

ОТЗЫВ

официального оппонента Овчинникова Виктора Васильевича
на диссертационную работу Леонова Александра Андреевича
«Литейные магниевые сплавы системы Mg-PЗЭ-Zr с повышенной температурой воспламенения», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.6.1. – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

1. Актуальность темы и направления исследований диссертации.

В условиях современной геополитической обстановки критически важным становится обеспечение превосходства отечественной авиационной отрасли. Достижение повышенных тактико-технических характеристик изделия обуславливается в первую очередь применяющимися в конструкции материалами, основную часть которых составляют материалы на металлической основе. Повышенный интерес к алюминий-литиевым, магниевым, полимерным композиционным материалам обусловлен массо-габаритными преимуществами изделий из них в сравнении с традиционными титановыми, никелевыми сплавами и сталями. При этом одним из самых перспективных являются материалы на магниевой основе за счет их высоких удельных характеристик прочности и жесткости. В двигателе- и ракетостроении в условиях работы при повышенных температурах нашли свое применение серийные магниевые сплавы МЛ5, МЛ10, МЛ19. Однако, дальнейшее повышение рабочих температур изделий, прикладываемых нагрузок в процессе эксплуатации приводит к необходимости использования принципиально новых магниевых сплавов, разработка которых базируется на выявлении общих закономерностей взаимодействия компонентов и обеспечении наличия в структуре высокодисперсных выделений упрочняющих фаз, обладающих повышенной термической стабильностью в сравнении с α -твердым раствором на основе магния.

На основании вышеизложенного диссертационная работа Леонова А.А., посвященная разработке нового поколения магниевых сплавов, выявлению структурных особенностей, протекающих в них, и практической реализации изделий из них весьма актуальна и представляет значительный научный и практический интерес.

2. Общая характеристика диссертационной работы

Диссертационная работа объемом 125 страниц представлена 4 разделами, включающими 38 рисунков, 27 таблицы, общие выводы и список литературы, состоящий из 134 наименований, всего опубликовано 10 печатных работ, из которых 6 – в журналах, рецензируемых и рекомендованных ВАК.

Во введении автор привел обоснование темы научной квалификационной работы, сформулировал цель и задачи, научную новизну, практическую значимость исследования.

В первой главе автор привел общий анализ факторов, определяющих характер взаимодействия элементов между собой. Рассмотрены основные металлохимические свойства, влияющие на способность образовывать с магнием твердые растворы и интерметаллидные соединения. Рассмотрены основные группы литейных магниевых сплавов, типичные представители каждой группы сплавов, приведены их свойства, рабочие температуры и области применения.

С целью установления соответствия мировому уровню автором исследованы мировые тенденции в области развития жаропрочных литейных магниевых сплавов с повышенной температурой воспламенения и подготовлен анализ мировых и отечественных разработок, позволивший выявить уровень проводимых автором исследований.

Во второй главе описаны материалы и методы исследования, представлена краткая методология проведения металлографических исследований, исследований прочностных, жаропрочных и огневых характеристик. Используемое оборудование, выбранные методы позволяют сделать вывод о высоком уровне проведенных исследований и надежности полученных результатов.

В третьей главе представлены научные результаты по трем комплексным направлениям, посвященным исследованиям структурных особенностей в литейных магниевых сплавах Mg-P3Э-Zr в зависимости от комплексного легирования редкоземельными элементами и температурно-временных параметров термической обработки, разработке методик проведения огневых испытаний магниевых сплавов и математических моделей прогнозирования прочностных свойств литейного магниевого сплава системы Mg-Y-Nd-Gd-Zn-Zr.

По первому направлению представлены всесторонние исследования, позволившие установить роль и влияние редкоземельных элементов Y, Gd, Nd, а также легкоплавкого Zn на получаемые прочностные характеристики при комнатной и повышенных температурах. Исследования температурно-временных параметров термической обработки заключались в комплексном подходе и выявлении температур фазовых превращений методами моделирования и дифференциальной сканирующей калориметрии. Установлены параметры (температура, время, среда охлаждения) закалки и старения, обеспечивающие получение наилучшего соотношения свойств литейного магниевого сплава системы Mg-Y-Nd-Gd-Zn-Zr. Показана последовательность изменений основных упрочняющих метастабильных фаз, протекающих в процессе старения, целью которых является получение метастабильных фаз β типа и сложных структур на их основе, обеспечивающих максимальное упрочнение сплава, а также фаз LPSO (γ' и γ'' фазы).

Второе направление заключается в разработке регрессионных математических моделей, результатом которых являются два уравнения регрессии, позволяющие прогнозировать показатели временного

сопротивления и предела текучести магниевого сплава Mg-Gd-Nd-Y-Zn-Zr в зависимости от содержания в нем указанных легирующих компонентов.

Третье направление включает в себя разработку отечественных методик проведения огневых испытаний, впервые в РФ применительно к определению температуры воспламенения магниевых сплавов, результаты проведения которых показали преимущество литейного магниевого сплава системы Mg-Y-Nd-Gd-Zn-Zr в сравнении с серийно применяющимся МЛ10.

Четвертое направление описывает проведенную общую квалификацию (паспортизацию) разработанных на основе проведенных исследований новых магниевых сплавов – жаропрочного ВМЛ25 и пожаробезопасного ВМЛ26.

3. Научная новизна, обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Наиболее значимыми научными результатами выполненных исследований являются установленная последовательность фазовых превращений в литейных магниевых сплавах Mg-PЗЭ-Zr, протекающих в процессе термической обработки. Автором установлены закономерности влияния редкоземельных элементов на изменяемость свойств, позволяющие обеспечить формирование мелкодисперсной структуры и минимизировать в составе дорогостоящие РЗЭ с обеспечением повышенных характеристик. Следует отметить выявленную особенность интерметаллидной фазы на основе РЗЭ, претерпевающей в процессе термической обработки принципиальное изменение морфологии, часть которой становится рентгеноаморфной и может оцениваться только по снижению интенсивности дифракционных линий.

Немаловажной является установленная в магневом сплаве Mg-Y-Nd-Gd-Zn-Zr роль цирконидов, являющихся центрами гетерогенного зарождения метастабильной β_1 фазы, ее ускоренного роста и образования зон свободных от выделений.

Обоснованность и достоверность полученных научных результатов обеспечивается применением современных методов исследований, их комплексностью и взаимодополняемостью друг друга, использованием уникального оборудования, статистическим набором полученных данных.

4. Практическая значимость полученных результатов

Наиболее значимыми с практической точки зрения результатами являются составы разработанных жаропрочного и пожаробезопасного литейных магниевых сплавов, прошедшие общую квалификацию (паспортизацию) и превосходящие серийные отечественные и зарубежные литейные магниевые сплавы. Разработанные рекомендации по изготовлению и термической обработке отливок успешно опробованы в опытно-промышленном производстве ряда отраслевых предприятий, что подтверждается актом изготовления.

Разработанные методики проведения огневых испытаний позволяют определять такие важные с точки зрения безопасности эксплуатации характеристики магниевых сплавов, как температура воспламенения и время остаточного горения.

Важным результатом являются разработанные регрессионные математические модели прогнозирования прочностных свойств, которые на примере экспериментальных образцов показали хорошую сходимость. Их применение может явиться важным инструментом для оптимизации состава и повышения его конкурентоспособности.

5. Список замечаний по диссертации

1. В работе отсутствуют какие-либо исследования влияния технологических параметров плавки и литья литейного магниевого сплава Mg-Y-Nd-Gd-Zn-Zr, такие как температура и время введения редкоземельных элементов, время и температура рафинирования. Между тем, это является неотъемлемой частью изготовления отливок из любых металлических материалов.

2. В разделе 3.1 в части работы, посвященной исследованию влияния РЗЭ и цинка на прочностные и жаропрочные характеристики и представленной в таблице 12, отсутствуют исследования варьирования содержания циркония.

3. В этой же таблице 12 редкоземельные элементы по своему максимальному значению не превышают 4 %. Отсутствует уточнение причины этого факта.

4. Согласно описанию полученных регрессионных моделей, отмечена негативная роль иттрия и цинка на временное сопротивление, и гадолиния и цинка на предел текучести. Исключение данных элементов и перерасчет математических моделей позволили бы повысить точность сходимости спрогнозированных значений с фактически полученными.

5. В исследованиях, посвященных огневым характеристикам, указана температура воспламенения литейного магниевого сплава Mg-Y-Nd-Gd-Zn-Zr, которая составила от 805 до 930 °С. Отсутствуют данные по аналогичной характеристике серийного жаропрочного литейного магниевого сплава МЛ10 и габаритам испытываемых образцов, также следовало указать, происходило ли воспламенение образцов в процессе испытаний и какое время затухания, методика определения которой представлена в практической значимости.

Сделанные замечания не снижают положительную оценку диссертационной работы Леонова А.А., не умаляют ее научной и практической ценности, работа представляет собой законченное исследование с обоснованными научными положениями и выводами.

6. Заключение

Представленная диссертационная работа, написанная Леоновым А.А., имеет высокий научный уровень, является законченной, логически выстроенной работой, содержащей новые научно обоснованные результаты и разработки в области магниевых сплавов нового поколения, имеющих важное практическое значение для авиационной отрасли. Автореферат и публикации в полной мере отражают результаты, представленные в диссертации. Высокий научный уровень подтверждается современными методами исследования, анализа, численного моделирования, применением уникального оборудования.

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.). Автор диссертационной работы Леонов Александр Андреевич заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Официальный оппонент:

доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Материаловедение»
ФГАОУ ВО «Московский Политехнический университет»,
Специальность 05.03.06 Технологии и машины сварочного производства

Виктор Васильевич Овчинников
«14» 11 2023 г.

Подпись Овчинникова В.В. удостоверяю

ДЕЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬ
ПОГОРЕЛОВА А.В.



Адрес: 107023, г. Москва, ул. Большая Семеновская, 38
Телефон: + 7 (495) 223-05-23
E-mail: vikov1956@mail.ru