

Утверждаю

Зам. ген. директора по науке

Ученый секретарь ОАО НИАТ

д.т.н., профессор

В.Н. Егоров

«ноября» 2017 г.



### **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

на диссертацию Авдюхиной А.А. «Исследование параметров технологии производства, структуры, механических свойств прессованных полуфабрикатов из гранулированных магниевых сплавов 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.**

Магниевые сплавы являются наиболее легкими металлическими материалами, поэтому находят широкое применение в таких отраслях современной техники, как авиакосмическая техника, автомобилестроение и электроника. Существенными недостатками магниевых сплавов являются низкая коррозионная и жаростойкость, а также анизотропия механических свойств, проявляемая в виде пониженной прочности на сжатие в продольном направлении прессованных полуфабрикатов, что затрудняет использование деформированных магниевых полуфабрикатов в изделиях, работающих в условиях знакопеременных нагрузок.

Для того чтобы снизить анизотропию механических свойств магниевых сплавов используют легирование редкоземельными металлами (РЗМ), однако, высокая стоимость этих добавок не позволяет реализовать комплексный подход к решению проблемы оптимизации составов сплавов, обеспечивающий высокую технологичность, коррозионную стойкость в

сочетании с приемлемым уровнем прочности и избавлением от анизотропии свойств.

Значительную перспективу в этом плане представляет использование методов гранульной металлургии получения исходного материала для прессования прутков и труб с повышенными прочностными характеристиками из известных промышленных магниевых сплавов, не прибегая к усложнению и удорожанию сплавов легированием РЗМ. В этой связи актуальной является тема диссертационной работы Авдюхиной А.А., направленной на разработку опытно-промышленной технологии получения прессованных полуфабрикатов из гранулированных магниевых сплавов МА2-1 и МА14 с использованием различных методов быстрой кристаллизации и исследований структуры, кристаллографической текстуры и механических свойств, включая их анизотропию.

#### **Научная новизна работы**

Анализ дегазации гранул из магниевых сплавов МА2-1 и МА14 показал, что наиболее интенсивно поверхностный водород выделяется в трех температурных интервалах 75, 250 и 400°С, которые не зависят от марки сплава и способа получения гранул, установлен механизм дегазации поверхностного водорода в этих трех температурных интервалах.

Впервые проведено сопоставление текстуры прессованных прутков, из слитка и гранул и показано, что в прутках, деформированных из гранул сплавов МА2-1 и МА14, интенсивность призматической текстуры существенно ниже, чем в полученных из слитков. Ослабление текстуры связывают с тем, что на начальных стадиях деформирования заготовки из-за отсутствия жесткого сцепления между гранулами часть энергии деформации затрачивается на консолидацию гранул, в результате чего снижается доля энергии деформации, идущей на образование текстуры. Это ослабление призматической текстуры в прессованных из гранул прутках способствует изменению кристаллографического механизма деформации, что приводит к повышению предела текучести на сжатие в осевом направлении прутков.



Разработана новая, эффективная методика количественной оценки вклада кристаллографической и механической текстуры в анизотропию свойств магниевых полуфабрикатов с помощью коэффициентов «текстурной» и «прочностной» анизотропии.

### **Практическая значимость работы**

На основе выявленных закономерностей процесса дегазации гранул предложен более экономичный режим отжига со ступенчатым нагревом с кратковременными выдержками при трех температурах 75, 250 и 400°C, при которых наиболее интенсивно удаляется поверхностный водород из металла.

Реализована замена охлаждения литой заготовки в жидком азоте на охлаждение в газообразном гелии и на этой основе разработана новая технология получения гранулированных прессованных полуфабрикатов из сплавов МА2-1 и МА14.

Разработана и реализована технология изготовления прессованных полуфабрикатов из гранул по упрощенной и более экономичной технологии: прессованием непосредственно из насыпанных в контейнер гранул методом бескапсульного прессования, что позволяет избежать операции компактирования и дегазации и тем самым существенно сократить технологические издержки.

За счет ослабления призматической текстуры прутков, полученных из гранул, удалось повысить предел текучести на сжатие по сравнению с прутками из слитка со 114 до 168 МПа для сплава МА2-1 и с 162 до 268 МПа для сплава МА14, при этом последний показатель является рекордным для магниевых сплавов.

Необходимо подчеркнуть, что экспериментальная часть диссертационной работы выполнена автором на полуфабрикатах и образцах, полученных в серийном производственном цикле на следующих предприятиях: в цехах промышленной зоны ВИЛСа, на Каменск-уральском металлургическом заводе (КУМЗ), гранулы отливали с охлаждением в жидком азоте в г. Подольске (НПП «Метагран»), в газообразном гелии в г.

Глазов (ООО «Гефест»), о чем свидетельствуют технические условия на прутки и трубы из гранулированного сплава МА14гр, составленные с участием А.А. Авдюхиной (Приложения 1 и 2 диссертации). Все это позволяет считать, что диссертационная работа Авдюхиной Анастасии Алексеевны имеет научную и практическую ценность.

**Достоверность результатов работы** подтверждается тем, что все основные научные выводы и рекомендации получены с помощью комплексных исследований структуры, фазового состава и механических свойств магниевых сплавов с использованием современных высокоэффективных приборов и установок. Обработка давлением и термическая обработка осуществлялась на современном оборудовании, обеспечивающим возможность контроля технологических параметров. Интерпретация эффектов анизотропии реализована с использованием сопоставления результатов расчетов и экспериментальных данных, полученных из механических испытаний и текстурных исследований.

В качестве замечаний можно отметить:

1. Необходимо объяснение факта, что небольшое превышение коэффициента теплопроводности газообразного гелия над жидким азотом (0,15 и 0,026 Вт/(м·К) соответственно) приводит к увеличению на порядок скорости кристаллизации ( $7 \cdot 10^4 \div 10^5$  К/с и  $5 \cdot 10^3 \div 10^4$  К/с соответственно).

2. В диссертации значительное повышение передела текучести на сжатие прутков, полученных из гранульных заготовок, связывают с ослаблением призматической текстуры, однако остается не ясным, почему при этом увеличивается также прочность на растяжение, которая должна снижаться при ослаблении призматической текстуры.

3. Для оценки возможности применения полуфабрикатов из гранулированных магниевых сплавов в авиации необходимо определить комплекс механических характеристик полуфабрикатов, однако в работе отсутствуют данные по ударной вязкости, усталостной прочности, вязкости



разрушения, что затрудняет сделать оценку о перспективности использования.

4. В работе предложена упрощенная (бескапсульная) технологическая схема производства полуфабрикатов. Такая технология, возможно, может привести к образованию дефектов типа расслоений, к пористости. Целесообразно было бы привести сравнительные исследования структуры и свойств полуфабрикатов, полученных по обычной и упрощенной схеме.

5. Учитывая природу гранулируемых магниевых сплавов, в работе необходимо было провести исследования коррозионных свойств.

Сделанные замечания носят в основном дискуссионный характер и не снижают научную и практическую ценность рассматриваемой диссертации, которая является законченной научно-исследовательской и квалификационной работой. В которой на высоком уровне выполнены методические и экспериментальные исследования и установлено влияние гранульной металлургии на формирование структуры, кристаллографической текстуры на комплекс механических свойств магниевых сплавов МА2-1 и МА14, выявлены важные закономерности поведения сплавов при пластической деформации и термической обработке, на основании которых сформулированы технологические решения, внедрение которых вносит заметный вклад в развитие экономики страны.

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 полностью отражает содержание диссертации.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного 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».

Отзыв рассмотрен на заседании НТС научного направления «Поверхность», протокол № 5 от 23 ноября 2017 года. На заседании присутствовало 12 членов из 14. Результаты голосования: «за» – 12, против – нет, воздержавшихся – нет.

Начальник НИЛ, к.т.н.



Иванчук С.Б.

Начальник НИЛ, к.т.н.



Румянцев Ю.С.

РФ, Москва, 117587, Кировоградская ул. 3

Открытое Акционерное Общество «Национальный институт авиационных технологий»

Электронный адрес: [info@niat.ru](mailto:info@niat.ru)

Телефон: 8-495-311-06-72