

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Дуюновой Виктории Александровны на тему:

«Научно-технологические основы разработки высокопрочных жаропрочных литейных магниевых сплавов нового поколения с повышенной пожарной безопасностью», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.6.1.

Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Магниевые сплавы благодаря низкой плотности и высоким удельным характеристикам вновь становятся актуальными для применения в ракетно-космической технике. Одной из наиболее сложных проблем при создании современных литейных магниевых сплавов является обеспечение стабильности их структуры и механических характеристик при длительном воздействии повышенных температур. Повышение содержания легирующих элементов само по себе не решает эту задачу, поскольку эксплуатационные свойства материала определяются характером образующихся фаз, их дисперсностью, устойчивостью и кинетикой структурных изменений при нагреве. Дополнительным ограничением для применения магниевых сплавов в авиационной технике остается их склонность к воспламенению. В связи с этим исследования В.А. Дуюновой, в которых вопросы прочности, жаропрочности и пожарной безопасности рассматриваются во взаимосвязи со структурно-фазовым состоянием материала, являются актуальными. Представленная работа имеет научную новизну. В частности, автором установлены закономерности процессов, происходящих при термической обработке исследуемых магниевых сплавов, впервые разработаны и экспериментально подтверждены математические модели прогнозирования механических характеристик в зависимости от химического состава. Автором выполнен существенный вклад в работу от постановки задачи и планирования исследований до систематизации, анализа результатов и формирования

основных положений. В процессе исследований использован широкий набор средств и методов: растровая и просвечивающая электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ, механические испытания, атомно-эмиссионный анализ др.

Особого внимания заслуживает проведенное автором исследование поведения разработанного сплава при длительных нагревах. Установлено, что область наибольшей стабильности прочностных характеристик сохраняется до температуры 250 °С, тогда как при 350 °С, особенно после выдержек 500-1000 ч, развивается интенсивное перестаривание, сопровождающееся деградацией дисперсной упрочняющей структуры и снижением прочности. Полученные результаты представляют интерес с точки зрения оценки структурной стабильности материала в условиях продолжительного высокотемпературного воздействия.

Не менее значимыми представляются исследования пожарной безопасности. Автором показано, что повышение сопротивления воспламенению связано с изменениями, происходящими в поверхностном слое сплава при высокотемпературном воздействии. Тем самым проблема пожаробезопасности рассматривается не как самостоятельная характеристика материала, а во взаимосвязи с его химическим составом и структурным состоянием.

С практической точки зрения следует отметить разработку промышленных технологий получения материалов (ВМЛ26). Для бесфлюсовой индукционной плавки определено оптимальное соотношение компонентов защитной смеси $\text{SF}_6 + \text{CO}_2$, равное 1:15, обеспечивающее снижение окисления магния и РЗЭ, газонасыщенности и химической неоднородности металла. Определен также диапазон силы тока индуктора 100-150 А, при котором достигается равномерное распределение циркония и редкоземельных элементов в объеме расплава.

Отдельного внимания заслуживает решение задачи повышения металлургического качества расплава. В работе исследовано применение

филтрации, позволяющей уменьшить содержание неметаллических включений и повысить однородность получаемого материала. Важно, что технологические исследования проведены применительно к многокомпонентному сплаву с химически активными редкоземельными элементами, для которого стабильность состава и качество расплава непосредственно определяют уровень конечных характеристик. В совокупности с оптимизацией защитной атмосферы и режима электромагнитного перемешивания это позволило сформировать технологическую схему промышленного получения сплава ВМЛ26.

Интерес представляет и предложенный автором подход к исправлению локальных дефектов магниевых отливок методом холодного газодинамического напыления. Данное направление дополняет основную часть работы, поскольку позволяет рассматривать разработанный сплав не только с позиций его получения и термической обработки, но и с точки зрения решения технологических задач, возникающих непосредственно при изготовлении деталей. Для реализации этого подхода разработана специальная порошковая композиция, а техническая новизна решения подтверждена патентом.

Следует также отметить высокий уровень завершенности работы. Для сплавов ВМЛ25 и ВМЛ26 оформлены паспорта материалов, технические условия, технологические инструкции и рекомендации по плавке, литью и термической обработке, а также методические материалы по проведению огневых испытаний. Тем самым результаты исследования доведены от установления материаловедческих закономерностей до нормативно-технологического обеспечения применения новых материалов в авиационной технике.

Замечания:

1. В автореферате при описании технологии исправления литейных дефектов методом холодного газодинамического напыления основное внимание уделено полученным характеристикам восстановленных участков. Однако отсутствуют критерии выбора порошковой композиции для напыления и требования к литейным дефектам, подходящим к устранению данной технологией.

2. В работе разработан значительный комплекс нормативной и технологической документации на новые материалы и процессы их получения. Однако в автореферате сведения о результатах практического использования этих документов представлены достаточно кратко. Более подробная информация об их апробации в условиях конкретных производственных процессов повысила бы практическую информативность автореферата.

Указанные замечания имеют частный характер и не снижают научной и практической значимости выполненной работы.

Заключение

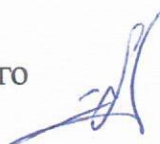
Представленный автореферат позволяет сделать вывод о том, что диссертация В.А. Дуюновой является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основе комплексных материаловедческих и технологических исследований решена важная научно-техническая проблема создания высокопрочных жаропрочных литейных магниевых сплавов с повышенной пожарной безопасностью. Полученные результаты имеют как научное значение для дальнейшего развития представлений о структурообразовании и термической стабильности многокомпонентных магниевых сплавов, так и непосредственную практическую направленность, подтверждаемую разработкой новых материалов, технологий их получения и соответствующей нормативно-технической документации.

Диссертационная работа В.А. Дуюновой соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.1 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Заместитель генерального конструктора
по технологическому обеспечению
АО «ГРЦ Макеева»

 М.В. Дорофеев
25.09.2026 г.

И.о начальника исследовательско-технологического
металлургического отдела АО «ГРЦ Макеева»

 А.В. Иванов

Главный ученый секретарь АО «ГРЦ Макеева»
К.Т.Н.



С.Т. Калашников

25.09.2026, контактный телефон 8 (3513)28-62-11, src@makeyev.ru
Акционерное общество «Государственный ракетный центр имени академика
В.П. Макеева», 456313, Челябинская область, г. Миасс, ш. Тургоякское, д.1