

ОТЗЫВ

официального оппонента Лукьяновой Елены Александровны
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

1. Актуальность темы и направления исследований диссертации.

Магниевые сплавы как наиболее легкие металлические конструкционные материалы, обладающие хорошей свариваемостью, отличной обрабатываемостью резанием, представляют значительный интерес для авиационной и ракетно-космической промышленности.

Проектирование и разработка новых перспективных изделий приводят к необходимости разрабатывать новые материалы, которые могут обеспечить высокий уровень эксплуатационных свойств деталей.

Сплавы системы Mg-Zn-Zr-PЗМ являются одними из наиболее подходящих для этого. К данной системе относится сплав ВМД16, разработанный в НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ. Основные механические, технологические, коррозионные характеристики, а также температурный порог воспламенения металлического материала напрямую зависят от структуры и фазового состава, которые в свою очередь определяются технологическими параметрами деформации.

В связи с этим диссертационная работа Мостяева И.В., посвященная исследованию влияния технологических параметровковки, штамповки и термической обработки на структуру, фазовый состав и уровень свойств деформированных полуфабрикатов из жаропрочного магниевого сплава марки ВМД16 из них актуальна и представляет значительный научный и практический интерес.

2. Общая характеристика диссертационной работы

Диссертационная работа объемом 153 страницы представлена 5 разделами, включающими 68 рисунков, 28 таблиц, общие выводы и список литературы, состоящий из 157 наименований. Всего опубликовано 10 печатных работ, из которых 3 – в журналах, рецензируемых и рекомендованных ВАК, и 1 патент на изобретение.

В первой главе автор привел анализ механизмов деформации магния: скольжение и двойникование. Изучены сплавы с LPSO-структурой и

механизмы деформации в этих сплавах. Представлены различные виды Kink-деформации в сплавах с LPSO-структурой.

Рассмотрены основные технологические особенностиковки и штамповки магниевых сплавов, скорости и температуры деформации.

Кроме того, рассмотрены особенности термической обработки сплавов на основе магния и полуфабрикатов из них.

Рассмотрены причины, влияющие на температуру воспламеняемости магниевых сплавов, приведены температуры возможного загорания изделий из литейных и деформируемых серийных магниевых сплавов.

Во второй главе описаны материалы и методы исследования, включающие проведение металлографических исследований, исследований прочностных, огневых других характеристик.

В третьей главе представлены научные результаты исследования влияния технологических параметровковки, штамповки и термической обработки на структуру, фазовый состав и уровень свойств полуфабрикатов из жаропрочного магниевого сплава марки ВМД16.

В первом разделе третьей главы исследованы характеристики пластичности и проведен выбор температурных режимов деформации исходных (прессованных) заготовок из сплава ВМД16. Установлен температурный интервал деформации исходных (прессованных) заготовок сплава ВМД16.

Во втором разделе третьей главы проведен анализ температурных режимов изготовления экспериментальных поковок из сплава ВМД16, а также их структуры и механических свойств. Изучены структура, фазовый состав и механические свойства экспериментальных поковок в интервале температур 370 - 440 °С.

В третьем разделе третьей главы представлены исследования влияния технологических параметров деформации и последующей термообработки на структуру, фазовый состав и механические свойства среднегабаритных и малогабаритных поковок из сплава ВМД16. Изучены различные схемы и режимы деформации поковок, их структура, фазовый состав и механические свойства. Представлены результаты рентгеноструктурного анализа малогабаритных поковок. Доказано, что применение режима закалки с последующим старением по исследуемым режимам вызывает снижение прочностных свойств, повышение характеристик пластичности в продольном направлении и резкое увеличение прочности в поперечном направлении при одновременном снижении пластичности.

В четвертом разделе третьей главы представлены исследования влияния технологических параметров деформации и последующей термообработки на структуру, фазовый состав и механические свойства штампованных полуфабрикатов из сплава ВМД16. По результатам проведенных исследований выбраны температурно-скоростные параметры штамповки, а также параметры режима термической обработки штамповки из сплава ВМД16.

В пятом разделе третьей главы представлены результаты определения огневых характеристик кованных и штампованных полуфабрикатов из сплава ВМД16, а также исследования структуры образцов после воздействия пламени. Показано, что под воздействием высокой температуры происходит диффузия магния и иттрия к поверхности, на которой образуется термостойкий оксидный слой, состоящий из смеси оксидов иттрия и других легирующих элементов, значительно повышающие порог воспламеняемости сплава. Установлена минимальная температура воспламенения образцов, вырезанных из разработанных полуфабрикатов.

Четвертая глава описывает проведенную общую квалификацию (паспортизацию) разработанных на основе проведенных исследований деформированных полуфабрикатов из магниевого сплава ВМД16.

В пятой главе представлена практическая реализация полученных в работе результатов: представлена методология проведения стендовых испытаний деталей, изготовленных из разработанных полуфабрикатов. По результатам проведенных испытаний получены «Заключение о возможности применения детали в составе системы внешней подвески (подкос) из сплава ВМД16 в перспективных изделиях вертолетной техники» и «Заключение о возможности применения поковок из сплава ВМД16 в перспективных изделиях вертолетной техники» от АО «НЦВ Миля и Камова».

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

Наиболее значимыми научными результатами выполненной работы являются: исследование структуры и фазового состава во всех рассмотренных состояниях для кованных и штампованных полуфабрикатов из магниевого сплава ВМД16 системы Mg-Zn-Zr-PЗМ; изучение морфологии и топологии наноразмерных LPSO-фаз в материале. Наряду с этим выявлена природная особенность кованных полуфабрикатов из сплава ВМД16 системы Mg-Zn-Zr-PЗМ, заключающаяся в том, что при длительных выдержках до 120 часов при температуре 200 °С происходит снижение прочностных характеристик в долевом направлении с одновременным увеличением в поперечном.

Кроме того, установлена минимальная температура воспламенения исследованных полуфабрикатов из магниевого сплава ВМД16, составляющая $T_{\text{мин}} \geq 812$ °С. Анализ результатов проведенных исследований показал, что высокий порог воспламенения достигается за счет присутствия интерметаллидных соединений, содержащих цинк, иттрий, лантан и неодим, и благодаря образованию оксидов легирующих элементов, в том числе иттрия Y_2O_3 , на поверхности материала в процессе горения.

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

4. Практическая значимость полученных результатов

Наиболее значимыми с практической точки зрения результатами являются разработанные технологии изготовления кованных и штампованных полуфабрикатов и режимы их термической обработки, обеспечивающие необходимый уровень характеристик прочности и пластичности для применения в изделиях авиационной техники.

Разработанный и оформленный комплект нормативно-технической документации, а также проведенная общая квалификация, выпущенные дополнения к паспорту сплав ВМД16, позволят применять кованные и штампованные полуфабрикаты в изделиях авиационной техники.

Определены температура воспламенения и время остаточного горения образцов из разработанных материалов, что позволит расширить сферу их применения.

Детали, изготовленные из разработанных кованных полуфабрикатов, прошли стендовые испытания на АО «НЦВ Миля и Камова» и получили заключения о возможности применения в перспективных изделиях вертолетной техники.

5. Список замечаний по диссертации

1. 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.

2. 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.

3. Глава 3.3.4.1 посвящена исследованию влияния отжига на структуру и механические свойства поковок сплава ВМД16, однако не исследованы особенности протекания процессов рекристаллизации.

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

5. При анализе методом просвечивающей микроскопии не приводится ни одной электронной микродифракции, дающей представление о тонкой структуре.

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

7. В работе отсутствуют исследования влияния параметров деформации и термической обработки на показатели коррозионной стойкости, которые являются важной характеристикой для магниевых сплавов.

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

6. Заключение

Представленная диссертационная работа, написанная Мостяевым И.В., имеет высокий научный уровень, является законченной, логически выстроенной работой, содержащей новые научно обоснованные результаты и разработки в области деформируемых магниевых сплавов, имеющих важное практическое значение для авиационной отрасли. Публикации отражают результаты, представленные в диссертации. Высокий научный уровень подтверждается современными методами исследования, анализа, применением уникального оборудования.

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 - 14 Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней». Автор диссертационной работы Мостяев Игорь Владимирович заслуживает присуждения степени кандидата технических наук по специальности 2.6.1 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории «Металловедения цветных и легких металлов им. академика А.А. Бочвара», ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН).

Научная специальность 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Лукьянова Елена Александровна

Подпись Лукьяновой Е.А. удостоверяю:
Ученый секретарь ИМЕТ РАН, к.т.н.

«22» ~~август~~ 2024г.



Фомина О.Н.

Адрес: 119334, Москва, Ленинский проспект, д. 49
тел. + 7 (499) 135-20-60
E-mail: imet@imet.ac.ru