

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Петрова А.А. «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.

В последние годы в промышленно развитых странах к магниевым сплавам как легким конструкционным материалам проявляется значительный интерес, обусловленный их особенно высокой удельной прочностью, сравнительно несложной технологией их производства и обработки, а также большими и доступными сырьевыми ресурсами. Наряду с хорошо известным применением магниевых сплавов в авиационной и космической технике, магниевые сплавы стали широко использоваться также в автомобильной промышленности, электронных приборах и в ряде других областей, в которых снижение собственного веса изделий имеет большое значение. Возросший интерес к магниевым сплавам способствовал в большом объеме проведению их исследований, которые направлены на совершенствование составов и технологий их обработки. Эти исследования являются востребованными и продолжаются в настоящее время, так что настоящая диссертационная работа Петрова Артема Алексеевича, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, относится к числу такого рода работ. Для совершенствования магниевых сплавов стали использоваться новые системы легирования и более эффективные технологии получения деформированных полуфабрикатов. В связи с этим, одной из острых проблем для применения деформированных магниевых сплавов в различных отраслях техники стало знание анизотропии их механических свойств, обусловленной особенностями

механизма деформации и возникающих текстур в магниевых деформированных полуфабрикатах. При этом одной из важных задач оптимизации состава и технологии обработки полуфабрикатов в плане корректировки текстуры и анизотропии механических свойств является разработка простых и надежных методов оценки механизма деформации и анизотропии прочностных характеристик на основе количественных текстурных данных. В этой связи диссертационная работа Петрова А.А., посвященная исследованию влияния легирования на механизм деформации и анизотропию механических свойств в магниевых сплавах и развитию методик оценки параметров анизотропии из текстурных данных, является актуальной.

Общая характеристика работы

Глава 1 диссертации посвящена анализу литературных источников по теме работы. Рассмотрены особенности действующих в магнии механизмов деформации, влияние на них легирующих элементов, прежде всего РЗМ и лития, которым в последние годы уделяется наибольшее внимание. Проанализировано влияние текстуры на анизотропию механических и коррозионных свойств. В Главе 2 описаны материалы и методы исследования. Особое внимание уделено методам рентгеноструктурного анализа, позволяющих выявить текстуру в сплавах после деформации и комплексу исследований с помощью сканирующей электронной микроскопии в режиме вторичных и обратно отражённых электронов, электронно – зондового микроанализа.

В Главе 3 приведены результаты исследования фазового состава, текстуры и структуры сплавов системы Mg-Li-Al, в которых содержание лития варьировалось от 5 до 9%, так что при высоком содержании лития в значительном объеме присутствовала объемно-центрированная кубическая фаза, представляющая собой твердый раствор на основе лития. Новым результатом в проведенной работе являлось выявление в листах сплава Mg-9Li-1Al

компонентов с базисной текстурой фазы ГПУ и с текстурой {110} фазы ОЦК. Проведенные расчеты показали, что анизотропия листов сплава полностью определяется текстурой ГПУ фазы.

В последующей Главе 4 приводятся результаты построения текстур и определения связанных с ними анизотропии деформированных горячепрессованных прутков сплавов других характерных систем магниевых сплавов: а именно, MA2-1 (Mg-Al-Zn-Mn), MA14 (Mg-Zn-Zr), Mg-Y-Nd-Zn-Zr), а также сплав Mg-5Li-3Al, рассматриваются особенности протекания пластической деформации в этих сплавах, сходство между ними в этих отношениях их и различиях. В Главе 5 Такого же рода исследования проведены на горячепрессованных трубах сплава MA14. Особенностью этого случая является более сложное течение сплава в процессе деформации.

Научная новизна.

Требуемая научная новизна в диссертации, представленной автором, состоит в основном в результатах проведенных им оригинальных исследований по формированию в большом количестве текстур в изученных магниевых сплавах различных систем, сопоставлении их и выявлении связи установленных текстур с анизотропией механических свойств сплавов после их обработки давлением. Автору удалось найти достаточно простое, но эффективное решение проблемы, основанное на анализе изменений текстуры при испытании на сжатие и растяжение в осевом направлении и только на сжатие в поперечном направлении прутков. Такой выбор полуфабрикатов и направлений их испытания позволил обеспечить высокую чувствительность процедуры к идентификации действующего механизма.

Оценка практической значимости работы.

Практическая значимость исследований, которые представлены в диссертации, состоит в основном в том, что установленные в них закономерности по формированию текстур и связанных с ними анизотропией

деформированных магниевых сплавов позволят с большим успехом и с большей надежностью использовать их в различных изделиях, в том числе весьма ответственных, в качестве легких конструкционных материалов. Полученные в результате проведенных исследований знания об образовании текстур в магниевых сплавах позволят также выбрать пути уменьшения их анизотропии с той или иной целью или способствовать образованию ее с целью повышения прочностных свойств в каком-нибудь одном направлении за счет уменьшения уровня этих свойств в другом направлении.

Важным для практики является также разработанная процедура расчета контуров текучести для анизотропных текстурированных полуфабрикатов, позволяющая оценить напряжения течения при любом виде напряженного состояния, которые можно использовать для любых магниевых сплавов.

Достоверность результатов и выводов.

Достоверность научных положений и выводов диссертации подтверждается использованием современных методов исследования и обработки результатов, использованием существующих и оригинальных расчетных методов, а также программных средств для вычисления параметров анизотропии текстурированных прутков и листов.

Обоснованность выявленных в работе закономерностей влияния легирующих элементов на механизм деформации и анизотропию прочностных свойств не вызывает сомнения, поскольку их интерпретация основана на современном методическом и научном подходах.

По работе можно сделать следующие замечания:

1. В представленном тексте диссертации следует более подробно обосновать целесообразность выбора сплавов для проведения исследований, указав при этом, в какой мере они являются типичными представителями систем сплавов с такими же основными легирующими элементами, используемыми или предлагаемые для использования в промышленности. В соответствии с этим

можно будет предполагать, что представленные результаты проведенных исследований сплавов могут быть применимы и для других сплавов тех же систем.

2. В диссертации приведены температуры деформации сплавов для получения деформированных полуфабрикатов, но только так, что они находятся в пределах 300-350 °С. Однако, следовало бы указать, почему именно эти температуры были выбраны для деформации, а именно, для того чтобы исключить растрескивание изделий при обжати, получить качественную их поверхность, или достигнуть у них наиболее высоких прочностных свойств. Эти данные важны для понимания того, в каком состоянии структуры находились сплавы при исследовании и какие возможны в ней изменения.

3. Приведенные в представленной диссертации результаты исследований на сплавах системы Mg-Li-Al отличаются по составу от промышленных магниевых сплавов, содержащих литий. Это стандартные магниевые сплавы Российской Федерации МА18 и МА21 (ГОСТ 14957-76). Желательно, чтобы диссертант высказал свое мнение, насколько полученные им данные по текстуре и анизотропии свойств сплавов могут быть приемлемы для этих промышленных сплавов.

4. Имеются некоторые ошибки в тексте диссертации. Так в Таблице 2.1 на стр. 50 в составе сплава ВМД7-1 ошибочно указан гадолиний (Gd), который в этом сплаве отсутствует, а на стр.82 в составе сплава МА2-1 пропущен марганец (Mn). На стр.48 написано, что растворимость Sc в твердом растворе на основе магния, по сравнению с другими редкоземельными металлами, минимальна в то время, как в атомных процентах она максимальна.

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

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.

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 А.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов».

Официальный оппонент,
Главный научный сотрудник ИМЕТ РАН
проф., доктор технических наук

Рохлин Л.Л

Подпись Рохлина Лазаря Леоновича удостоверяю:

Лаз. Л. Л. *Леонович* (Рохлин Л.Л.)

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт
металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН

Дата 10.11.2020

Телефон, 8 (499)135-86-60

Адрес электронной почты rokhlina@imet.ac.ru,