

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 31.1.002.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»
НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ (НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ» -
ВИАМ), РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «23» декабря 2024 г. № 9

О присуждении Мостяеву Игорю Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование влияния технологических параметровковки, штамповки и термической обработки на структуру, фазовый состав и уровень свойств деформированных полуфабрикатов из жаропрочного магниевого сплава марки ВМД16» по специальности 2.6.1.- «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» принята к защите «23» октября 2024 г. (протокол заседания № 7) диссертационным советом 31.1.002.01, созданным на базе федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Российская Федерация, 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 17, приказ Минобрнауки России от 24.10.2022 г. № 1363/нк «О выдаче разрешения на создание совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук на базе федерального государственного предприятия «Всероссийский научно-

исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Соискатель Мостяев Игорь Владимирович, 31 декабря 1988 года рождения, в 2011 г. окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «МАТИ» - Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского» по специальности «Металлургия сварочного производства».

Свидетельство об окончании аспирантуры № 107724 000103, регистрационный номер 2024/1 от 26 июля 2024 года выданный федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г. Москва.

Мостяев Игорь Владимирович с 2014 г работает в НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ в лаборатории № 624 «Магниево-литиевые и литейные алюминиевые сплавы», с октября 2021 г. и по настоящее время в должности ведущего инженера.

Диссертация выполнена в лаборатории № 624 «Магниево-литиевые алюминиевые сплавы» федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Правительство Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Волкова Екатерина Федоровна, главный научный сотрудник лаборатории № 624 «Магниево-литиевые алюминиевые сплавы» федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Правительство Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

- Бецофен Сергей Яковлевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры 1101 «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»;

- Лукьянова Елена Александровна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории «Металловедения цветных и легких металлов им. академика А.А. Бочвара» федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова» Российской академии наук, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – открытое акционерное общество «Всероссийский институт легких сплавов» в своем положительном отзыве, подписанном И.о. главного технолога, кандидатом технических наук Снегиревой Ларисой Анатольевной, начальником лаборатории металловедения и технологии легких сплавов, доктором технических наук Захаровым Валерием Владимировичем и утвержденном генеральным директором Чечулиным Дмитрием Михайловичем указала, что в работе Мостяева Игоря Владимировича решена важная актуальная и перспективная задача по исследованию влияния технологических параметровковки, штамповки и термической обработки на структуру, фазовый состав и уровень свойств деформированных полуфабрикатов из жаропрочного магниевого сплава марки ВМД16, в рамках которой были разработаны и освоены технологии производства полуфабрикатов из деформируемого магниевого сплава ВМД16.

По научному уровню, полученным результатам и оформлению диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, 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».

Соискатель имеет 48 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ и 1 патент РФ.

В опубликованных работах содержатся основные научные и практические результаты, изложенные в диссертационной работе соискателя. Все работы выполнены в соавторстве, личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в постановке задач, проведении экспериментальных исследований, сборе и интерпретации данных, разработке научно-технической документации.

Наиболее значительные работы:

1. Волкова Е.Ф., Мостяев И.В., Акинина М.В., Филонова Е.В., Алиханян А.А. Исследование закономерностей влияния термической обработки на структуру, фазовый состав и механические свойства среднегабаритных поковок из жаропрочного магниевого сплава системы Mg-Zn-Zr-PЗЭ // Авиационные материалы и технологии. 2024. № 1. С. 13 - 26. DOI: 10.18577/2307-6046-2024-0-1-13-26

2. Акинина М.В., Мостяев И.В., Волкова Е.Ф., Алиханян А.А. Исследование влияния легирующих элементов на температурный порог воспламенения и огнестойкость деформируемого магниевого сплава марки ВМД16 // Авиационные материалы и технологии. 2022. № 3(68). С. 60 – 74. DOI: 10.18577/2713-0193-2022-0-3-60-74

3. Волкова Е.Ф., Мостяев И.В., Акинина М.В. О природе жаропрочности деформируемого магниевого сплава системы Mg-Zn-Zr-PЗЭ // Металловедение и термическая обработка металлов. 2021. № 4 (790).С. 21-27. DOI: 10.30906/mitom.2021.4.21-27.

Публикации, индексируемые базами Web of Science и Scopus:

4. Volkova E.F., Mostyaev I.V., Akinina M.V., Alikhanyan A.A. Effect of high – temperature heating on the structure phase composition, and properties of small stampings made of a VMD16 magnesium alloy // Russian metallurgy (Metally). 2021. Vol. 2021. №11. P. 1402-1408. DOI: 10.1134/S0036029521110112

5. Volkova E.F., Mostyaev I.V., Akinina M.V. Natyre of high-temperature strength of deformed magnesium alloy of the Mg-Zn-Zr-REE system // Metall Science and Heat Treatment. 2021. Vol. 63. Issue 3-4. P. 190-196. DOI:10.1007/s11041-021-00669-7

6. Volkova E.F., Mostyaev I.V. Effect of some impurities on the structure, the phase composition, and the properties of magnesium alloys containing rare-earth elements // Russian metallurgy (Metally). 2018. Vol. 2018. Issue 1. P. 56-62. DOI: 10.1134/S0036029518010135

7. Volkova E.F., Duynova V.A., Mostyaev I.V. Effect of the phase composition on the properties of a complex magnesium alloy at temperatures from - 70 to +300 °C // Russian metallurgy (Metally). 2017. Vol. 2017. Issue 9.P. 718-723. DOI:10.1134/S0036029517090154.

В ходе выполнения диссертационной работы получен патент на изобретение:

- Патент 2598424 Российская Федерация, МПК:C22F 1/06 Способ обработки магниевых сплавов / Каблов Е.Н., Волкова Е.Ф., Дуюнова В.А., Мостяев И.В.; заявитель и правообладатель ФГУП «ВИАМ» 2015121084/02 заявл. 03.06.2015; опубл. 27.09.2016, бюл. №27.;

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв на диссертацию ведущей организации – открытое акционерное общество «Всероссийский институт легких сплавов». Отзыв подписан и.о. главного технолога, кандидатом технических наук Снегиревой Ларисой Анатольевной, начальником лаборатории металловедения и технологии легких сплавов, доктором технических наук Захаровым Валерием Владимировичем, и утвержден генеральным директором Чечулиным Дмитрием Михайловичем.

Отзыв рассмотрен и утвержден на научно-техническом совете ОАО «ВИЛС», протокол №2024/03 от 04.12.2024 г. Отзыв положительный.

Имеются замечания:

- соискатель правильно сформулировал название работы, которое точно отражает ее суть, но оно слишком громоздкое. Можно сократить название, например, так: «Исследование влияния технологических параметров производства на структуру и свойства кованных полуфабрикатов из сплава ВМД16»;

- настоящая диссертационная работа целиком и полностью посвящена одному из самых лучших отечественных магниевых жаропрочных сплавов ВМД16. Однако в литературном обзоре соискатель уделил сплаву ВМД16 недопустимо мало внимания. Из обзора не вытекает актуальность, необходимость и перспективность изучения и освоения сплава ВМД16;

- стр. 5, предпоследний абзац: «Деформированные полуфабрикатов из магниевых сплавов характеризуются существенной анизотропией механических свойств, которая представляет значительную опасность. Ее можно, условно, разделить на кристаллическую (гомогенную) и гетерогенную (волокнистую, строчечную)». Последняя фраза неудачная. Следовало бы написать, например, так: «Причиной появления анизотропии является текстура - кристаллографическая (гомогенная), создаваемая предпочтительной

ориентацией кристаллической решетки матрицы и металлографическая (гетерогенная), возникающая вследствие предпочтительной ориентации зеренной структуры и частиц избыточных фаз». В работе не представлены структура и механические свойства деформированных полуфабрикатов в высотном направлении;

- заключение, п.3. Изменение механических свойств полуфабрикатов в процессе длительной выдержки при 200 °С происходит не только вследствие растворения интерметаллидных фаз, содержащих Zn, Y и La, но и из-за их коагуляции;

- как известно, одна из серьезных проблем магниевых сплавов – это низкая коррозионная стойкость. К сожалению, в работе мало внимания уделяется этой важной проблеме;

- в практической значимости работы отмечено, что на основании проведенных исследований была разработана нормативная документация (ТР, изменения к ТР) на ковку и штамповку сплава ВМД16, в которой обычно содержатся параметры полного цикла изготовления поковок и штамповок, включая изготовление промежуточной прессованной заготовки. При этом в самой работе результаты таких исследований не представлены.

2. Отзыв на диссертацию официального оппонента - Бецофена Сергея Яковлевича, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры 1101 «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». Отзыв положительный.

Имеются замечания:

- в разделе 3.3.4.2 целесообразно было бы указать обоснование выбора температуры старения составляющей 200° С при указанном времени выдержки;

- в названии раздела 3.3 «Исследование влияния технологических параметров деформации и последующей термообработки на структуру, фазовый состав и механические свойства кованных поковок массой 10 кг из сплава ВМД16» описываются исследования, проведенные на поковках 10 и 22 кг. По-видимому, имеет место техническая ошибка;

- 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;

- 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, это не так, возможно, это связано с неоднородностью по толщине (рис.3.20), тогда нужен комментарий, которого нет;

- 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.

3. Отзыв на диссертацию официального оппонента - Лукьяновой Елены Александровны, кандидата технических наук, старшего научного сотрудника

лаборатории «Металловедения цветных и легких металлов им. академика А.А. Бочвара», федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова» Российской академии наук. Отзыв положительный.

Имеются замечания:

- в диссертации практически не представлены результаты оптической металлографии, которые совместно с растровой электронной микроскопией визуально позволили бы лучше оценить микроструктуру сплава, включающую границы зерен магниевого твердого раствора, их форму, размер, внутреннее строение, а также особенности эвтектики и интерметаллидных фаз;

- диссертантом не в полной мере использованы возможности программного обеспечения статистического анализа микроструктуры, описанного в главе 2, предполагающего не только качественную, но и количественную оценку элементов структуры, их распределения и изменения в результате рассматриваемых режимов деформации и термической обработки;

- глава 3.3.4.1 посвящена исследованию влияния отжига на структуру и механические свойства поковок сплава ВМД16, однако не исследованы особенности протекания процессов рекристаллизации;

- в таблице 3.14 указаны режимы с охлаждением в воду с температурой 80 °С. Отсутствует обоснование выбора данной температуры.;

- при анализе методом просвечивающей микроскопии не приводится ни одной электронной микродифракции, дающей представление о тонкой структуре;

- при исследовании влияния термической обработки старением не проанализирован распад магниевого твердого раствора, сопровождаемый выделением метастабильных фаз, о наличии которых могут свидетельствовать специфические дифракционные картины;

- в работе отсутствуют исследования влияния параметров деформации и термической обработки на показатели коррозионной стойкости, которые являются важной характеристикой для магниевых сплавов;

Указанные замечания не уменьшают значимости работы и не снижают положительную оценку диссертации в целом.

Отзывы на автореферат:

1. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», подписан заведующим кафедрой обработки металлов давлением, доктором технических наук, доцентом Ерисовым Ярославом Алексеевичем и профессором кафедры обработки металлов давлением, академиком РАН, доктором технических наук, профессором Гречниковым Федором Васильевичем.

Имеются замечания:

- на странице 12 автореферата указано, что отсутствует анизотропия по пределу прочности и текучести. Однако далее говорится о наличии высотной текстурной неоднородности, которая не может не приводить к анизотропии свойств. Необходимо пояснить данное противоречие;

- на странице 15 автореферата заявлено, что «Имеет место снижение анизотропии». Однако, исходя из данных, приведенных в таблице 5 наблюдается уменьшение свойств в пределах погрешности.

2. Публичное акционерное общество «Авиационный комплекс им. С.В. Ильюшина», подписан заместителем главного конструктора ПАО «ИЛ» по технологичности Куликовым Владимиром Вячеславовичем.

Имеется замечание: представленные результаты стендовых испытаний деталей поковок подтверждают их высокий уровень прочности, однако не раскрывают потенциал материала, как жаропрочного. Это могло бы повысить практическую ценность исследования.

3. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический

университет», подписан доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Материаловедение», Овчинниковым Виктором Васильевичем.

Имеются замечания:

- в работе отсутствуют исследования свариваемости разработанных полуфабрикатов из сплава ВМД16, а также какими видами сварки сваривается исследуемый материал;

- в таблицах механических свойств полуфабрикатов, кроме таблицы №4 не указано при каких температурах проводились испытания;

- на рисунке «11 в» неверно указана температура нагрева.

4. Акционерное общество «Машиностроительное конструкторское бюро» «Факел» имени академика П.Д. Грушина, подписан главным металлургом Даниловым Сергеем Александровичем.

Имеются замечания:

- в автореферате не указано каким образом определена температура окончанияковки поковки;

- недостаток экспериментальных сравнительных данных по огневым характеристикам кованных полуфабрикатов: Рекомендуется добавить больше данных о пожарной безопасности и огневых характеристиках, в сравнении с серийными магниевыми сплавами, чтобы оценить потенциальные риски и перспективы использования магниевых сплавов в различных отраслях.

5. АО «НИКИМТ – Атомстрой» (Предприятие Госкорпорации Росатом), подписан заместителем начальника управления, кандидатом технических наук Гранкиным Александром Константиновичем. Имеются замечания:

- в автореферате отсутствуют исследования влияния параметров деформации и термической обработки на устойчивость поковки и штамповки из магниевого сплава ВМД16 к коррозии, что является критически важным аспектом для применения в различных условиях эксплуатации;

- автором проведен большой объем работ по изучению структуры, механических свойств поковки и штамповки из магниевого сплава ВМД16,

однако для практического применения разработанных материалов, отсутствуют данные по их свариваемости. Как пожелание, рекомендуется продолжать работы в данном направлении.

6. Закрытое акционерное общество «Интехмаш», подписан генеральным директором, доктором технических наук Панаевым Василием Григорьевичем.

Имеются замечания:

- в автореферате отсутствует информация о технологии получения исходных заготовок из сплава ВМД16 для дальнейшей деформации;

- в автореферате на рисунке 15 представлен внешний вид штамповки детали после химического оксидирования, однако в тексте не указано по какой технологии оно проводилось.

7. Публичное акционерное общество «Каменск-Уральский металлургический завод», подписан директором по производству, кандидатом технических наук Разинкиным Александром Викторовичем.

Имеются замечания:

- в автореферате и отсутствуют сведения о времени выдержки при нагреве под деформацию и рекомендуемых способах защиты (покрытий для длительного хранения) полуфабрикатов из магниевого сплава ВМД16, что позволило бы еще больше усилить практическую составляющую исследований;

- в автореферате в описании к Таблице 3 не указано из каких мест поковки отбирались образцы для испытаний. Также в описании к Рисунку 8 не указан уровень механических свойств реальный или предполагаемый на разной толщине поковки.

Все отзывы носят положительный характер. В отзывах отмечено, что диссертационная работа является завершенной, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой в области исследования полуфабрикатов из деформируемых магниевых сплавов. Работа соответствует требованиям и критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней»,

утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, предъявленным к диссертациям на соискание степени кандидата наук, 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.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

- доктор технических наук, профессор, профессор кафедры 1101 «Технологии и системы автоматизированного проектирования металлургических процессов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Бецофен Сергей Яковлевич, является ведущим ученым в области легких сплавов, в том числе и магниевых, а также автором более 200 научных трудов. Под руководством и при непосредственном участии Бецофена С.Я. выполнен колоссальный объем научно-исследовательских работ в рамках конкурсов РНФ, РФФИ, в том числе в рамках международных коопераций, направленных на исследование микроструктур, текстур и свойств легких сплавов. Бецофен С.Я. является автором количественных методов оценки фазового состава сплавов на основе алюминия, титана и магния для корректировки их химического состава и оптимизации технологических процессов деформации, термообработки и сварки. Помимо этого Бецофен С.Я. имеет большой объем исследований в области исследований структуры, фазового состава, текстуры магниевых сплавов и влияния их на механических и коррозионные характеристики;

- кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории «Металловедения цветных и легких металлов им. академика А.А. Бочвара» федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт

металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова» Российской академии наук Лукьянова Елена Александровна, автор более 150 научных трудов, является одним из ведущих ученых в области материаловедения деформируемых магниевых сплавов. Основным направлением деятельности Лукьяновой Е.А. являются разработка и исследование магниевых сплавов легированных редкоземельными металлами для повышения эксплуатационных характеристик. При непосредственном участии Лукьяновой Е.А. проведен большой объем научно-исследовательских работ, посвященных разработке и исследованию деформируемых магниевых сплавов. Лукьянова Е.А. активно принимает участие в научных конференциях;

- открытое акционерное общество «Всероссийский институт легких сплавов» является одним из старейших ведущих предприятий в России в области исследований, разработок и производства легких сплавов и полуфабрикатов из них для нужд авиационной и ракетно-космической и других отраслей промышленности.

Список основных публикаций сотрудников ведущей организации за последние 5 лет:

1. Захаров В.В. О развитии идей В.И. Добаткина в области структурного упрочнения алюминиевых сплавов // Технология легких сплавов. 2020. № 1. С. 7–14.

2. Захаров В.В., Филатов Ю.А., Фисенко И.А. Легирование алюминиевых сплавов скандием // Металловедение и термическая обработка металлов. 2020. № 8. С. 31–36.

3. Захаров В.В. Неравновесная растворимость переходных металлов в алюминиевых сплавах // Технология легких сплавов. 2021. № 2. С. 6–11.

4. Захаров В.В. Алюминиевые сплавы для аддитивных технологий // Металловедение и термическая обработка металлов. 2021. № 5. С. 3–8.

5. Захаров В.В., Филатов Ю.А. Современные тенденции развития алюминиевых сплавов, легированных скандием // Технология легких сплавов. 2022. № 3. С. 9–18.

6. Захаров В.В., Фисенко И.А., Кунявская Т.М. Принципы создания сплавов на основе алюминия, экономнолегированных скандием // Металловедение и термическая обработка металлов. 2024. № 5. С. 38–42.

7. Захаров В.В. Легирование промышленных алюминиевых сплавов скандием // Металловедение и термическая обработка металлов. 2024. № 6. С. 18–23.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- впервые определен фазовый состав и структура кованных и штампованных полуфабрикатов из сплава ВМД16, обеспечивающие не только повышение механических свойств, но и температуры воспламеняемости;

- выявлено наличие нанодисперсных фаз LPSO в структуре материала полуфабрикатов из магниевого сплава ВМД16, полученных ковкой и штамповкой во всем исследованном интервале температур и обеспечившие повышение уровня механических свойств сплава;

- установлено, что понижение временного сопротивления и предела текучести при комнатной температуре поковок из сплава ВМД16 в продольном и поперечном направлении после закалки и последующей длительной (до 120 ч) выдержки при температуре 200 °С обусловлено, соответственно, растворением в магниевом твердом растворе интерметаллидных фаз, содержащих цинк, иттрий и лантан, и перераспределением нанодисперсных LPSO-фаз между слоями текстурных компонентов;

- разработаны технологические параметрыковки и штамповки полуфабрикатов из магниевого сплава марки ВМД16;

- впервые получены температуры воспламенения кованных и штампованных полуфабрикатов из магниевого сплава ВМД16, превышающие

более чем на 350°C таковые серийных деформируемых магниевых сплавов за счет образования на поверхности полуфабрикатов из сплава ВМД16 термостойкого защитного слоя на основе оксида иттрия.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- установленные закономерности влияния технологических параметровковки, штамповки и термической обработки на структуру, фазовый состав, механические свойства и температуру воспламенения деформированных полуфабрикатов из сплава ВМД16 могут быть использованы при разработке новых технологий деформации крупногабаритных полуфабрикатов из магниевых сплавов и создании новых высокопрочных и жаропрочных магниевых деформируемых сплавов системы Mg-Zn-Zr-PЗМ (Y, La, Nd) и разработке технологий производства полуфабрикатов из них.

Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что:

- определены температурно-скоростные параметры деформации магниевого сплава ВМД16 при изготовлении штампованных и кованных полуфабрикатов и режимы их термической обработки, обеспечивающие достижение требуемых прочностных характеристик;

- разработаны режимы термической обработки кованных и штампованных полуфабрикатов из магниевого сплава ВМД16, обеспечившие достижение требуемого высокого уровня их прочностных и пластических характеристик;

- разработанные технологии изготовления кованных и штампованных полуфабрикатов из магниевого сплава ВМД16 оформлены комплектом нормативной документации: (ТУ 1-804-546-2014 «Поковки из сплава марки ВМД16» литера О₁, Изменение № 1 к ТР 1.2.2349-2014 «Изготовление поковок из сплава ВМД16», Изменение № 1 к ТУ 1-804-546-2014 «Поковки из магниевого сплава ВМД16»; ТР 1.2.2907-2021 «Изготовление штамповок из жаропрочного магниевого сплава марки ВМД16», ТУ 1-804-602-2021 «Штамповки из магниевого сплава марки ВМД16» с литерой «О»);

- получен патент № 2598424 Российской Федерации «Способ обработки магниевых сплавов»;

- проведена общая квалификация (паспортизация) полуфабрикатов из магниевого сплава ВМД16, по результатам которой разработаны дополнение №1 и №2 к паспорту № 1889 на жаропрочный магниевый сплав марки ВМД16;

- определены характеристики воспламеняемости (горючесть) кованных и штампованных полуфабрикатов из магниевого сплава ВМД16. Установлена минимальная температур воспламенения сплава ВМД16, равная 812 °С;

- проведены стендовые испытания деталей полуфабрикатов из магниевого сплава ВМД16, по результатам которых получено «Заключение о возможности применения детали из сплава ВМД16 в составе системы внешней подвески (подкос) в перспективных изделиях вертолетной техники» и «Заключение о возможности применения поковок из сплава ВМД16 в перспективных изделиях вертолетной техники» от «НЦВ им. М.Л. Миля и Н.И. Камова».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- структурированность работы и последовательность подхода для решения поставленных задач, объем проведенных исследований и экспериментов обеспечивают достоверность и надежность результатов.

- при проведении исследований структуры и физико-механических свойств полуфабрикатов из сплава ВМД16, достоверность полученных результатов обеспечена применением аттестованного оборудования, современных стандартов и методик испытаний, а также большим объемом выполненных испытаний и исследований;

- полученные в результате исследований данные, коррелируются с научными теориями в области металловедения и термической обработки магниевых сплавов.

Личный вклад автора состоит в анализе литературных данных по теме исследования, постановке цели и задач исследования, планировании и проведении экспериментов, выборе методов исследования, разработке и

выборе температурно-скоростных параметров деформации полуфабрикатов, анализе результатов исследования (структуры, механических свойств) изготовленных полуфабрикатов из магниевого сплава ВМД16, разработке и оформлении нормативно-технической документации, подготовке публикаций и представлении результатов работы.

Мостяев И.В. непосредственно участвовал в разработке технологии изготовления полуфабрикатов, в том числе на промышленном предприятии ПАО «КУМЗ», разработке режимов термической обработки, а также разработке двух дополнений к паспорту. Кроме того, Мостяев И.В. участвовал в подготовке публикаций по результатам работы.

В ходе защиты диссертации были заданы вопросы и высказаны критические замечания:

1. Какие фазовые превращения происходят в образцах из сплава ВМД16 при температурах, указанных на кривой ДСК?

2. В заключении, во 2 выводе указано, что после проведения термической обработки по режимам T1 и T6 произошло снижение прочностных характеристик в продольном направлении, а в поперечном направлении наоборот произошло повышение характеристик прочности и снижение характеристик пластичности. Чем обусловлено такое разнонаправленное действие?

3. При повышении температуры технологическая пластичность увеличивается, однако характеристика при сжатии не изменяется, в чем причина? В чем физика процесса.

4. Как повлияет на воспламеняемость магниевых сплавов нанесение на них ЛКП?

5. Формулировка цели работы несколько некорректна: не рекомендуется начинать название и цель работы со слова «Исследование...», т.к. достаточно сложно определить достижение цели при выполнении работы.

6. Что происходит с LPSO-фазами под воздействием высоких температур?

1. Какая должна быть анизотропия свойств материала для применения его в составе пассажирских кресел?

Соискатель Мостяев И.В. согласился с замечаниями, высказанными в задаваемых вопросах в ходе обсуждения работы и в ответах на вопросы привел собственную аргументацию:

1. На кривой ДСК указано две температуры, 442 и 527 °С. При температуре 527 °С растворяются упрочняющие интерметаллидные фазы $Mg_{12}ZnY$ $Mg_{12}Nd$, $Mg_{12}La$, а температура 442 °С обуславливает температуру плавления легкоплавких эвтектических фаз.

2. В связи с тем, что процесс проведения термической обработки по режимам T1 и T6 предусматривает достаточно длительную выдержку, приводящую к активизации диффузионных процессов, и как следствие, к частичному растворению интерметаллидных фаз, содержащих Zn, Y и La по границам зерен, а также перераспределению текстурных компонентов, в продольном направлении имеет место снижение прочностных и повышение пластических свойств, при этом в поперечном направлении наблюдается увеличение прочностных свойств и заметное снижение характеристик пластичности. Данный эффект подтвержден проведенными механическими испытаниями в продольном и поперечном направлении.

3. Разница в поведении магниевого сплава при сжатии и растяжении связана с его кристаллографической гексагональной плотноупакованной решеткой и механизмами деформации (скольжение и двойникование), а также образованием дефектов решетки. При растяжении возникают условия для активации дополнительных механизмов пластической деформации, таких как двойникование, при сжатии же активируются механизм скольжения по ограниченному количеству плоскостей скольжения.

4. Касательно сплава ВМД16, можно предположить, что нанесение ЛКП должно повысить характеристики огнестойкости за счет образования на

поверхности материала дополнительной защитной пленки, препятствующей контакту материала с кислородом под воздействием пламени. =

5. С замечанием согласен. Замечание будет учтено при проведении дальнейших работ.

6. В LPSO-фазах под воздействием высоких температур происходит изменение содержания Y и Zn в пластинах фазы, а также меняется толщина этих слоёв.

7. Как показали проведенные расчеты и моделирование детали подлокотника пассажирского кресла, в штамповке детали из сплава ВМД16 допускается наличие анизотропии свойств не более 15%.

Соискатель указал, что все высказанные замечания будут учтены в своей дальнейшей научной работе.

В диссертационной работе все заимствованные фразы представлены со ссылками на их авторов или научно-технические источники.

На заседании «23» декабря 2024 г. диссертационный совет принял решение о том, что диссертация Мостяева И.В. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание степени кандидата технических наук, и принял решение присудить Мостяеву И.В. степень кандидата технических наук по специальности 2.6.1. – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» за исследование влияния технологических параметров деформации и термической обработки на структуру, фазовый состав и механические свойства и пожаробезопасность деформированных полуфабрикатов из жаропрочного магниевого сплава марки ВМД16 и разработку технологий изготовления деформированных полуфабрикатов из этого сплава.

