

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Казакова Михаила Сергеевича «Улучшение структуры и свойств алюминиевых сплавов для изделий перспективной ракетно-космической техники совершенствованием режимов технологических воздействий», представленный на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 «Материаловедение».

На сегодняшний день, создание ракетно-космической техники играет важную роль в различных сферах деятельности, таких как исследование космоса, обеспечение безопасности государства и достижение ряда коммерческих целей. Конструктивные особенности ракет-носителей и космических аппаратов требуют использования материалов с высокими механическими свойствами и их стабильностью при экстремальных условиях. Алюминиевые сплавы были и остаются основным конструкционным материалом, используемым в авиакосмической технике. Они составляют около 70 % от общего количества конструкционных материалов в составе ракеты по массе. Для дальнейшего развития космического машиностроения требуются новые сплавы, обладающие улучшенным комплексом свойств, а также необходимо совершенствование действующих технологий обработки алюминиевых сплавов.

Для того чтобы повысить свойства алюминиевых сплавов и улучшить их характеристики при использовании в ракетно-космической технике, перспективным направлением является проведение оптимизации традиционных режимов обработки сплавов. Это позволяет получить материалы с более высокой прочностью, устойчивостью к коррозии при пониженных временных и ресурсных затратах.

Одним из наиболее эффективных способов упрочнения алюминиевых сплавов является микролегирование скандием. Этот элемент образует дисперсные частицы, которые значительно повышают прочность и устойчивость к тепловому воздействию. Однако для достижения максимальных свойств необходимо правильно выбирать режимы термической обработки и деформационного воздействия.

Все более популярной в ракетно-космической технике становится технология сварки трением с перемешиванием (СТП). Эта технология позволяет соединять алюминиевые сплавы без использования расходных материалов и при этом сохранять их свойства. Преимуществом СТП перед другими видами сварки, является отсутствие деформации материала, что особенно важно при создании космических аппаратов. Также этот метод позволяет соединять материалы разной толщины и формы.

Важной составляющей качественной СТП является неразрушающий контроль. Некоторые методы контроля не могут давать достаточной информации о состоянии сварного шва, что может приводить к пропуску дефектов и ухудшению качества сварки.

Автором выполнен большой объем работы: выявлены особенности кинетики старения термоупрочняемых алюминиевых сплавов системы Al-Cu-Mg и Al-Mg-Si-Cu, применяемых в конструкциях ракетно-космической техники (РКТ); выявлены причины изменения микроструктуры, падения пластических свойств и разрушения сварных герметизирующих деталей изготавливаемых из сплава системы Al-Mg-Si; установлены закономерности влияния температуры на механические свойства экономно-легированного сплава Al-Mg-Sc в отожженном и нагартованном состоянии; выполнена оценка коррозионной стойкости и изменения механических свойств во времени; определены возможности выявления характерных внутренних дефектов сварных соединений, выполненных сваркой трением с перемешиванием различными методами неразрушающего контроля.

К основным результатам диссертации, обладающей существенной новизной следует отнести следующие:

1. Установлены новые закономерности формирования структуры и свойств алюминиевых сплавов при варьировании режимов технологических воздействий в процессах получения отливок, сварки, деформирования и термической обработки;
2. Установлены причины изменения микроструктуры, падения пластических свойств и разрушения сварных герметизирующих деталей термостабилизирующих систем космических аппаратов, изготавливаемых из сплава системы Al-Mg-Si;

3. Выявлены закономерности влияния температуры на механические свойства экономно-легированного сплава Al-Mg-Sc в отожженном и нагартованном состоянии деформированных полуфабрикатов (плиты, листы, поковки); выполнена оценка коррозионной стойкости и изменения механических свойств во времени;

4. Установлены характерные внутренние дефекты сварных соединений, выполненных сваркой трением с перемешиванием, определена степень их влияния на эксплуатационные свойства, а также оценены возможности выявления дефектов методами неразрушающего контроля.

Анализ содержания диссертационной работы позволяет отметить те моменты, которые определяют её научную и практическую ценность:

1. Влияние режимов технологических воздействий в процессах получения отливок, сварки, деформирования и термической обработки на структуру и свойства алюминиевых сплавов;

2. Закономерности влияния режимов сварки трением с перемешиванием на структуру сварного соединения, классификация внутренних дефектов сварных швов, их влияние на прочностные характеристики;

3. Влияние температуры в интервале  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}\dots+200\text{ }^{\circ}\text{C}$  на механические свойства отожженных и нагартованных катаных полуфабрикатов из сплава системы Al-MgSc и сварных соединений из них, выполненных сваркой трением с перемешиванием;

Основные результаты апробированы на международных и всероссийских научно-технических конференциях и изложены в 9 публикациях, из которых 6 входят в список научных журналов рекомендованных ВАК.

Автореферат включает все положения диссертационного исследования и основные выводы. В тоже время, по автореферату имеется ряд замечаний:

1. Цель работы повторяет её название.

2. Не ясно выражена актуальность работы.

3. На рисунке 1 (стр.9) не обозначены фазы выделения  $\text{Al}_{32}\text{Si}_{10}\text{Fe}_5\text{Mn}$  и  $\text{Al}_{37}\text{Si}_5\text{Fe}_5\text{Mn}$ .

Вместе с тем, приведенные выше замечания и вопросы хотя и требуют пояснений диссертанта, не снижают общего положительного впечатления о рассматриваемой работе.

В целом, диссертация является законченной квалификационной работой, которая по объему выполненных исследований, научному уровню, новизне результатов и их значимости представляет несомненную ценность для науки и практики и отвечает требованиям, предъявляемым п. 9. «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842. Считаю, что Казаков Михаил Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 «Материаловедение».

Заслуженный работник высшей школы РФ, доктор технических наук по специальности 05.03.06 «Технологии и машины сварочного производства», профессор, декан Машиностроительного института, заведующий кафедрой «Машиностроение и материаловедение» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет»

Еремин Евгений Николаевич

Адрес: 644050, Россия, Омск, пр  
e-mail: eneremin@omgtu.ru; тел.:

07.11.2023

На обработку своих персоналы

Подпись Еремина Е.Н. удост

Ученый секретарь

ен.



Ф. Немцова