

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Петрова Артема Алексеевича «Исследование влияния легирования на механизм деформации и анизотропию механических свойств магниевых сплавов систем Mg – Zn – Zr – (PЗЭ) и Mg – Li – Al», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Актуальность работы.

Магниевые сплавы, как самый легкий металлический конструкционный материал, являются очень привлекательными для различных отраслей промышленности. Если в предыдущие десятилетия основной областью применения магниевых сплавов являлось машиностроение, то в настоящее время сфера применения магниевых сплавов расширилась. Огромный интерес к применению деталей из магниевых сплавов проявляется в аэрокосмической технике, электронике и медицине.

Вместе с тем в основном в промышленности применяются литые изделия из магниевых сплавов, и детали, полученные методом тиксомолдинга. Доля деформированных полуфабрикатов при этом остается достаточно низкой, не превышающей 10% от общего объема использования магниевых сплавов. Это связано с низкой технологичностью магниевых сплавов, а также высокой анизотропией, обусловленными особенностями механизма деформации и текстуры магния и его сплавов. Низкая технологичность при ОМД не только значительно усложняет получение деформированных магниевых полуфабрикатов по сравнению с литыми деталями, но и ограничивает возможности получения деталей сложной формы из листовых полуфабрикатов.

В связи с этим выполненные Петровым А.А. исследования, посвященные исследованию влияния легирования на механизм деформации,

текстуру и анизотропию механических свойств магниевых сплавов, являются чрезвычайно актуальными.

Общая характеристика работы

В первой главе представлен литературный обзор, в котором рассмотрены различные механизмы скольжения и двойникования, действующие в магниевых сплавах различных систем легирования, рассмотрено влияние кристаллографической текстуры на анизотропию механических свойств, приведены новые данные о влиянии текстуры на коррозионные свойства, рассмотрено применение магниевых сплавов в медицине.

Во второй главе описаны материалы и методы исследования, наиболее полно рентгеновские методы текстурного анализа, количественные методы оценки анизотропии прочностных свойств на основе количественных обратных полюсных фигур. Значительное место уделено методическим аспектам сканирующей электронной микроскопии, которая достаточно широко представлена в диссертации.

В третьей главе приведены результаты исследования фазового состава, текстуры и структуры сплавов системы Mg–Li–Al, Важный результат получен для двухфазного сплава Mg-9Li-1Al ГПУ, для листов которого обнаружена типичная для ГПУ фазы базисная текстура прокатки, в то время как текстура ОЦК твердого раствора характеризовалась текстурой {110}, которая соответствовала текстуре ГПУ→ОЦК фазового превращения.

В 4 главе определялось влияние легирования на действующие механизмы деформации сплавов MA14 (Mg–Zn–Zr), ВМД7-1 (Mg–Y–Nd–Zn–Zr) и Mg–5Li–Al. Рассчитывались ориентационные факторы Закса для базисного скольжения и оценивали вклад текстуры и механизма деформации в анизотропию механических свойств при испытании на растяжение и сжатие.

В 5 главе для экструдированных труб из сплава MA14 в рамках анизотропного критерия текучести Хилла разработана процедура вычисления

параметров анизотропии, позволяющая оценить напряжения течения при любом виде напряженного состояния.

Научная новизна.

Наиболее важным результатом диссертационной работы Петрова А.А. является убедительная демонстрация того факта, что анизотропия механических свойств магниевых сплавов в значительной степени определяется особенностями механизма деформации, которые могут воздействовать на анизотропию более существенно, чем текстура. В диссертации показано, что целенаправленное легирование может радикально изменить анизотропию изделия при неизменной текстуре.

Изменение текстуры на последовательных стадиях деформации позволяет определить ответственные за эти изменения механизмы деформации, а также относительные значения напряжений сдвига для этих систем. Самая низкая прочность для поперечного направления прутка из сплава MA14 системы Mg-Zn-Zr обусловлена активностью базисного скольжения с минимальными напряжениями сдвига. В осевом направлении расположены призматические направления, которые могут деформироваться только двойникованием, причем при сжатии действует система с меньшим напряжением сдвига, чем при растяжении, поэтому максимальная прочность реализуется при растяжении.

Прутки сплавов ВМД7-1 и Mg-5Li-3Al обладают такой же, как MA14 призматической текстурой, однако в первом прочность на сжатие в долевом направлении, выше, чем при растяжении, а при сжатии в поперечном направлении прочность еще ниже. Такая анизотропия обусловлена тем, что присутствие в сплаве иттрия приводит к упорядочению и запрету двойникования, которое нарушает порядок. В сплаве с литием прочностные свойства практически одинаковы для всех направлений прутков и нагрузок. Это обусловлено тем, что легирование литием делает равными напряжения сдвига для базисного и призматического скольжения, что приводит к

изотропному поведению прутка, текстура которого даже более интенсивная, чем в прутках двух других сплавов, обладающих заметной анизотропией.

Оценка практической значимости работы.

Важным представляется разработанный расчетно-экспериментальный метод оценки работоспособности трубных заготовок из магниевых сплавов основанный на анизотропном критерии Хилла. Новизна предложенного подхода определяется тем, что для оценки параметров анизотропии использовали не механические испытания, а текстурные параметры, полученные из экспериментальных полюсных фигур для трех ортогональных направлений трубы. В результате развита процедура расчета контуров текучести для анизотропных текстурированных полуфабрикатов, позволяющая оценить напряжения течения при любом виде напряженного состояния, которую в принципе можно использовать для любых текстурированных полуфабрикатов..

Достоверность результатов и выводов.

Достоверность научных положений и выводов диссертации подтверждается использованием современных методов регистрации и обработки результатов, использованием современных программных средств для вычисления параметров текстурированных прутков и листов.

Обоснованность выявленных на основе изменений на последовательных стадиях деформации текстуры сплавов магния действующих механизмов деформации не вызывают сомнений, поскольку автором тщательно и на современном методическом и научном уровнях проводится анализ механизма формирования текстуры с использованием количественных полюсных фигур и расчетных методов.

По работе имеются следующие замечания:

1. При анализе влияния легирующих элементов на механизм деформации и анизотропию свойств магниевых сплавов естественно было бы сопоставить поведение прессованных прутков сплавов систем Mg-Zn-Zr и Mg-Li-Al с чистым магнием, ссылка на магний и сплавы MA2-1 и MA5 в 7

выводе диссертации недостаточна, поскольку она основана вероятнее всего на литературных данных, а не на собственных экспериментах.

2. В четвертой главе утверждается, что для прутков сплава с 5% Li характерно отсутствие анизотропии, что при наличии выраженной текстуры связывают со специфическим влиянием литья на механизм деформации, однако это противоречит результатам, полученным в 3-ей главе на листах сплава с 9% Li, в которых обнаружена заметная анизотропия.

3. Исследования сплавов с литием проведены на материалах, полученных прессованием (сплав с 5% лития), слитке (7% лития) и 2 мм листе (9% лития), что затруднило выявление влияния легирования на текстуру и свойства сплавов.

4. В диссертации редкоземельные металлы чаще всего обозначены как РЗМ (стр. 4, 5, 38, 39, 42, 48), однако в названии диссертации используют РЗЭ, которое встречается еще один раз (стр.14), также встречается сокращенный английский вариант RE (стр.13, 25, обычно используют REE), при том, что первые два варианта допустимы, обычно в одном и том же тексте используют одинаковые обозначения.

Сделанные замечания носят дискуссионный или уточняющий характер, не снижают научной и практической ценности и общей высокой оценки диссертационной работы.

В соответствии с вышеизложенным можно заключить, что диссертация Петров А.А. является научно-квалификационной работой, в которой в результате исследования изменения текстуры магниевых сплавов в зависимости от легирования, изложены научно обоснованные решения задач управления анизотропией механических свойств полуфабрикатов из магниевых сплавов.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли апробацию на 5 научно-технических конференциях, опубликованы в 8 печатных работах, в том числе в 5 статьях в ведущих рецензируемых

журналах, входящих в перечень ВАК, из которых 4 статьи опубликованы в журналах, включенных в международные системы цитирования.

Автореферат и опубликованные работы полностью отражают основное содержание диссертации. Научная проблематика и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

В целом, диссертационная работа Петрова А.А. полностью удовлетворяет требованиям пунктов 9 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Петров Артем Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Официальный оппонент, заведующий
кафедрой «Материаловедение»,
профессор, доктор технических наук



Овчинников В.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования
«Московский политехнический университет»

Дата 16.11.2020

Телефон, 8 (962) 967-55-11

Адрес электронной почты vikov1956@mail.ru

Подпись Овчинникова В.В. удостоверяю.

СПЕЦИА.-И.Т.
КАДРОВОМУ ДЕЛУ СПР. КЗВСД

Е. Д. ЖИПЕЕВА

