

ОТЗЫВ

официального оппонента

Бецофена Сергея Яковлевича на диссертационную работу Мостяева Игоря Владимировича «Исследование влияния технологических параметровковки, штамповки и термической обработки на структуру, фазовый состав и уровень свойств деформированных полуфабрикатов из жаропрочного магниевого сплава марки ВМД16», 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 ведущим инженером Мостяевым И.В. в НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ в лаборатории магневых и литейных алюминиевых сплавов. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованных источников, двух приложений и содержит 153 страницы, в том числе 68 рисунков и 28 таблиц.

По теме диссертации опубликовано 10 работ, из них 3 статьи в журналах из перечня ВАК РФ, 4 статьи в изданиях, индексируемых 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 и теоретическую значимость работы, а также апробацию результатов работы. Каждый из разделов начинается с краткого описания и обоснования проводимых экспериментов и завершается сформулированными по результатам проведенных исследований научными выводами.

Научные исследования, приведенные в диссертационной работе, носят завершённый 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».

Первая глава «Литературный обзор» направлена на анализ исследований по теме диссертации, а также факторов, которые влияют на основные процессы, протекающие при разработке магневых сплавов. В разделе рассмотрены основные механизмы деформации магния и его сплавов, технологические особенности обработки давлением магневых сплавов, их термической обработки. Кроме того, рассмотрен вопрос пожароопасности деформируемых магневых сплавов. На основе этого анализа автор формулирует основные проблемы, цели и задачи исследований.

Во второй главе «Методика экспериментальных исследований» описаны используемые материалы и способ их изготовления, описаны методы исследования.

В третьей главе «Исследование влияния технологических параметров деформации и последующей термообработки на структуру, фазовый состав и

уровень свойств кованных и штампованных полуфабрикатов из сплава ВМД16» приведены основные научные результаты исследования.

В работе проведено исследование характеристик пластичности исходных прессованных заготовок, обоснованы и выбраны температуры их деформации. Изучены температурные режимы изготовления экспериментальных поковок, на основании которых установлены параметры деформации малогабаритных и среднегабаритных поковок и штамповок из сплава ВМД16. Исследовано влияние термической обработки на кованные и штампованные полуфабрикаты из сплава ВМД16. Проведено исследование микроструктуры полуфабрикатов в горячедеформированном состоянии, а также после термической обработки, проведен их рентгеноструктурный анализ и определены прочностные характеристики.

Выявлено наличие термостабильных упрочняющих фаз $ZrZn_2$, $(Mg, Zn)_5Y$, $Mg_{12}Nd$, $Mg_{12}La$, $Mg_{12}ZnY$ позволяющих применять режимы деформации в широком интервале температур. Установлено, что в процессе проведения старения и закалки со старением, предусматривающим длительную выдержку (96-120 ч), в продольном направлении имеет место снижение прочностных и повышение пластических свойств; при этом в поперечном направлении этих полуфабрикатов наблюдается увеличение прочностных свойств и заметное снижение характеристик пластичности за счет активизации диффузионных процессов, приводящих к частичному растворению интерметаллидных фаз, содержащих Zn, Y и La, и перераспределению текстурных компонентов.

Кроме того, в работе определены температуры воспламенения полуфабрикатов из магниевого сплава и изучена структура образцов после воздействия пламени.

В четвертой главе «Определение комплекса свойств (статических, динамических и коррозионных) кованных и штампованных полуфабрикатов из деформируемого жаропрочного магниевого сплава марки ВМД16» приведен перечень разработанной нормативной документации а также результаты общей квалификации деформированных полуфабрикатов, в рамках которой определены механические свойства при растяжении и сжатии, характеристики жаропрочности и коррозионная стойкость материалов.

В пятой главе «Практическая реализация полученных в работе результатов» представлены результаты стендовых испытаний деталей изготовленных из разработанных кованных полуфабрикатов. По результатам проведенных испытаний было оформлено два заключения о возможности применения поковок из сплава ВМД16 в перспективных изделиях вертолетной техники.

Каждый подраздел начинается кратким введением и завершается выводами и направлением дальнейшего исследования.

II. Актуальность исследований диссертационной работы

Применение магниевых сплавов в качестве конструкционных материалов позволяет снизить массу изделия и улучшить его летно-технические характеристики. Одной из перспективных систем легирования является система Mg-Zn-Zr-РЗМ.

Разработанный в НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ жаропрочный деформируемый сплав ВМД16, в котором в качестве редкоземельного элемента используется иттрий и содержащий LPSO – фазы, является перспективным материалом для получения кованных и штампованных полуфабрикатов с высоким уровнем свойств. Однако, практическая реализация новых сплавов, тем более со сложным фазовым составом вызывает необходимость в исследовании влияния технологических параметров деформации и термической обработки на структуру, фазовый состав и свойства деформированных полуфабрикатов.

В представленной диссертационной работе Мостяева И.В. изучена структура, фазовый состав и механические свойства кованных и штампованных полуфабрикатов в исходном и термообработанном состояниях, выявлена особенность при проведении длительного искусственного старения кованных полуфабрикатов.

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

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

Автором проведен анализ результатов исследования структуры и фазового состава кованных и штампованных полуфабрикатов из магниевого сплава ВМД16 в горячедеформированном состоянии и после термической обработки, изучены морфология и топология LPSO – фаз, определено наличие эвтектических фаз, являющихся основными интерметаллидными компонентами, упрочняющими структуру сплава.

Обнаружена особенность кованных полуфабрикатов из сплава ВМД16, заключающаяся в том, что при выдержках 96 - 120 часов при температуре 200 °С происходит переориентация более высокого уровня прочностных свойств с продольного на поперечное направление волокна поковки. Данная особенность подтверждена проведенными исследованиями микроструктуры и текстуры полуфабрикатов *и может быть связана с изменением при повышении температуры преимущественного механизма деформации.*

Представлены результаты огневых испытаний исследуемых полуфабрикатов, а также найдено убедительное объяснение *повышенной* температуры воспламенения материала с позиций избирательного образования оксидов иттрия и других легирующих элементов в результате чего образуется термостойкий оксидный слой, значительно повышающие порог воспламеняемости сплава.

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

Проведенные автором исследования структурных изменений и определения уровня механических свойств позволили выбрать температурно-скоростные параметры деформации и термической обработки сплава ВМД16 и получить поковки и штамповки с заявленным уровнем свойств. Кроме того, разработан комплект нормативной документации на изготовление и поставку полуфабрикатов, а так же дополнения к паспорту на сплав и патент на способ обработки магниевых сплавов.

Разработанные полуфабрикаты были опробованы в условиях АО «НЦВ им М.Л. Миля и Н.И. Камова» и были получены два заключения о возможности применения поволоков из сплава ВМД16 в перспективных изделиях вертолетной техники.

V. Список замечаний по диссертации

1. В разделе 3.3.4.2 целесообразно было бы указать обоснование выбора температуры старения составляющей 200° С при указанном времени выдержки.
2. В названии раздела 3.3 «Исследование влияния технологических параметров деформации и последующей термообработки на структуру, фазовый состав и механические свойства кованных поволоков массой 10 кг из сплава ВМД16» описываются исследования проведенные на поволоках 10 и 22 кг. По-видимому имеет место техническая ошибка.
3. К сожалению, в работе не представлены результаты металлографических исследований, анизотропии свойств и текстуры исходных прессованных заготовок для оценки влияния последующей деформации на их структуру и свойства.
4. Трудно согласится с описанием к рис.3.19 (стр.71), где указано, что в продольном направлении преобладает призматическая текстура, а в поперечном базисная, скорее наоборот. Кроме того, текстуры в трех ортогональных направлениях могут быть однотипными только когда текстура отсутствует и полюсные плотности для всех ориентаций на трех ОПФ близки к единице, на рис.3.19 этого нет. Возможно, это несоответствие связано с неоднородностью по толщине (рис.3.20), тогда нужен комментарий, которого нет.
5. Автор обоснованно интерпретирует анизотропию механических свойств на основе текстурных данных, однако сопоставление этих результатов в диссертации затруднено, поскольку они расположены в разных разделах или некоторые данные вообще отсутствуют.

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

VI. Заключение

Диссертация хорошо структурирована, представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствующую требованиям ВАК РФ. Поставленные цели и задачи полностью решены. Отмечено большое значение исследований для научной области и практическая значимость полученных результатов.

Результаты проведенных исследований опубликованы в виде печатных работ в журналах, входящих в перечень ВАК, а также доложены на конференциях.

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 - 14 Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а ее автор, Мостяев Игорь Владимирович, 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, профессор кафедры 1101 «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»



Сергей Яковлевич Бецофен
«26» 11 2024 г.

(научная специальность 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»)

Почтовый адрес: 125993, Москва, Волоколамское шоссе, д. 4

E-mail: mai@mai.ru

тел. + 7 (499) 158-40-20

Подпись Бецофена С.Я. удостоверяю

Зам.нач. Управления по работе с университетами

