

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Рзаева Радмира Адильбековича «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 (технические науки)

Диссертация Рзаева Р.А. посвящена решению проблемы повышения прочности соединений типа «алюминий – медь», полученных по технологии сварки трением с перемешиванием, за счет совершенствования технологических режимов на основе изучения механизмов формирования структуры, а также механических свойств. В работе Рзаева Р.А. решение поставленных задач было основано на изучении влияния параметров сварки трением с перемешиванием на прочностные характеристики сварного соединения, с анализом причин возникновения дефектов и механизмов образования интерметаллидных фаз. При этом были выявлены пути предотвращения образования и роста интерметаллидных фаз в сварном шве разнородных металлов. Созданная компьютерная модель, позволила описать динамику изменения температурного поля и формирование дефектов в сварном соединении при СТП алюминия с медью, что позволило оптимизировать режимы сварки трением с перемешиванием алюминия с медью.

Сильной стороной работы является квалифицированное использование автором широкого спектра дополняющих друг друга расчетных и экспериментальных методик: от компьютерного моделирования распределения температуры и свариваемых материалов в сварном шве, до электронно-микроскопических исследований, включающих применение метода дифракции обратно-отраженных электронов (EBSD) и методов рентгеновского анализа, включающих рентгеноструктурный анализ и анализ внутренних дефектов в сварном шве с помощью рентгенографического контроля.

Не вызывает сомнения, что очевидным достоинством работы является результаты расширяющие представления о структурно-фазовых превращениях в соединениях алюминия и меди, полученных сваркой трением с перемешиванием, при термомеханических воздействиях инструмента в зонах сварного шва. Полученные в работе результаты объясняют картину распределения интерметаллидов в ядре и зоне термомеханического воздействия и факторы, влияющие на рост интерметаллидных слоев. В работе показано, что равная прочность сварного соединения алюминия и меди реализуется при структуре шва из чередующихся прослоек алюминия, меди и интерметаллидных фаз ( $Al_2Cu$  и  $Al_4Cu_9$ ) толщиной не более 2–5 мкм, формирующихся в диапазоне значений линейной скорости сварки 25–41 мм/мин и частоты вращения инструмента 800–1000 об/мин, при которых время пребывания металлов в центральной зоне и в зоне термомеханического воздействия соответствует окончанию латентного периода образования интерметаллидов.

Приведенные в автореферате результаты хорошо обоснованы и имеют не только теоретическую, но и практическую значимость. Особо следует отметить инновационную нацеленность проведенных исследований. В частности, полученные автором результаты были использованы для разработки технологического процесса получения сварных электротехнических шин из АД1 и М1000 для НПП «СФО-АСТРА».

Автореферат написан простым и ясным языком и в целом оставляет хорошее впечатление от научного уровня автора и подтверждает высокий уровень данной работы.

В качестве недостатка следует отметить следующие: 1. Для утверждения об упрочняющем влиянии интерметаллидов размером от 1 до 5 мкм, необходимо иметь данные о межчастичном расстоянии и объемной доле выделений. Это позволило бы предположить и сам механизм упрочнения – путем огибания либо путем перерезания частиц.

Заключение. Диссертация Рзаева Радмира Адильбековича отвечает требованиям п.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, №842), а ее автор Рзаев Р.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.8. Сварка, родственные процессы и технологии (технические науки).

Кандидат технических наук (05.16.01. – Металловедение и термическая обработка металлов), доцент  
заведующий кафедрой «Материаловедение»

МГТУ им. Н.Э. Баумана  
Плохих Андрей Иванович  
+7 (916) 502-11-36, [plokhikh@bmstu.ru](mailto:plokhikh@bmstu.ru)

Подпись Плохих А.И. заверяю



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», Россия, 105005 Москва, 2-я Бауманская ул., д.5, стр. 1. +7 (499) 263-63-91. E-mail: [bauman@bmstu.ru](mailto:bauman@bmstu.ru) <https://bmstu.ru/>

Я, Плохих Андрей Иванович, согласен на обработку персональных данных и их использование в документах, связанных с защитой диссертационной работы Рзаева Радмира Адильбековича.

17.02.2026  
*Согласен специалист*  
*Рзаев Р.А.*  
*Рзаев 25.02.2026*

« 02 » ЛИСТОВ	Вх. № 08.СС-65-18 « 24 » 02 2026 г. ВолГТУ
------------------	--