

**Отзыв
официального оппонента**

на диссертационную работу Полякова Дениса Алексеевича
«Влияние структуры сварных соединений алюминиевых сплавов,
полученных сваркой трением с перемешиванием, на их деформационную
способность», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические
науки)

Актуальность

Алюминиевые сплавы находят широкое применение в конструкции различных узлов и изделий коммерческого транспорта. К таким изделиям можно отнести цистерны автомобилей бензовозов и цементовозов, воздушные баллоны (лейнеры), котлы и днища железнодорожных цистерн для перевозки светлых нефтепродуктов, грузовые железнодорожные вагоны для перевозки зерна и кузовные навесные детали кузова автомобиля и электромобиля.

При изготовлении упомянутых конструкций применяются листы, профили и плиты из алюминиевых сплавов систем легирования Al-Mg (серия 5xxx) и Al-Mg-Si (серия 6xxx). Зачастую при получении отдельных деталей, таких как днища цистерн и воздушные баллоны используются процессы холодного и горячего деформирования сварных заготовок.

Для повышения деформационной способности сварных заготовок сплавов системы Al-Mg стремятся измельчить структуру металла шва. С этой целью в присадочный металл вводят скандий в количествах до 0,5%.

Технология сварки трением с перемешиванием (или фрикционной перемешивающей сварки) в настоящее время претерпевает стремительное развитие как с фундаментальной, так и с прикладной точки зрения. С использованием сварки трением с перемешиванием возможно получение неразъемных соединений из различных алюминиевых сплавов, в том числе ограниченно свариваемых или не свариваемых методами сварки плавлением.

Кроме того, при сварке трением с перемешиванием в сварном шве формируется мелкозернистая или ультра мелкозернистая структура (УМЗ), которая обеспечивает высокие механические свойства. В зависимости от режима СТП прочность шва в термически неупрочняемых сплавах может не только достигать прочности основного материала в отожженном состоянии, но и превосходить его.

В тоже время как показали результаты опробования процесса осадки сварной обечайки (заготовки лейнера), полученной сваркой трением с перемешиванием, в нагретую до 480–500 °С форму для оформления днищ баллона, наблюдается вытекание металла шва из-за проявления сверхпластичности с формированием дефектных деталей. При этом такие дефектные детали уже не подлежат ремонту.

В связи с этим не вызывает сомнений актуальность диссертационной работы Полякова Д.А., направленной на исследование деформационной способности сварных заготовок из алюминиевого сплава 1565чМ в зависимости от размера зерна в шве в горячем и холодном состояниях и разработке технологии формообразования деталей из сварных заготовок представляется актуальной.

Научная новизна

Поляковым Д.А. основе детального анализа полученных в процессе работы над диссертацией экспериментальных данных установлено, что при сварке трением с перемешиванием листов сплава 1565чМ толщиной 7 мм на частоте вращения рабочего инструмента 850 об/мин и величине подачи в диапазоне 0,17–0,53 мм/об в зоне перемешивания формируется ультрамелкозернистая рекристаллизованная структура со средним размером зерна 5,5–9,5 мкм, который не зависит от исходного размера зерна.

Показано, что средний размер зерна в шве зависит от толщины исходного листа алюминиевого сплава 1565чМ и от величины подачи инструмента на один оборот. С увеличением толщины листа сплава 1565чМ с 3 до 7 мм средний размер зерна в зоне перемешивания с 4,3 мкм до 9,5 мкм с 4,3 мкм до 9,5 мкм при подаче инструмента 0,17 мм/об. Увеличение подачи инструмента на один оборот с 0,17 мм/об до 0,53 мм/об вызывает снижение среднего размера зерна в зоне перемешивания с 9,5 мкм до 5,5 мкм.

Детально исследовано и показано, что в процессе нагрева одинаковая деформационная способность сварного шва и основного металла в сплаве 1565чМ достигается при среднем размере зерна шва 0,42–0,48 от среднего размера зерна основного металла.

На основе обработки результатов проведенных экспериментов показано, что дополнительный сопутствующий подогрев свариваемых заготовок в процессе сварки трением с перемешиванием до 180–200 °С способствует увеличению среднего размера зерна в сварном шве с 5,5 до 12,5–16,7 мкм.

Установлено, что высокотемпературный нагрев сварных соединений сплава 1565чМ толщиной 7 мм до температур выше 520 °С вызывает аномальный рост зерен до 120–150 мкм. Холодная прокатка сварных соединений на 12–15% обжатия, предваряющая их высокотемпературный нагрев, позволяет подавить аномальный рост зерен.

Практическая значимость

Практическое значение диссертации заключается в разработке технологических рекомендаций по изготовлению сварных узлов и сборок из сплава 1565чМ конструкций коммерческого транспорта с применением сварки трением с перемешиванием, что подтверждено соответствующим актом.

Определены диапазоны изменения основных технологических параметров процесса сварки трением с перемешиванием, которые рекомендуются для получения сварных соединений с высоким уровнем пластичности, что позволило получить методом холодной деформации качественные днища котлов цистерн из сварных заготовок, а также проведению калибровки раскаткой сварных заготовок воздушных баллонов, что подтверждено соответствующим актом.

Результаты диссертационной работы были внедрены в учебно-образовательный процесс подготовки бакалавров и магистров по направлениям 22.03.01 и 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» при преподавании дисциплин «Оборудование и технологии обработки материалов концентрированными потоками энергии» и «Инновационные технологии обработки функциональных материалов», что подтверждено соответствующим актом.

Достоверность результатов

Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждена результатами большого объема выполненных исследований и экспериментов, проведенных с использованием современных статистических методов и аттестованного оборудования. Интерпретация полученных экспериментальных зависимостей и трактовка предложенных теоретических положений не противоречат классическим научным представлениям, принятым в материаловедении и технологии конструкционных материалов.

Замечания по диссертации

1. Выполненные соискателем исследования касались только сплава 1565чМ системы Al–Mg толщиной 6–7 мм. Поэтому автору было бы

целесообразно расширить номенклатуру и толщину листового полуфабриката для получения обобщенных характеристик процесса.

2. При оценке влияния основных параметров режима сварки трением с перемешиванием на механические свойства соединений сплава 1565чМ уделено внимание только частоте вращения рабочего инструмента и скорости сварки, в то время как осталось без внимания влияние угла наклона рабочего инструмента и усилия его прижима на механические свойства.

3. При анализе влияния основных параметров режима сварки трением с перемешиванием на средний размер зерна в зоне перемешивания помимо приведения микроструктуры следовало бы также указывать фазовый состав.

4. При описании пластичности металла зоны перемешивания и основного металла при горячем деформировании сварных соединений необходимо указывать скорости деформирования.

5. В тексте диссертации и автореферата не указана причина увеличения среднего размера зерна в зоне перемешивания при сварке бобинным инструментом по сравнению с односторонней сваркой листов сплава 1565чМ при одних и тех же частотах вращения рабочего инструмента и скорости сварки.

6. На графиках, приведенных в автореферате и диссертации, отсутствуют доверительные интервалы, а в таблицах сведения по разбросу значений свойств;

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки диссертации.

6. Заключение

В целом представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно-обоснованные технические и технологические решения по управлению средним размером зерна в структуре зоны перемешивания в процессе сварки трением с перемешиванием алюминиевых сплавов.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли достаточную апробацию на 4 научно-технических конференциях, опубликованы в 17 печатных работах, в том числе в 11 статьях в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в авиационной, судостроительной, автомобильной и других отраслях промышленности.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

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 Поляков Денис Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки).

Официальный оппонент

профессор кафедры «Лазерные технологии в машиностроении» Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана, доктор технических наук, профессор



16.06.2025

Шиганов Игорь Николаевич

Подпись Шиганова Игоря Николаевича удостоверяю.



СПЕЦИАЛИСТ ПО ДЕРС...
ОТДЕЛА КАДРОВОГО
АДМИНИСТРИРОВАНИЯ
ХОДЫКИНА Л.Д.

Адрес организации: 105005, г. Москва, улица 2-я Бауманская, д. 5, к. 1

Наименование организации: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

Электронный адрес: inshig@bmstu.ru

Телефон: 8 (910) 413-30-46