

## ОТЗЫВ

Официального оппонента кандидата технических наук,  
Овсянникова Бориса Владимировича

на диссертацию Авдюхиной Анастасии Алексеевны  
«Исследование параметров технологии производства, структуры,  
механических свойств прессованных полуфабрикатов из гранулированных  
магниевого сплава МА2-1 и МА14», представленной на соискание ученой  
степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 –  
«Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов»

### **Актуальность работы.**

Прогресс различных отраслей техники, в первую очередь аэрокосмической отрасли и транспортного машиностроения, за последние годы усилил необходимость создания новых конструкционных материалов, обладающих повышенной удельной прочностью и малым весом. Применяемые в настоящее время в серийном производстве высоколегированные алюминиевые сплавы при использовании в высоконагруженных деталях не в полной мере удовлетворяют требованиям, предъявляемым к ним. Снижение веса изделий актуально с точки зрения экономии материала при одновременном повышении топливной эффективности и улучшении эксплуатационных свойств. Поэтому магниевые сплавы чрезвычайно привлекательны из-за их малого веса, высокой удельной прочности и жесткости при комнатной и повышенных температурах. В то же время магниевые сплавы имеют ряд недостатков, таких как высокая анизотропия катаных и прессованных полуфабрикатов, низкие показатели прочности на сжатие и прежде всего предела текучести прессованных магниевых прутков, что в ряде случаев ограничивает их широкое применение. В магниевых сплавах анизотропия механических свойств обусловлена кристаллографической текстурой, в частности для листовых полуфабрикатов основной проблемой является интенсивная базисная текстура, которая формируется в сплавах магния практически при любых режимах деформации и обуславливает низкие технологические характеристики при обработке давлением.

Преодолеть недостатки магниевых сплавов можно на основе новых технологических процессов и новых технологий. Одной из таких технологий является получение полуфабрикатов из гранул магниевых сплавов, полученных методом высокоскоростной кристаллизации. С другой стороны важнейшей задачей для оптимизации технологии получения деформированных полуфабрикатов из магниевых сплавов в плане



корректировки текстуры является разработка простых и надежных методов оценки анизотропии прочностных свойств на основе количественных текстурных данных. На основании анализа научной литературы Авдюхина А.А., пришла к выводу о том, что разработка эффективных методов прессования профилей и труб из гранулированных заготовок может быть произведена с использованием экономичных магниевых сплавов МА2-1 и МА14, не содержащих дорогостоящих РЗМ. Рассмотренные в работе общие характеристики деформированных магниевых сплавов систем Mg-Al-Zn и Mg-Zn-Zr позволили автору разработать пути улучшения их свойств за счет применения гранульной технологии с использованием различных охлаждающих сред при литье гранул. В связи с этим, диссертационная работа Авдюхиной А.А., посвященная исследованию структуры и разработке опытно-промышленной технологии получения прессованных полуфабрикатов из гранулированных магниевых сплавов МА2-1 и МА14 с использованием методов быстрой кристаллизации, является очень актуальной.

**Структура и объём диссертации** соответствуют требованиям, предъявляемым к работам на соискание учёной степени кандидата технических наук. Введение содержит обоснование актуальности работы, сформулированы цель и задачи, приведена информация о научной новизне и практической значимости, достоверности и обоснованности результатов.

В первой главе диссертации сделан исчерпывающий обзор магниевых деформируемых сплавов, с металлургических позиций, показаны причины высокой анизотропии магниевых сплавов и пути её снижения. Сделан вывод, что наиболее перспективным направлением является использование быстрозакристаллизованных гранул для изготовления полуфабрикатов из магниевых деформируемых сплавов.

Вторая глава описывает материалы, на которых проводились исследования, и технологии получения гранул и прессованной заготовки. Описаны методы исследования полученных гранул и прессованных из них полуфабрикатов.

Третья глава посвящена исследованию быстрозакристаллизованных гранул. Исследовано влияние скорости охлаждения на количественные характеристики структурных составляющих сплавов МА2-1 и МА14, исследована кинетика выделения газовых примесей из магниевых сплавов.

В четвёртой главе представлены результаты исследования структуры механических свойств прессованных полуфабрикатов из гранулированных сплавов МА2-1 и МА14.

В пятой главе приведены результаты исследования текстуры прессованных прутков и труб из магниевых гранулированных сплавов.



### **Научная новизна работы:**

1. Экспериментально установлено, что поверхностный водород наиболее интенсивно выделяется в трех температурных интервалах 75, 250 и 400°C, не зависимо от марки сплава и способа получения гранул, выявлен механизм дегазации поверхностного водорода, включающий последовательность реакций в трех указанных интервалах температур.

2. Впервые для получения гранул в качестве охлаждающей среды использовали газообразный гелий, который обеспечил более высокую скорость кристаллизации по сравнению с жидким азотом за счет более высокой теплопроводности.

3. Предложена методика количественной оценки текстуры и обусловленной текстурой анизотропии с помощью обратных полюсных фигур и вычисления факторов Шмида для базисного скольжения.

4. На основе количественных текстурных данных установлено, что использование для прессования прутков из магниевых сплавов заготовки из гранул вместо заготовки из слитка позволяет снизить степень текстурированности прутков, повысить прочности прутков на сжатие в осевом направлении, при этом прочность на растяжение в поперечном направлении прутков из гранул ниже, чем прутков из слитка и эта разница снижается с увеличением степени вытяжки.

### **Практическая значимость работы:**

1. Разработан более эффективный и упрощенный метод изготовления прессованных полуфабрикатов – прессование непосредственно из насыпанных в контейнер гранул, позволяющий устранить операции компактирования и дегазации (бескапсульный метод).

2. Предложено применять при дегазации гранул ступенчатый отжиг с изотермическими выдержками при температурах наиболее интенсивного выделения водорода.

3. Разработана технологическая схема получения прессованных заготовок с пониженной интенсивностью призматической текстуры и повышенной прочностью на сжатие.

4. Предложен эффективный способ оценки вклада в анизотропию прочностных свойств текстуры на основе сопоставления коэффициентов текстурной и прочностной анизотропии.

**Достоверность результатов работы** подтверждается тем, что все основные научные выводы и рекомендации получены с использованием современных высокоэффективных приборов и установок на основе экспериментальных исследований структуры, текстуры, фазового состава и механических свойств магниевых сплавов. Обработка давлением и термическая обработка осуществлялась на оборудовании, обеспечивающим возможность контроля технологических параметров. Экспериментальные



результаты по характеристикам анизотропии механических свойств сплавов МА14 и МА2-1 хорошо согласуются с расчетными значениями, полученными из текстурных данных. Следует подчеркнуть, что практически вся экспериментальная часть работы выполнена диссертантом на полуфабрикатах и образцах, полученных в производственных условиях в цехах ОАО «ВИЛС», на ОАО «Каменск-уральский металлургический завод». Это позволяет считать выводы диссертации обоснованными и достоверными.

**По работе можно сделать следующие замечания:**

1. В выводе №4 диссертации заявлено, что «наиболее интенсивно поверхностный водород выделяется при трех температурах 75, 250 и 400<sup>0</sup> С», тем не менее, как свидетельствуют рис.3.12-3.14 диссертации и рис. 5 автореферата пиковые значения выделения водорода происходят в трех интервалах температур, которые следовало бы указать.

2. В главе 3 диссертации (стр. 86) утверждается, что на поверхности гранул наблюдается плотная окисная плёнка. Между тем, при отливке в жидкий азот более вероятно получить на поверхности гранул плёнку из нитрида магния. Косвенно это подтверждает цвет магниевых гранул, полученных при литье в жидкий азот. Влияние нитрида магния на компактирование магниевых гранул и свойства деформированных полуфабрикатов требует отдельного исследования.

3. В работе исследовали структурные и текстурные изменения в магниевых сплавах в процессе деформации, однако деформированные магниевые сплавы используются и в термоупрочненном состоянии. В работе не приведено данных о влиянии процессов термической обработки на формирование текстуры и структуры и соответственно анизотропии свойств.

4. Не ясно, почему при оценке вклада текстурного фактора в анизотропию прочностных свойств оценивали факторы Шмида только для базисного скольжения, хотя известно, что в процессе пластической деформации магниевых сплавов значительную роль играет двойникование, в частности именно двойникованием объясняют разницу прочности при растяжении и сжатии магниевых прутков.

Эти замечания имеют характер пожеланий для дальнейшего развития работы и не снижают общей ее положительной оценки.

Представленная диссертация выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную научно - квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические решения, состоящие в научном обосновании выбора составов магниевых сплавов, разработке технологических схем получения их прессованных полуфабрикатов, выполнении исследований по получению прессованных полуфабрикатов из слитков и гранул, полученных гранулированием с охлаждением в жидком азоте или газообразном гелии, проведении по выбранным режимам компактирования




гранул, прессования, упрочняющей термообработки (для сплава МА14), проведение исследований макро- и микроструктуры, текстуры и механических свойств прессованных полуфабрикатов, полученных по различным технологическим схемам в продольном и поперечном направлениях, анализе полученных результатов.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 8 научно-технических конференциях, опубликованы в 12 печатных работах, в том числе 3 статьи в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК. Результаты диссертационной работы могут быть использованы в области металловедения быстрозакристаллизованных магниевых сплавов и технологии получения из них прессованных полуфабрикатов.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают структуру и содержание диссертации.

В целом, по актуальности решенной проблемы, научной новизне и практической значимости полученных результатов, по содержанию и оформлению, представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденном Постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор Авдюхина Анастасия Алексеевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Овсянников Борис Владимирович  
Главный специалист по НИР  
Научно-технический центр,  
ОАО «Каменск-Уральский  
металлургический завод»  
кандидат технических наук



23.11.2017

Подпись Овсянникова Б.В. удостоверяю,  
Руководитель НТЦ,  
Кандидат технических наук



Разинкин А.В.

Открытое акционерное общество «Каменск-Уральский металлургический завод» (ОАО «КУМЗ»)

623405, Свердловская область, г. Каменск-Уральский, ул. Заводская, 5

Тел.: (3439) 39-54-93

Электронная почта: [ovsyannikovbv@kumw.ru](mailto:ovsyannikovbv@kumw.ru)

Официальный сайт: [www.kumz.ru](http://www.kumz.ru)