

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ОАО «ВИЛС»

Д.М. Чечулин



2024 г.

## ОТЗЫВ

Ведущей организации ОАО «Всероссийский институт легких сплавов» 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», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Магниевые сплавы представляют собой самый легкий конструкционный металлический конструкционный материал, что делает их перспективными и востребованными для использования в авиационной и ракетно-космической технике для повышения весовой эффективности изделий.

Развитие авиационной и космической отраслей непрерывно связано с улучшением технических и эксплуатационных характеристик, таких как

увеличение дальности полета, полезной нагрузки и безопасности эксплуатации.

Разработанный в НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ магниевый сплав ВМД16 является одним из лучших в мире жаропрочных магниевых сплавов. Использование этого сплава в авиационной технике позволит заметно снизить вес и повысить качество выпускаемых изделий. Все металловедческие и технологические работы посвященные исследованию структуры и свойств этого сплава и его практического использования, являются важными и актуальными. Представленная на отзыв диссертация относится к такого рода работам. Диссертационная работа Мостяева И.В. посвящена разработке и освоению технологии производства кованных полуфабрикатов из сплава ВМД16, изучению структуры и свойств полученных полуфабрикатов и безусловно является своевременной и актуальной.

Работа состоит из четырех завершенных последовательно изложенных и логически построенных разделов и описана на 153 страницах, содержащих 68 рисунков, 28 таблиц. Введение содержит актуальность исследований, научную новизну, положения, выносимые на защиту, личный вклад автора, практическую и теоретическую значимость работы, достоверность и апробацию работы.

Применение современных методов исследования, использование уникального оборудования, описанных во второй главе, масштабность и последовательность подхода для решения поставленных задач, большой объем проведенных исследований и экспериментов обеспечивают достоверность и надежность результатов.

Исследовательская часть диссертационной работы включает в себя важные и интересные результаты.

В настоящей работе на основании выявленных закономерностей влияния деформационных и температурных факторов на структуру и свойства разработана технология производства кованных полуфабрикатов из сплава

ВМД16. Получены поковки с малой анизотропией свойств со следующим высоким уровнем свойств:

$\sigma_B = 320/290$  МПа,  $\sigma_{0,2} = 245/225$  МПа,  $\delta = 12,5/11,5$  % (числитель – свойства в продольном направлении, знаменатель – в поперечном).

Выяснена природа и дано объяснение получению столь высоких механических свойств и причинам их малой анизотропии.

Научно обоснован выбор температурно-скоростных параметров и схем деформации заготовок при получения среднегабаритных и малогабаритных поковок и штамповок из магниевого сплава марки ВМД16, обеспечивающих высокий уровень свойств при растяжении и сжатии, в сочетании с низкой анизотропией свойств.

Исследовано влияние различных видов термической обработки (отжиг, старение, закалка и старением) на структуру и механические свойства кованных и штампованных полуфабрикатов из магниевого сплава.

Установлено, что для кованных полуфабрикатов из этого сплава старение при выдержках до 120 часов при температуре 200 °С происходит смещение более высокого уровня прочностных свойств с продольного на поперечное направление волокна поковки. Закалка усиливает этот эффект.

Определены температуры воспламенения полуфабрикатов из сплава ВМД16, которые существенно превышают температуры воспламенения существующих магниевых сплавов. Выявлены причины столь высоких температур воспламенения.

В диссертационной работе также описаны результаты квалификационных испытаний разработанных полуфабрикатов, таких как паспортизация и стендовые испытания.

**К наиболее значимым научным результатам диссертационной работы можно отнести:**

1. Установлены закономерности влияния технологических параметров деформации (температура нагрева заготовок и инструмента) и схемы деформации на структуру и основные механические свойства (временное

сопротивление при растяжении, предел текучести при растяжении и сжатии, относительное удлинение) кованных и штампованных полуфабрикатов из жаропрочного магниевого сплава ВМД16.

2. Установлены особенности влияния термической обработкой с учетом температурно-временных параметров деформации на структуру, фазовый состав и физико-механические характеристики (временное сопротивление при растяжении, предел текучести при растяжении и сжатии, относительное удлинение) кованных полуфабрикатов из сплава ВМД16.

3. Получены результаты испытаний кованных и штампованных полуфабрикатов из сплава ВМД16, полученных по рекомендуемым режимам деформации и термической обработки.

**К практической значимости** проведенных исследований можно отнести:

1. Разработка технологий изготовления кованных и штампованных полуфабрикатов, обеспечивающих получение бездефектных полуфабрикатов с высоким уровнем свойств.

2. Разработка режимов термической обработки полуфабрикатов позволяющих повысить некоторые характеристики материала.

3. Проведение общей квалификации, выпуск двух дополнений к паспорту на сплав ВМД16, без которых материал не может эксплуатироваться в авиационной отрасли. Разработка комплекта нормативно-технической документации для изготовления и поставки кованных и штампованных полуфабрикатов из сплава ВМД16.

4. Установление температур воспламенения и времени остаточного горения кованных и штампованных полуфабрикатов из сплава ВМД16.

5. Проведение специальной квалификации разработанных полуфабрикатов в виде стендовых испытаний на АО «НЦВ Миль и Камов» с получением заключений о возможности применения деталей из полуфабрикатов сплава ВМД16.

**Научная ценность работ соискателя** заключается в получении информации о структурно-фазовом составе и уровне механических характеристик деформируемого магниевого сплава ВМД16 после проведенияковки и штамповки; установлении явления смещения высокого уровня прочностных свойств с продольного на поперечное направление после проведения определенной термической обработки. Отдельно необходимо отметить важную часть работы по установлению температуры воспламенениякованных и штампованных полуфабрикатов из исследуемого сплава.

Основные результаты работы подробно изложены в 10 печатных работах в рецензируемых изданиях, в том числе 3 работах, рекомендованных ВАК РФ, а также освещены на научно-технических конференциях.

По представленной диссертационной работе сделаны следующие замечания:

1. 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».

2. 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.

3. Стр. 5, предпоследний абзац: «Деформированные полуфабрикаты 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 зёрненной структуры и частиц избыточных фаз». В работе не представлены структура и механические свойства деформированных полуфабрикатов в высотном направлении.

4. 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.

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

6. 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.

Приведенные замечания не снижают научной значимости и практической ценности диссертационной работы и не уменьшают ее положительной оценки.

Написанная на высоком научно-техническом уровне диссертационная работа Мостяева Игоря Владимировича является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п. 9 - 14 Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней».

Автор диссертационной работы достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Настоящий отзыв на диссертационную работу Мостяева И.В. на тему «Исследование влияния технологических параметровковки, штамповки и термической обработки на структуру, фазовый состав и уровень свойств деформированных полуфабрикатов из жаропрочного магниевого сплава марки ВМД16» заслушан, обсужден и утвержден на научно-техническом совете ОАО «ВИЛС» (протокол № 2024/03 от 04 декабря 2024 г.). Принято единогласно.

Лица, подписавшие отзыв, выражают свое согласие на включение своих персональных данных в аттестационное дело соискателя Мостяева И.В. и их дальнейшую обработку.

И.о. главного технолога, кандидат технических наук  Л.А. Снегирева  
04.12.24

Начальник лаборатории металловедения и технологии

легких сплавов, доктор технических наук 

В.В. Захаров

04.12.2024

**Наименование организации:** Открытое акционерное общество «Всероссийский институт легких сплавов» (ОАО «ВИЛС»)

**Адрес:** 121596, г. Москва, Ул. Горбунова, д.2.

**e-mail:** info@oaovils.ru

**Тел.:** +7(495)287-74-00

**Сайт:** www.oaovils.ru