

ОТЗЫВ

официального оппонента

Ашмарина Артёма Александровича 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

I. Общая характеристика диссертационной работы

Диссертационная работа выполнена начальником сектора лаборатории «Магниево-литиевые и литейные алюминиевые сплавы» НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ Акининой М.В. Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, заключения, списка литературы и содержит 164 страницы, в том числе 64 рисунка и 20 таблиц.

По теме диссертации опубликовано 8 работ, из них 3 статьи в журналах из перечня ВАК РФ, 1 статья в издании, индексируемом базами Web of Science и Scopus и 1 патент на изобретение.

Введение включает в себя актуальность работы, сформулированные цель и задачи, выявленную научную новизну, положения, выносимые на защиту, личный вклад автора, практическую значимость работы, а также апробацию результатов работы. Каждая глава начинается с краткого описания и обоснования проводимых экспериментов и завершается сформулированными по результатам проведенных исследований научными выводами.

Научные исследования, приведенные в диссертационной работе, носят законченный характер, отличаются научной новизной, практической значимостью, логически обоснованы и доведены до конечного результата.

Представленная на отзыв диссертация полностью удовлетворяет требованиям ВАК РФ и соответствует специальности 2.6.1. Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

В первой главе «Литературный обзор» рассмотрены теоретические основы создания высокопрочных и жаропрочных деформируемых магниевых сплавов. Представлен обзор серийных высокопрочных и жаропрочных деформируемых магниевых сплавов. Рассмотрены закономерности строения двойных и многокомпонентных диаграмм состояния магния с различными легирующими элементами. Проанализировано влияние различных элементов, включая редкоземельные элементы, на структуру и свойства магния, показана целесообразность использования системы Mg-Zn-Zr в качестве исходной системы легирования при

дополнительном легировании иттрием, неодимом и лантаном. На основе проведенного обзора сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе «Материалы и методы исследования» описаны используемые материалы, способы их изготовления и методы исследования.

В третьей главе «Композиция сплава, исследование влияния легирующих элементов на основные механические свойства и выбор химического состава сплава» в лабораторных условиях изучено влияние легирующих элементов (иттрия, цинка, циркония, неодима, лантана) на основные механические свойства сплавов магния в горячепрессованном состоянии. Отмечено, что основное упрочняющее воздействие на сплав при нормальной температуре оказывает легирование иттрием и цирконием. Установлена область концентраций легирующих элементов в магниевом сплаве, позволяющая получить заданный в цели работы уровень механических свойств. Запатентован химический состав разработанного деформируемого высокопрочного жаропрочного магниевового сплава, сплаву присвоена марка ВМД16.

В четвертой главе «Исследование влияния технологических параметров изготовления на структуру, фазовый состав и механические свойства слитков деформируемого высокопрочного жаропрочного магниевового сплава ВМД16» приведены результаты исследований влияния применения защитной газовой атмосферы и флюса при плавке на структуру, коррозионную стойкость и механические свойства слитков сплава ВМД16.

Установлено, что применение защитной газовой атмосферы при плавке значительно снижает наличие примесей в слитках сплава ВМД16, что приводит к повышению значений общей коррозионной стойкости практически в 5 раз по сравнению с технологией плавки под флюсом.

В промышленных условиях с применением защитной газовой атмосферы были получены однородные по химическому составу слитки сплава ВМД16 диаметром 365 мм и массой 135 кг со стабильным уровнем механических свойств.

Также было проведено исследование влияния температурно-временных параметров гомогенизационного отжига на структуру слитков сплава ВМД16. Установлено, что проведение двухступенчатого гомогенизационного отжига по оптимальному режиму обеспечивает получение благоприятной морфологии и топологии фаз.

В пятой главе «Исследование влияния технологических параметров изготовления прессованных полуфабрикатов на структуру, фазовый состав и механические свойства деформируемого высокопрочного жаропрочного магниевового сплава ВМД16» проведено исследование влияния температуры деформации на свойства сплава ВМД16, определена величина допустимой степени деформации и обоснован выбор температуры деформации.

Представлены результаты исследования влияния технологических параметров изготовления прессованных полуфабрикатов (прутки и полосы) из сплава ВМД16 на

его микроструктуру и механические свойства. Микроструктура прессованных полуфабрикатов из сплава ВМД16 характеризуется наличием несколько вытянутых в продольном направлении зерен твердого раствора на основе магния и фрагментами сложной эвтектической фазы. По границам и в объеме зёрен обнаружены частицы высокодисперсных цирконидов цинка.

Под воздействием температурных параметров деформации формируются нанопластины LPSO-фаз с различной толщиной и содержанием легирующих элементов, которые играют роль микрочастиц, равномерно упрочняющих структуру сплава.

Проведено исследование влияния режимов рекристаллизационного отжига на микроструктуру и механические свойства прессованного прутка из сплава ВМД16. Установлено, что рекристаллизационный отжиг заметно снижает прочностные свойства сплава при одновременном увеличении пластичности: временное сопротивление и предел текучести снижаются до 18 %, относительное удлинение увеличивается в 1,8 раза.

В промышленных условиях были получены прессованные прутки и полосы из сплава ВМД16, обладающие высоким и стабильным уровнем основных механических свойств в продольном направлении: $\sigma_B \geq 320$ МПа, $\sigma_{0,2} \geq 230$ МПа, $\delta_5 \geq 12,0$ %.

В шестой главе «Свойства деформируемого высокопрочного жаропрочного магниевого сплава ВМД16 при повышенных температурах» представлены результаты испытаний основных характеристики жаропрочности сплава ВМД16 в сравнении с аналогичными значениями соответствующих характеристик серийного деформируемого жаропрочного магниевого сплава МА12. Установлено, что сплав ВМД16 обладает жаропрочными свойствами и значительно превосходит серийный жаропрочный магнийевый сплав МА12. Детали, изготовленные из прессованных полуфабрикатов из сплава ВМД16, рекомендуются к длительной эксплуатации при температурах до 200 °С и кратковременно – до 300 °С.

В седьмой главе «Определение паспортных характеристик деформируемого высокопрочного жаропрочного магниевого сплава ВМД16 (прессованные полуфабрикаты)» приведены результаты общей квалификации (паспортизации) прессованных полуфабрикатов (прутки, полосы) из сплава ВМД16, в рамках которой определены механические свойства в широком интервале температур, ударная вязкость, предел малоциклового усталости, коррозионная стойкость, технологические и физические свойства.

II. Актуальность исследований диссертационной работы

Применение магниевых сплавов в элементах конструкций изделий авиационной и космической промышленности целесообразно с экономической точки зрения, так как позволяет достигнуть значительного весового эффекта и,

следовательно, получить экономию топлива и уменьшить количество вредных выбросов в окружающую среду.

Авиационное и космическое материаловедение в настоящее время динамично развиваются. Для изделий указанных отраслей все большее значение приобретают легкие конструкционные материалы, к числу которых принадлежат деформируемые магниевые сплавы.

К недостаткам, ограничивающим возможности более широкого применения магниевых сплавов в качестве конструкционных материалов, следует отнести:

- невысокий уровень прочностных свойств при комнатной и при повышенной (до 200 – 250 °С) температурах;
- недостаточную коррозионную стойкость.

Известно, что с металловедческой точки зрения, структура и фазовый состав сплава являются основным аргументом, в прямой зависимости от которого находятся механические, технологические, коррозионные свойства, а также некоторые физические характеристики металлического материала. Создание мелкозернистой структуры и благоприятного фазового состава – наиболее существенные условия, служащие предпосылками для достижения высоких эксплуатационных характеристик конструкционных материалов. Фазовый состав и структура сплава, в свою очередь, формируются в зависимости от химического состава и технологических факторов приготовления сплава. Последние годы все больший интерес вызывает возможность заметно улучшить характеристики магниевых сплавов и в значительной мере преодолеть их недостатки путем введения в определенных соотношениях некоторых редкоземельных элементов в сочетании с известными легирующими компонентами. При соблюдении требуемых условий в структуре магниевого сплава формируются так называемые длиннопериодные фазы – LPSO-фазы.

В представленной диссертационной работе Акининой М.В. разработан состав нового деформируемого высокопрочного жаропрочного магниевого сплава марки ВМД16, содержащего редкоземельные элементы, изучены его структура, фазовый состав и механические свойства в литом и деформированном (прессованные прутки и полосы) состояниях, разработаны технологии изготовления слитков и прессованных полуфабрикатов, доказан факт формирования LPSO-фаз в структуре сплава.

На основании этого тему диссертационной работы считаю актуальной и практически востребованной.

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

Автором выявлены и изучены особенности влияния бесфлюсовой плавки на структуру и свойства разработанного деформируемого магниевого сплава ВМД16. Установлено положительное влияние использования защитной газовой атмосферы на коррозионную стойкость и механические свойства сплава.

Доказан факт зарождения LPSO-фаз в литом состоянии и дальнейшее их сохранение в гомогенизированном и деформированном состояниях сплава ВМД16.

Установлено, что расположение LPSO-фаз в объеме зерен способствует достижению повышенного уровня прочностных свойств прессованных полуфабрикатов в исходном состоянии в широком интервале температур.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обеспечивается комплексным всесторонним подходом с использованием современных методов и оборудования при проведении металлографических исследований. Подтверждением также является объем проведенных исследований и полученных данных.

IV. Практическая значимость полученных результатов

Разработан и защищен патентом RU 2554269 химический состав нового высокопрочного жаропрочного деформируемого магниевого сплава марки ВМД16.

Проведенные автором исследования структурных изменений и определения уровня механических свойств позволили выбрать параметры выплавки, термической обработки и деформации сплава ВМД16 и получить прессованные прутки и полосы с заявленным уровнем свойств. Кроме того, разработан комплект нормативной документации на изготовление и поставку слитков и прессованных полуфабрикатов, а так же оформлен паспорт на сплав марки ВМД16.

V. Список замечаний по диссертации

1. Известно, что большинству магниевых сплавов в деформированном состоянии присуща анизотропия свойств. Значительный разброс механических свойств в зависимости от направления испытания для конструкционных материалов является серьезным недостатком, препятствующим их дальнейшему внедрению. В диссертационной работе не рассмотрено влияние структуры и фазового состава на величину анизотропии механических свойств прессованных полуфабрикатов из сплава ВМД16.

2. В работе были использованы два травителя на основе азотной кислоты с этиленгликолем и без, вызывает интерес особенности их воздействия на исследованный материал.

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости диссертационной работы Акининой М.В., которая отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по техническим наукам.

VI. Заключение

Диссертация Акининой М.В. выполнена на актуальную тему, хорошо структурирована и представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствующую требованиям ВАК РФ. Результаты диссертационной работы прошли апробацию на профильных научно-технических конференциях, опубликованы

в научных изданиях, содержат новые и важные в научном и практическом плане результаты.

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:

Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории новых технологий металлических и керамических материалов ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН), специальность 05.16.01 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Ашмарин Артём Александрович

 «04» апреля 2025г.

Почтовый адрес: 119334, Москва, Ленинский проспект, д. 49

E-mail: imet@imet.ac.ru

тел. + 7 (499) 135-20-60

Подпись Ашмарина А.А. удостоверяю:

Ученый секретарь ИМЕТ РАН, к.т.н.





О. Н. Фомина

Зам. директора ИМЕТ РАН

по научной работе

д.т.н.



В.С. Юсупов