

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Петрова Артема Алексеевича

«Исследование влияния легирования на механизм деформации и анизотропию механических свойств магниевых сплавов систем Mg-Zn-Zr (РЗЭ) и Mg-Li-Al», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Магниевые сплавы начинают вновь пользоваться повышенным интересом у потребителя в связи с расширением их применения в электронной промышленности, аэрокосмической технике и медицине. Наиболее перспективными из них являются сплавы, в которых в качестве легирующих элементов применяют редкоземельные элементы (РЗЭ), а также литий. Интерес использования РЗЭ в качестве легирующих элементов в сплавах на основе Mg вызван одинаковым типом кристаллической ГПУ решетки и превышением радиуса атомов большинства РЗЭ по сравнению с радиусом атома магния на ~13...18%, что снижает их растворимость и дает возможность реализовать эффект дисперсионного упрочнения. Кроме этого, легирование РЗЭ эффективно воздействует на анизотропию свойств, может менять текстуру, а также механизмы пластической деформации.

Легирование сплавов магния литием приводит к существенному снижению плотности получаемых материалов, а также повышает их пластичность за счет дополнительных систем скольжения в результате образования ОЦК фазы на основе лития. Однако механические свойства магниевых сплавов невозможно интерпретировать и прогнозировать без информации о текстуре и ее влиянии на действующие механизмы деформации. При этом добавление легирующих элементов в сплав магния приводит к изменению, как текстуры материала, так и механизмов пластической деформации. И это сильно затрудняет поиск надежных корреляций между легированием магниевых сплавов, текстурой и анизотропией свойств.

В связи с чем, повышение надежности применения магниевых сплавов в современном машиностроении и медицине за счет управления анизотропией механических свойств в полуфабрикатах и изделиях, на основе установленных закономерностей влияния легирующих элементов на механизмы деформации и формирование текстуры до сих пор является актуальной и важной прикладной народно-хозяйственной задачей.

Научная новизна данной работы заключается, прежде всего в том, что в ней рассмотрен новый подход к оценке работоспособности трубчатых заготовок из магниевых сплавов с использованием анизотропного критерия Хилла, для которого оцененка параметры анизотропии  $P$  и  $R$  выполнена на основе результатов испытаний на одноосное растяжение в осевом направлении трубчатых образцов, текстурных данных в виде факторов Закса для трех ортогональных направлений и найденного соотношения между прочностной и текстурной анизотропией материала.

В листовых заготовках из сплава Mg-9Li-1Al с двухфазной ГПУ+ОЦК структурой установлено, что твердый раствор на основе Mg с ГПУ решеткой характеризуется типичной базисной текстурой прокатки, в то время как текстура твердого раствора на основе лития имеет текстуру  $\{110\}$ , которая отличается от текстуры прокатки ОЦК металлов, но полностью соответствует текстуре фазового превращения ГПУ→ОЦК в соответствии с ориентационными соотношениями Бюргерса:  $(0001)_{\text{ГПУ}} // (011)_{\text{ОЦК}}$ .

При одноосном сжатии образцов из сплава системы Mg-Zn-Zr (MA14) с исходной призматической текстурой обнаружено, что также как, и в чистом магнии, в сплавах Mg-Al-Zn действует легкое  $\{1012\} \langle 1011 \rangle$  «растягивающее» двойникование, которое обуславливает более низкую величину сопротивления деформации при сжатии по сравнению с растяжением, когда действуют системы скольжения с более высокими напряжениями сдвига.

В сплавах магния с иттрием и литием пластическая деформация в призматических направлениях осуществляется не по механизму двойникования, а путем призматического скольжения. Это связано с тем, что при легировании иттрием наблюдается запрет двойникования из-за упорядочения твердого раствора, а в случае легирования литием с изменением характера сил

межатомной связи. При этом иттрий блокирует легкое «растягивающее» двойникование из-за эффекта упорядочения твердого раствора, а литий увеличивает предпочтительность призматического скольжения за счет относительного ослабления сил связи вдоль оси «а», что проявляется также в уменьшении соотношения «с/а».

Практическая значимость выполненных научных исследований представлена разработанными новыми методическими подходами к исследованию влияния механизма деформации и формирование кристаллографической текстуры на степень анизотропии механических свойств в полуфабрикатах и изделиях из магниевых сплавов, включающих оценку особенностей механизма деформации сплавов различных систем легирования с помощью изменения ориентации кристаллитов при испытании на сжатие, а также прогнозирование прочности текстурированных магниевых труб в условиях сложнапряженного состояния на основе анизотропного критерия текучести Хилла с использованием текстурных данных и результатов испытания на растяжение в осевом направлении трубчатых образцов.

Установлены закономерности влияния легирующих элементов на механизм деформации и анизотропию механических свойств текстурированных полуфабрикатов, позволяющие создавать изотропные сплавы или сплавы с заданной анизотропией механических свойств.

Показано, что легирование литием даже в пределах ГПУ твердого раствора позволяет получить практически изотропный материал, а легирование иттрием повышает прочность на сжатие в продольном направлении прутков с призматической текстурой, но сохраняет низкие показатели прочности в близком к бестекстурному состоянию в поперечном направлении прутков.

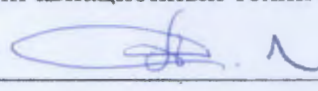
Вместе с тем по автореферату имеются замечания:

1. В описании желательно соблюдать единство терминологий (РЗЭ) – редкоземельные элементы в названии работы и (РЗМ) - редкоземельные материалы далее по тексту.
2. Не совсем понятно как связаны: прогнозирование прочности текстурированных магниевых труб в условиях сложнапряженного состояния на основе анизотропного критерия текучести Хилла, текстурные данные и результаты испытания на одноосное растяжение трубчатых образцов.

Однако указанные замечания не является принципиальным и не снижают высокой оценки диссертационной работы.

На основании изложенного считаю, что диссертационная работа Петрова А. А. является законченной научной работой, полностью отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Петров Артем Алексеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Профессор кафедры «Технология машиностроения»  
ФГБОУ ВО Уфимский авиационный технический университет г.Уфа

Д.т.н, профессор  Смыслов Анатолий Михайлович

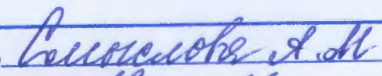
Подпись Смыслова Анатолия Михайловича удостоверяю,

Ф.И.О.

Печать организации

Адрес организации:  
450008, Республика Башкортостан, г. Уфа, пр. Маркса, д. 12  
Наименование организации:  
ФГБОУ ВО УГАТУ  
Электронный адрес:  
office@ugatu.su  
Телефон: +7 (347) 273-79-27, +7 (347) 273-63-03



Подпись   
Удостоверяю « 12 » 11 20 20 г.  
Начальник отдела документационного обеспечения  
и архива 