

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Губина Антона Михайловича «Влияние параметров сварки трением с перемешиванием на структуру и свойства соединений композиционных материалов на основе алюминия», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. «Материаловедение» (технические науки)

Сварка трением с перемешиванием (СТП) представляет собой инновационную технологию получения неразъемных соединений в твердофазном состоянии. Одним из ключевых преимуществ этого метода является возможность получения бездефектных сварных швов даже в материалах, которые традиционно считаются ограниченно свариваемыми (или даже не-свариваемыми), в частности, алюминий-матричных композитах. Несмотря на интенсивные исследования в данной области на протяжении двух последних десятилетий, в ней еще есть ряд важных аспектов, требующих уточнения. Но восполнение этого пробела и была нацелена данная работа, и поэтому её **актуальность** сомнений не вызывает.

В качестве материалов для исследования были выбраны алюминий-матричные композиты на основе сплавов 1565чМ и Д16Т. С моей точки зрения, наиболее важными **результатами** работы являются следующие:

(1) Увеличение объемной доли керамических частиц в композитах ведет к существенному сужению диапазона режимов, обеспечивающих получение бездефектных швов. Более того, установлено, что этот диапазон смещается в область относительно высокого тепловложения.

(2) СТП сопровождается значительным износом сварного инструмента, причем данный эффект является наиболее ярко выраженным в области заплечиков.

(3) СТП ведет к существенному разупрочнению материала в зоне сварного шва. Данный эффект является наиболее ярко выраженным в зоне термического влияния. Как следствие, в данной области имеет место разрушение СТП соединений в условиях испытаний на одноосное растяжение при комнатной температуре.

(4) Снижение тепловложения в ходе сварки способствует повышению коэффициента прочности СТП соединений в условиях испытаний при комнатной температуре.

Основные результаты работы изложены грамотно и логично. Их **достоверность** обеспечена использованием апробированных методик исследования, а также применением сертифицированного оборудования. Сформулированные выводы полностью отражают основные результаты работы.

У меня **нет замечаний** к содержанию автореферата. Тем не менее, я бы хотел сделать несколько ремарок, которые, как я надеюсь, будут полезны для Антона Михайловича в ходе его будущих исследований в области СТП.

(1) Во многих случаях сварные соединений предназначены только для того, чтобы *нести нагрузку*, не испытывая при этом существенной пластической деформации. В этой связи представляется полезным определение коэффициента прочности для *предела текучести* (а не для временного сопротивления).

(2) СТП алюминиевых сплавов часто ведет к образованию кристаллографической текстуры типа  $B/\bar{B}\{112\}\langle 110\rangle$ . Это ограниченная текстура, для анализа которой целесообразно использование *прямых* (а не обратных) полюсных фигур.

(3) Сложный характер пластического течения в ходе СТП обычно приводит к очень неоднородному распределению кристаллографических текстур в зоне перемешивания. Поэтому их анализ может быть более эффективным при условии использования метода *ориентационной микроскопии* (а не рентгеноструктурного анализа).

Диссертационная работа Губина Антона Михайловича является законченной научно-квалификационной работой. Она полностью удовлетворяет критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. «Материаловедение» (технические науки).

Я, Миронов Сергей Юрьевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

11.06.2023 г.

Ведущий научный сотрудник  
Белгородского государственного  
национального исследовательского  
университета (НИУ БелГУ), д.ф.-м.н.  
(email: [mironov@bsu.edu.ru](mailto:mironov@bsu.edu.ru))

С.Ю. Миронов

Подпись Миронова С.Ю. удостоверяю.

