качество и ценность проведенных автором исследований, и носят частный характер. Таким образом, диссертационная работа Растопчина Руслана Николаевича выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой самостоятельную законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно-обоснованные технические и технологические решения проблемы повышения комплекса свойств сварных соединений при изготовлении цистерн из алюминиевого сплава 1565чМ.

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 Растопчин Руслан Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки).

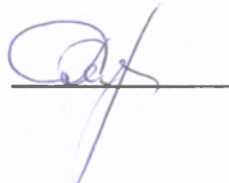
Отзыв рассмотрен на заседании кафедры «Материаловедения, литья и сварки», протокол № 5/26 от 22.05.2026 года. На заседании кафедры присутствовало 13 членов кафедры из 13. Результаты голосования: «за» – 13, против – нет, воздержавшихся – нет.

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



Шатульский
Александр
Анатольевич

Подпись Шатульского А.А. заверяю
Начальник отдела кадров



И.С. Сударкина