

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Соловьевой Ирины Валерьевны «Влияние технологии охлаждения в процессе сварки трением с перемешиванием на структуру и свойства соединений из алюминиевых сплавов», 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 не-свариваемыми, в частности, алюминиевых сплавах. Как следствие, данная технология имеет огромный практический потенциал. Более того, предполагается, что её широкое внедрение будет способствовать настоящей революции в авиастроении.

Несмотря на свои блестящие перспективы, СТП характеризуется рядом нерешённых проблем. К наиболее существенным из них относится разупрочняющий эффект, связанный как с протеканием в свариваемом материале динамической рекристаллизации, так и коагуляцией или растворением упрочняющих частиц вторичных фаз. Одним из возможных путей для решения этой проблемы является уменьшение тепловой энергии процесса СТП. В этой связи, диссертационная работа Соловьевой Ирины Валерьевны, направленная на изучение влияния технологии охлаждения на микроструктуру и служебные свойства алюминиевых сплавов, является **актуальной** как в научном, так и практическом отношении.

С моей точки зрения, наиболее интересным **результатом работы** является выявление эффекта образования парового купола вокруг зоны сварки при реализации СТП под слоем воды, который препятствует эффективному охлаждению свариваемого материала. В этой связи было показано, что более эффективным является подача воздушно-водяной струи непосредственно на материал шва.

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 Ирины Валерьевны в ходе её будущих исследований в области СТП.

(1) Коэффициент прочности сварных соединений зависит не только от режима СТП, но и от микроструктурного состояния исходного (до сварки) материала.

Вследствие существенного измельчения зёрновой структуры, свойственного СТП, получение равнопрочных соединений в случае исходного материала в состоянии с *низкой прочностью* не является существенной проблемой. Куда более амбициозной задачей является СТП материалов в исходном *высокопрочном* (например, нагартованном или дисперсионно-упрочнённом) состоянии.

(2) Простым, но достаточно эффективным способом снижения тепловой энергии СТП может служить использование подложки из медных сплавов. Вследствие своей высокой теплопроводности, данный материал будет способствовать быстрому отводу тепла из зоны сварки и, таким образом, может обеспечить снижение пиковой температуры СТП и повышение скорости охлаждения.

(3) Вследствие специфического характера СТП, температура этого процесса обычно измеряется на границе зоны перемешивания. При этом необходимо иметь в виду, что СТП свойственен очень большой температурный градиент, и поэтому измеренная температура почти всегда является заниженной. Как следует из некоторых результатов моделирования методом конечных элементов, в алюминиевых сплавах данный эффект может достигать  $\sim 100^{\circ}\text{C}$ .

Диссертационная работа Соловьевой Ирины Валерьевны 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.

28.11.2022 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

Личную подпись удостоверяю Ведущий специалист по кадрам управления по развитию персонала и кадровой работе	
	28.11.2022

