

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

Диссертационная работа В.А. Дуюновой выполнена по актуальному направлению современного металловедения, связанному с разработкой литейных магниевых сплавов с повышенным комплексом эксплуатационных характеристик. Существующие магниевые сплавы, несмотря на очевидные преимущества по плотности и удельной прочности, имеют ограничения по температурной работоспособности и пожарной безопасности. Поэтому установление физических закономерностей, позволяющих управлять структурой и фазовым составом таких материалов и повышать таким образом их прочность, жаропрочность и сопротивление воспламенению, имеет важное научное и прикладное значение.

На основании проведенных исследований автором установлено различие в характере воздействия редкоземельных элементов цериевой и иттриевой подгрупп на магниевую матрицу. Показано, что тяжелые РЗЭ – Gd, Dy и Er – благодаря большей растворимости в магнии обеспечивают существенный вклад в твердорастворное упрочнение, тогда как формирование термостабильных интерметаллидных фаз позволяет сохранять эффект упрочнения при повышенных температурах. Полученные закономерности стали основой для построения многокомпонентных систем легирования магниевых сплавов.

Важные результаты получены автором при изучении влияния термической обработки на фазовое состояние разработанных материалов. Установлена последовательность образования метастабильных упрочняющих фаз в процессе распада пересыщенного твердого раствора. Показано, что характер дисперсионного упрочнения определяется не только температурой старения, но и типом используемых редкоземельных элементов. Для составов с преобладанием тяжелых РЗЭ максимальный эффект достигается при более высоких температурах старения по сравнению со сплавами, содержащими преимущественно элементы цериевой подгруппы.

Практический интерес представляет установленное В.А. Дуюновой влияние режимов термической обработки на возможность возникновения пережога. Показано, что повышение температуры закалки до 540-560 °С сопровождается формированием грубых фаз Mg₃(Zn, РЗЭ) по границам зерен

и необратимым ухудшением структуры материала. Важно, что последующая термическая обработка уже не обеспечивает полного восстановления первоначального комплекса механических свойств. Этот результат имеет непосредственное значение для назначения технологически безопасных режимов обработки разработанного материала.

Самостоятельное направление исследований В.А. Дуюновой связано с оценкой влияния легирования на огневые характеристики. Автором показано, что присутствие редкоземельных элементов изменяет процессы, протекающие в поверхностном слое магниевых сплавов при высокотемпературном воздействии. Для разработанного материала достигнута температура воспламенения более 800 °С и показана способность к самозатуханию после прекращения воздействия источника пламени. Полученные данные представляют особый интерес применительно к материалам авиационного назначения, для которых пожарная безопасность является одним из основных ограничений использования магниевых сплавов.

Практическим результатом выполненных исследований стало создание высокопрочного пожаробезопасного сплава ВМЛ26 и жаропрочного сплава ВМЛ25. Для разработанных материалов определены режимы термической обработки и получен комплекс характеристик при комнатной и повышенных температурах. Результаты работы получили практическое развитие в виде технических условий, паспортов материалов, технологических инструкций и методических документов. Новизна разработанных технических решений подтверждена патентами Российской Федерации.

С позиции авиационного двигателестроения результаты работы интересны, прежде всего, возможностью расширения температурного диапазона применения литейных магниевых сплавов. В конструкции авиационных двигателей имеется ряд корпусных деталей и элементов агрегатов, для которых определяющим является сочетание минимальной массы, достаточной жесткости и способности длительно сохранять свойства при нагреве. Именно ограниченная теплостойкость традиционно сужает возможности использования магниевых сплавов в подобных условиях. Полученные в диссертации результаты по повышению жаропрочности и термической стабильности материала за счет комплексного легирования РЗЭ представляют практический интерес для решения этой задачи, а дополнительное повышение сопротивления воспламенению ВМЛ26 является важным фактором при рассмотрении новых магниевых материалов для авиационных силовых установок.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы и прошли необходимую апробацию, что позволяет считать представленные в автореферате положения достаточно обоснованными.

По автореферату имеются следующие вопросы и замечания:

- в автореферате показано различие влияния РЗЭ цериевой и иттриевой подгрупп на процессы упрочнения магниевых сплавов. Было бы полезно более наглядно представить сравнительные данные по растворимости отдельных исследованных РЗЭ в магнии в рассматриваемом температурном диапазоне;

- при рассмотрении пережога ВМЛ26 подробно описаны изменения фазового состава при температурах 540-560 °С. Возникает вопрос: наблюдаются ли какие-либо структурные признаки приближения к пережогу при более низких температурах, которые могли бы использоваться для раннего выявления нарушения режима термической обработки?

- в автореферате отмечено образование LPSO-структур и их положительное влияние на жаропрочные характеристики материала. Количественные сведения об их объемной доле в разработанном сплаве представлены ограниченно. Более подробная характеристика этого параметра позволила бы полнее оценить роль LPSO-фазы в формировании свойств материала.

Высказанные замечания носят уточняющий характер и не снижают научной и практической ценности выполненного исследования.

В целом диссертационная работа В.А. Дуюновой представляет собой законченное научное исследование, содержащее новые результаты в области металловедения многокомпонентных литейных магниевых сплавов. По актуальности, научной новизне, объему выполненных исследований и практической значимости полученных результатов работа соответствует специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов», удовлетворяет требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор, Дуюнова В.А., заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.1. «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Заместитель генерального директора –
генеральный конструктор АО «Объединенная
двигателестроительная корпорация»,
доктор технических наук, профессор

Ю.Н. Шмотин

30.09.2026 г.

125424, г. Москва, ш. Волоколамское, д. 75А

Подпись Шмотина Юрия Николаевича заверяю

Печать/заверение



Ю.Н. Шмотин
кадровый политик
Ю.Н. Шмотин

Н.А. Воронин