

Аннотация проекта (ПНИЭР), выполняемого в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

Номер соглашения о предоставлении субсидии (государственного контракта)
14.586.21.0021

Название проекта

Физические основы повышения механических свойств перспективных магниевых сплавов

Тематическое направление

Рациональное природопользование

Исполнитель

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Тольяттинский государственный университет"

Цели и задачи исследования

Целью исследования является совершенствование деформируемости ультралегких высокопрочных магниевых сплавов, перспективных для аэрокосмической отрасли промышленности.

Основными задачами исследования является: исследование микроструктуры сплавов, полученных методом литья во вращающиеся валки; изучение их деформационного поведения при растяжении и сжатии; определение кинетики двойникования и влияния эффекта Баушингера на деформационные процессы, а также детальный анализ акустической эмиссии.

Актуальность и новизна исследования

Высокая удельная прочность делает магниевые сплавы очень привлекательными для транспортных отраслей промышленности, где экономия топлива, достигаемая за счет снижения веса, является одной из самых важных задач. Уже сейчас магниевые сплавы находят применение благодаря своим выдающимся свойствам, однако многие ключевые аспекты связи этих свойств с микроструктурой до сих пор не вполне ясны, а понимание механизмов деформации магниевых сплавов еще по-прежнему далеко от совершенства. В результате, отсутствие научно-обоснованного понимания фундаментальных процессов препятствует развитию новых технологически жизнеспособных и экономически эффективных схем получения и обработки новых сплавов. Новизна исследования заключается в комплексном исследовании природы механического поведения магниевых сплавов и анализе механизмов деформации при помощи анализа акустической эмиссии – метода, позволяющего с высокой точностью «наблюдать» за деформационными процессами в режиме реального времени.

Описание исследования

Изготовлены образцы магниевых сплавов методом литья через сдвоенные валки. По сравнению с обычным литьем и горячей прокаткой, процедура литья в валки является более гибкой и экономичной, исключая дорогие и трудоемкие шаги по термообработке и многопроходной прокатке. В качестве материалов

для исследований в данной работе были выбраны деформируемые сплавы системы Mg-Zn-RE и Mg-Zn-RE-Zr (RE – редкоземельный элемент), которые могут быть рассмотрены, с одной стороны, как практически важные сплавы с высокой прочностью и, с другой стороны, как сплавы, идеально подходящие для фундаментальных исследований.

Методами оптической и сканирующей электронной микроскопии с применением техники дифракции отраженных электронов исследована микроструктура сплавов после литья через сдвоенные валки в исходном состоянии и после различной термообработки. Установлены особенности сформированной прокаткой текстуры. Проведены испытания в условиях статического и циклического нагружения при комнатной температуре. Определены основные механические характеристики, величины эффекта Баушингера и коэффициенты, характеризующие асимметрию сопротивления магниевых сплавов в разном направлении нагружения. Проведен детальный анализ сигнала акустической эмиссии (АЭ) по оригинальным методикам спектрального и кластерного анализа и на этой основе установлены особенности кинетики деформационных процессов во время растяжения и циклической деформации.

Результаты исследования

В результате проведенных работ было установлено, что:

- Высокая скорость охлаждения при кристаллизации в методе двухвалкового непрерывного *литья* приводит в результате к уменьшению междендритного расстояния и практически полному исчезновению дендритов в сплавах с редкоземельными легирующими элементами, уменьшению сегрегации, размера зерна, а также диспергированию и однородному распределению вторичных фаз.
- Текстуры полученных сплавов Mg-Zn-Re и Mg-Zn-Zr отличаются высокой интенсивностью и напоминают текстуры прокатанных магниевых сплавов, хотя и содержат особенности распределения базисных плоскостей, имеющих явную тенденцию к ориентации параллельно плоскости прокатки, типично для магниевых сплавов.
- После прокатки материал находится в сильнодеформированном состоянии с большими внутренними напряжениями и имеет невысокие показатели пластичности, которые, однако, могут быть значительно улучшены при помощи термообработки.
- Метод акустической эмиссии позволяет выделить два основных механизма деформации магниевых сплавов – дислокационное скольжение и двойникование, и что особенно ценно – отслеживать эволюцию этих процессов непосредственно в ходе испытаний.
- Близкий к линейному характер накопления суммарной энергии двойникового кластера соответствует низкой пластичности и объясняется затрудненным двойникованием и, как следствие, ограниченным количеством систем деформации. Напротив, кинетика с формой накопления суммарной энергии в виде обратной экспоненты с выходом на насыщение (пологий участок кривой) свидетельствует о более полной реализации двойникования и, как следствие, высокой пластичности.

- Линейное увеличение числа двойниковых событий с нелинейным увеличением их суммарной энергии может означать, что при деформации магниевых сплавов одновременно происходят два процесса: зарождение и последующее образование крупных двойников, которое дает существенный рост суммарной энергии акустической эмиссии, а также образование более мелких двойников, например, вторичных, и быстрый импульсный рост уже имеющихся двойников, которые обеспечивают линейное увеличение количества элементов. Со временем, возможности образования как крупных двойников, так и более мелких, исчерпываются, и рост числа двойниковых событий выходит на насыщение.
- Характеристики асимметрии деформации и эффекта Баушингера в магниевых сплавах в значительной степени связаны со сформированной в результате прокатки текстурой.

Практическая значимость исследования

Разработанный процесс литья через сдвоенные валки, позволяющий получать прокат магниевых сплавов с требуемыми свойствами, является более гибким и экономичным по сравнению с обычным литьем и горячей прокаткой.

Выявленные особенности микроструктуры и текстуры позволяют связать их с механическими свойствами, особенностями деформационных процессов и асимметрией деформации магниевых сплавов, а также требуют учета при проектировании изделий из магниевых сплавов.

Результаты анализа акустической эмиссии позволили сделать вывод о применимости данного метода для анализа кинетики дислокационного скольжения и двойникования в процессе растяжения и циклической деформации.