

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

Возрастающие требования, предъявляемые к прочностным, технологическим и эксплуатационным свойствам алюминиевых деформируемых сплавов, применяющихся в различных типах инновационной техники, обусловлены увеличением нагрузок, расширением интервалов рабочих температур на элементах конструкции перспективных образцов, а также стремлением использовать в производстве высокопрочные алюминиевые сплавы с возможностью применения обработки давлением, сварки и т.д.

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.

При соединении холоднокатанных листов сплавов системы Al–Mg, таких как AMg5, AMg6 и 1565ч, с использованием сварки плавлением в сварном шве формируется литая дендритная структура, что приводит к существенному увеличению размера зерен, а также имеет место укрупнение наночастиц вторых фаз. В зоне термического влияния под действием сварочного тепла наблюдается снятие упрочнения за счет пластической деформации листового полуфабриката.

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%. Введение скандия позволяет уменьшить средний размер зерна в шве и частично решить проблему с холодным деформированием сварных заготовок из алюминиевых сплавов.

Одним из направлений решения данной проблемы является применение сварки трением с перемешиванием (СТП), при котором соединение формируется в

твердой фазе. Это позволяет получать неразъемные соединения прочностные и усталостные характеристики которых приближаются к характеристикам исходного материала.

Существенный резерв в повышении свойств неразъемных соединений алюминиевых сплавов, получаемых методом СТП, является правильный выбор диапазона изменения основных параметров режима, при которых формируется соединение без внешних и внутренних дефектов.

В связи с этим не вызывает сомнений актуальность диссертационной работы Полякова Д.А., направленной на изучение особенностей процесса холодного и горячего деформирования сварных заготовок алюминиевых сплавов системы Al-Mg, полученных сваркой трением с перемешиванием, в зависимости от характера зеренной структуры основного металла и металла шва.

Научная новизна

Диссертантом на основе детального анализа большого массива экспериментальных данных установлено, что 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.

Обосновано, 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.

Установлено, 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.

Показано, 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 режимов сварки трением с перемешиванием листов из сплава 1565чМ толщиной 6–7 мм: частота вращения инструмента 850 об/мин и скорость сварки 150–450 мм/мин приводят к формированию рекристаллизованной ультрамелкозернистой структуры в зоне перемешивания со средним размера зерна 5,5–9,5 мкм, что обеспечивает временное сопротивление металла шва (зоны перемешивания) 355–365 МПа, которое на 5–10 МПа выше, чем основного металла, при сохранении высокого уровня пластичности, что позволило получить методом холодной деформации качественные днища котлов цистерн из сварных заготовок, а также проведению калибровки раскаткой сварных заготовок воздушных баллонов.

На основе проведенных статистических исследований и теоретической оценки разработаны рекомендации по изготовлению сварных узлов и сборок из сплава 1565чМ конструкций коммерческого транспорта с применением сварки трением с перемешиванием.

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

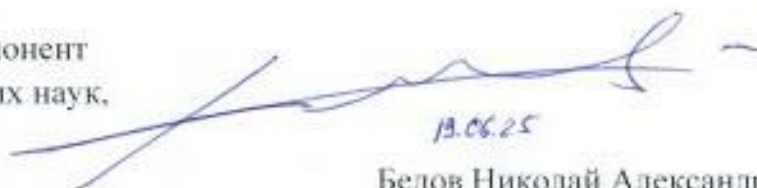
1. Состав сплава 1565ч отражен в новом ГОСТ 4784-2019, поэтому следует ссылаться на этот ГОСТ, а не на ТУ. Это относится и к механическим свойствам деформированных полуфабрикатов данного сплава, в

входящих в перечень ВАК. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в авиационной, судостроительной, автомобильной и других отраслях промышленности.

Аннотация 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
доктор технических наук,
профессор



Белов Николай Александрович

Адрес организации: 119049, Москва, Ленинский проспект, д. 4, стр. 1.

Наименование организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС».

Электронный адрес: nikolay-belov@yandex.ru

Телефон: 8-910-476-58-57

Подпись Белова Николая Александровича удостоверяю.

ПОДПИСЬ _____ ЗАВЕРЯЮ _____
Проректор по безопасности
и общим вопросам
НИТУ _____ И.М. Исаев

