

## **ОТЗЫВ**

### **на автореферат диссертации**

**Рзаева Радмира Адильбековича на тему «Совершенствование технологии сварки трением с перемешиванием алюминия и меди с целью улучшения прочностных характеристик электромонтажных шин», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 Сварка, родственные процессы и технологии**

В современных условиях развития энергетического и электротехнического машиностроения возрастает потребность в надежных, долговечных и энергоэффективных соединениях разнородных проводниковых материалов. В частности, биметаллические шины на основе алюминия и меди находят широкое применение в трансформаторных подстанциях, однако традиционные методы их соединения — болтовые контакты или пайка — сопряжены с такими проблемами, как рост контактного сопротивления, образование оксидов и хрупких интерметаллидных фаз, что приводит к потерям электроэнергии и снижению ресурса. В этой связи актуальность исследования, посвящённого совершенствованию технологии сварки трением с перемешиванием (СТП) для соединения алюминия и меди, не вызывает сомнений. Работа выполнена в рамках гранта РФФИ № 23-29-10129, что дополнительно подчеркивает её научную и прикладную значимость.

Автором сформулирована чёткая цель — повышение прочности соединений «алюминий – медь», полученных СТП, за счёт рационального выбора технологических режимов на основе изучения механизмов формирования структуры и свойств сварного шва. Для её достижения решён комплекс взаимосвязанных задач: от экспериментального установления влияния параметров сварки на механические свойства и микроструктуру, до разработки тепловой модели, методики расчёта режимов и способов контроля роста интерметаллидных фаз. Особое внимание уделено выявлению условий формирования композиционной структуры шва с чередующимися прослойками алюминия, меди и интерметаллидов толщиной 2–5 мкм, обеспечивающей равнопрочность соединения. Установлено, что смещение оси инструмента в сторону меди на 0,5–1,0 мм способствует оптимизации тепловложения и улучшению механических характеристик.

Научная новизна диссертации заключается в выявлении закономерностей структурообразования в зонах СТП-соединения алюминия и меди, установлении количественной связи между режимами сварки и формированием интерметаллидных фаз, а также в разработке оригинальной конечно-элементной. Созданная тепловая модель и методика расчёта параметров СТП, учитывающая физико-механические свойства разнородных материалов, представляют ценность для теории сварочных процессов.

Практическая значимость работы подтверждена апробацией разработанной технологии на предприятиях ООО НПП «СФО-АСТРА» и ООО «Стройспецмонтаж». Показано, что использование СТП вместо болтовых соединений снижает падение напряжения в зоне контакта более чем в 2 раза и приводит к положительному экономическому эффекту. Результаты исследования легли в основу четырёх патентов РФ и четырёх зарегистрированных программ для ЭВМ.

Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждаются использованием современных методов исследования (SEM/EBSD, рентгеноструктурный анализ, термопарный контроль температуры, рентгенография), достаточным объёмом экспериментальных данных и их согласованностью с теоретическими расчётами. Автор самостоятельно выполнил основную часть исследований, проявив высокий уровень научной подготовки.

Вместе с тем, следует отметить, что в диссертации недостаточно раскрыта универсальность предложенной методики расчёта режимов СТП: не рассмотрены условия её применения к другим сочетаниям разнородных сплавов или иным типам соединений (нахлесточные, тавровые). Кроме того, не исследовано влияние геометрии сварочного инструмента (формы пина и буртика) на структуру и свойства шва, что могло бы расширить технологические возможности метода. Наконец, отсутствует анализ воспроизводимости оптимизированных режимов на других установках для СТП, что важно для широкого внедрения разработки в промышленность.

Несмотря на указанные замечания, диссертационное исследование Рзаева Р.А. представляет собой законченную, самостоятельную научную работу, выполненную на высоком методологическом и техническом уровне. Работа полностью соответствует требованиям, предъявляемым ВАК Минобрнауки России к кандидатским диссертациям в области технических наук. Основные положения, выносимые на защиту, научно обоснованы,

логически вытекают из проведенных исследований и подтверждены экспериментальными данными.


Считаю, что автор диссертации Рзаев Радмир Адильбекович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8 — Сварка, родственные процессы и технологии.

Я, Васильев Евгений Владимирович, даю свое согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Рзаева Р.А., а также их дальнейшую обработку.

644033, г.Омск, ул. Красный путь 101 к.1, кв.254

Контакты: [wasilyev@mail.ru](mailto:wasilyev@mail.ru), Тел. 8(3812) 65-24 39, 8 913 639 42 65

Заведующий кафедрой Металлорежущие станки и инструменты федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет», кандидат технических наук (05.02.08 Технология машиностроения), доцент

  
Васильев Евгений Владимирович

16 февраля 2026 года

Подпись, ученую степень и должность Васильева Евгений Владимировича удостоверяю

Начальник управления персоналом



Ю.А. Духовских

*С отрывком от рукописи  
Рзаев Р.А.  
16.02.2026*

« 03 » ЛИСТОВ	Вх. № 08.00-65-25 « 25 » 02 2026 ВолгГТУ
------------------	--