

ОТЗЫВ

официального оппонента Овчинникова Виктора Васильевича
на диссертационную работу Акининой Марии Владимировны
**«Разработка и исследование деформируемого магниевого сплава
системы Mg-Zn-Zr-PЗЭ (Y, Nd, La) с повышенным уровнем прочностных
и жаропрочных характеристик»**, 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

Магний относится к числу наиболее распространенных в природе металлов. Сплавы на магниевой основе обладают рядом несомненных преимуществ в сравнении с алюминиевыми сплавами, такими как низкая плотность наряду с повышенными показателями удельной прочности, жесткости и демпфирующей способности. За счет этого их следует рассматривать как перспективный материал для авиационной и космической техники.

Комплексное легирование с использованием элементов, способствующих формированию благоприятной структуры и фазового состава сплавов с целью достижения требуемого уровня свойств, является основным параметром для получения сплавов с необходимыми эксплуатационными характеристиками.

Особое внимание в настоящее время уделяется разработке перспективных магниевых сплавов, относящихся к выделенному в последние годы классу так называемых LPSO – фазосодержащих сплавов. LPSO – сплавы благодаря своим структурно-фазовым особенностям могут обладать улучшенными характеристиками прочности, пластичности, жаропрочности, коррозионной стойкости и т.д.

На основании вышеизложенного диссертационная работа Акининой М.В., посвященная разработке нового высокопрочного жаропрочного деформируемого магниевого сплава, выявлению структурно-фазовых особенностей, протекающих в нем, и разработке технологии изготовления из него прессованных полуфабрикатов, весьма актуальна и представляет значительный научный и практический интерес.

2. Общая характеристика диссертационной работы

Диссертационная работа объемом 164 страницы представлена 7 главами, включающими 64 рисунка, 20 таблиц, заключение и список литературы, состоящий из 174 наименований, всего опубликовано 8 печатных работ, 3 из которых в изданиях, рецензируемых и

рекомендованных ВАК, 1 работа в издании, индексируемом базами Web of Science и Scopus, а также 1 патент на изобретение.

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

В первой главе автором рассмотрены теоретические основы создания высокопрочных и жаропрочных деформируемых магниевых сплавов. Представлены применяемые в настоящее время серийные деформируемые магниевые сплавы, приведен уровень их механических свойств, рабочие температуры и области применения.

Проведен анализ влияния легирующих компонентов на комплекс механических свойств сплавов на основе магния.

Во второй главе описаны материалы и методы исследований. Используемое в диссертационной работе оборудование и выбранные методы позволяют сделать вывод о высоком уровне проведенных исследований и надежности полученных результатов.

В третьей главе проведен выбор основы композиции нового деформируемого высокопрочного жаропрочного магниевого сплава и дополнительных легирующих компонентов. Исследовано влияние концентрации легирующих элементов на механические свойства экспериментальных магниевых сплавов в прессованном состоянии. Разработан и запатентован химический состав нового деформируемого высокопрочного жаропрочного магниевого сплава, которому присвоена марка ВМД16.

В четвертой главе приведены результаты исследования влияния технологических параметров изготовления и термической обработки на структурно-фазовый состав и основные механические свойства слитков разработанного магниевого сплава ВМД16.

Показано, что применение технологии бесфлюсовой плавки с использованием защитной атмосферы, состоящей из смеси аргона и элегаза, позволяет получить наилучшие результаты по уровню механических свойств и коррозионной стойкости слитков сплава ВМД16.

Установлено, что в структуре сплава ВМД16 формируются нанопластины LPSO-фаз, представляющие собой чередующиеся слои магния, иттрия и цинка и располагающиеся в строго определенном порядке внутри зерен в объеме твердого раствора магния.

В пятой главе приведены результаты исследования влияния технологических параметров изготовления прессованных полуфабрикатов на структуру, фазовый состав и механические свойства магниевого сплава ВМД16.

Проведено исследование характеристик пластичности исходных литых заготовок, обоснован и выбран температурный интервал деформации.

Изучены температурные режимы изготовления прессованных прутков Ø 45 мм, на основании которых установлены параметры прессования прутков и полос из сплава ВМД16 в промышленных условиях.

Проведено исследование микроструктуры полуфабрикатов из сплава ВМД16 в горячепрессованном и отожженном состояниях, определены их механические характеристики.

Отжиг прутков из сплава ВМД16 инициирует активное развитие процессов рекристаллизации, что приводит к заметной коагуляции фазовых выделений и некоторому огрублению всей структуры. Пластичность сплава после проведения отжига заметно увеличивается, а прочностные свойства снижаются.

Установлено, что основной фазовый состав, включая LPSO-фазы, сохраняется в сплаве ВМД16, независимо от изменения параметров деформации и отжига.

В шестой главе приведены результаты испытаний свойств магниевого сплава ВМД16 при повышенных температурах.

Значения основных характеристики прочности и жаропрочности сплава ВМД16 были проанализированы в сравнении с аналогичными значениями соответствующих характеристик прессованных полуфабрикатов из серийного деформируемого жаропрочного магниевого сплава МА12.

Прочностные характеристики прессованных прутков из сплава ВМД16 в интервале температур до 300 °С практически в 2 раза превышают соответствующие величины для сплава МА12.

Установлено, что высокие значения прочностных свойств сплава ВМД16 в широком интервале температур объясняются особенностями его структуры и фазового состава, образованных при активном участии редкоземельных элементов.

В седьмой главе приведены результаты определение паспортных характеристик прессованных полуфабрикатов из магниевого сплава ВМД16.

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

Наиболее значимыми научными результатами выполненных исследований являются: исследование структуры и фазового состава разработанного деформируемого магниевого сплава ВМД16 во всех рассмотренных состояниях и установление факта зарождения самоорганизующихся упорядоченных длиннопериодных фаз (LPSO-фаз) в литом состоянии и дальнейшее их сохранение в термообработанном и

деформированном состоянии сплава ВМД16. Автором установлено, что расположение LPSO-фаз как в объеме зерен, так и в виде блоков в многослойных фрагментах эвтектической составляющей, и равномерное распределение высокодисперсных интерметаллидных включений, в том числе, частиц цирконидов цинка, в объеме зерен сплава ВМД16 в совокупности способствуют достижению повышенного уровня прочностных свойств прессованных полуфабрикатов в исходном состоянии в широком интервале температур.

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

4. Практическая значимость полученных результатов

Наиболее значимыми с практической точки зрения результатами являются состав разработанного деформируемого высокопрочного жаропрочного магниевого сплава ВМД16 и технологии изготовления слитков и прессованных полуфабрикатов из него, обеспечивающие достижение установленного уровня механических свойств для применения в изделиях авиационной техники.

Разработанный и оформленный комплект нормативно-технической документации, а также проведенная общая квалификация и оформленный паспорт на сплав марки ВМД16 позволяют применять прессованные полуфабрикаты из него в изделиях авиационной техники.

5. Список замечаний по диссертации

1. В п. 4.1 не приведены данные по технологическим параметрам выплавки, такие как температура и очередность введения легирующих элементов в расплав, также не указан расход защитной газовой смеси при проведении плавки по бесфлюсовой технологии.

2. В п. 5.2 отсутствуют значения времени выдержки литых заготовок при нагреве под деформацию и скорости прессования.

3. В работе не представлены значения механических свойств в поперечном направлении и не указана величина анизотропии прочностных свойств прутков Ø 60 мм и полос сечением 16×65 мм.

4. В работе не указано подвергались ли прессованные полуфабрикаты из сплава ВМД16, изготовленные в лабораторных и промышленных условиях, правке. Если подвергались, то каким способом?

5. В работе не даны пояснения за счет чего происходит изменение количества слоев и содержания цинка и иттрия в пластинах LPSO-фаз.

Сделанные замечания не снижают положительную оценку диссертационной работы Акининой М.В. и не умаляют её научной и практической ценности, работа представляет собой законченное исследование с обоснованными научными положениями и выводами.

6. Заключение

Представленная диссертационная работа, написанная Акининой М.В., имеет высокий научный уровень, является законченной и логически выстроенной работой, в которой на основании проведенных автором исследований решена актуальная научно-техническая задача, имеющая важное практическое значение для авиационной отрасли.

Автореферат отражает содержание диссертации, а достоверность результатов подтверждается современными методами исследований и не вызывает сомнения.

Диссертационная работа соответствует требованиям п.9–14 Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Акинина Мария Владимировна, заслуживает присуждения ученой 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»
ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет»,
специальность 05.03.06 Технологии и машины сварочного производства

Подпись Овчинникова В.В. удостоверяю

Виктор Васильевич Овчинников

« 14 » 03 2025г.

ДЕЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬ
ПОГОРЕЛОВА А.В.



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский Политехнический университет»

Адрес: 107023, г. Москва, ул. Большая Семеновская, 38

тел. + 7 (495) 223-05-23

E-mail: vikov1956@mail.ru