

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ НА СВОЙСТВА СПЛАВА ZK60

А. Ю. Шлыкова^а, Н. Е. Скрябина^а, Д. Фрушар^б

^аПермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, Пермь, Букирева, 15

^бИнститут Нееля 38042, Гренобль, Франция, Мартирс, 25

Магниевого сплава является легким конструкционным материалом, который применяется в аэрокосмической и автомобильной промышленности, а также при разработке аккумуляторов водорода для его длительного хранения.

Повышенный интерес к легким магниевым сплавам связан с их высокими удельными прочностными характеристиками, что делает их перспективными для использования в качестве корпуса для небольших переносных устройств, таких как сотовые телефоны, корпуса для ноутбуков, компонентов для автомобилей и т.д. Известным способом улучшить механические характеристики является интенсивная пластическая деформация (ИПД).

Целью данной работы явилось изучение влияния ИПД на микроструктуру и механическую стабильность сплава ZK60.

Материалом для исследования служил сплав на основе магния: ZK60 (94% Mg, 5,5% Zn, 0,5% Zr, вес. %) в виде заготовок размером 10×10×100мм. Образцы для исследования изготавливали в виде пластинок 10×10×2 мм, вырезанных из средней части заготовок в исходном состоянии и после ИПД при комнатной температуре и 200 °С.

Деформацию осуществляли одним проходом в установке равноканального углового прессования (РКУП) с углом пересечения каналов 105°, скорость деформации 50 мм/с.

Поверхность образцов для исследования обрабатывали в следующей последовательности: шлифование, полирование и химическое травление для выявления элементов микроструктуры.

Методики исследований материалов: фазовый рентгеновский анализ – РФА (Siemens D5000), монохроматизированное излучение кобальта; сканирующая электронная микроскопия (НИТАСНІ 3400N); элементный состав и карты распределения элементов – энергодисперсионная приставка (OXFORD); измерение микротвердости (прибор ПМТ-3).

Согласно данным РФА исходный образец состоит из двух фаз: Mg и MgZn₂. Фаза MgZn₂ присутствует в образце в незначительном количестве о чем свидетельствует наличие лишь реперных линий от фазы MgZn₂.

Деформация материала одним проходом при 200 °С приводит к тому, что линии на дифрактограмме, соответствующие фазе MgZn₂ становятся менее четко выражены, по-видимому, вследствие роста внутренних напряжений, возникающих в сплаве при пластической деформации.

На рис. 1 показана микрофотография сплава ZK60 в исходном состоянии. На рис. 2 представлены структуры сплава ZK60 после деформации РКУП одним проходом при комнатной температуре и 200 °С.



Рис. 1. Микрофотография сплава ZK60 в исходном состоянии, $\times 500$

Из представленных микрофотографий видно, что исходный образец (рис. 1) характеризуется наличием как крупных зерен близких по размеру и форме, так и мелких, как правило, окаймляющих крупные зерна. В микроструктуре образца после деформации РКУП одним проходом при комнатной температуре (рис. 2, а) появляется новый элемент - следы деформации внутри крупных зерен и двойники деформации, которые имеют характерную для этого вида дефектов веретенообразную или клиновидную форму. Наличие двойниковой структуры показывает, что возможности реализации пластической деформации только за счет дислокационного механизма исчерпаны. Деформация при 200 °С (рис. 2, б) приводит к близкому результату, при этом степень и характер измельчения исходных крупных зерен несколько иной, более грубый. Двойники деформации отсутствуют. Области, соответствующие мелкозернистой структуре, практически не изменились.

Рентгеноспектральный анализ показал существенное различие элементного состава областей, соответствующих границам и телу крупных зерен сплава. Установлено, что для крупных зерен (~50-100 мкм) внутри зерна содержание легирующих элементов существенно меньше. Практически все количество цинка сосредоточено в области, примыкающей к границе зерна. По-видимому, этим можно объяснить наличие фазы $MgZn_2$ в структуре материала, которая располагается в области, примыкающей к границе крупных зерен.

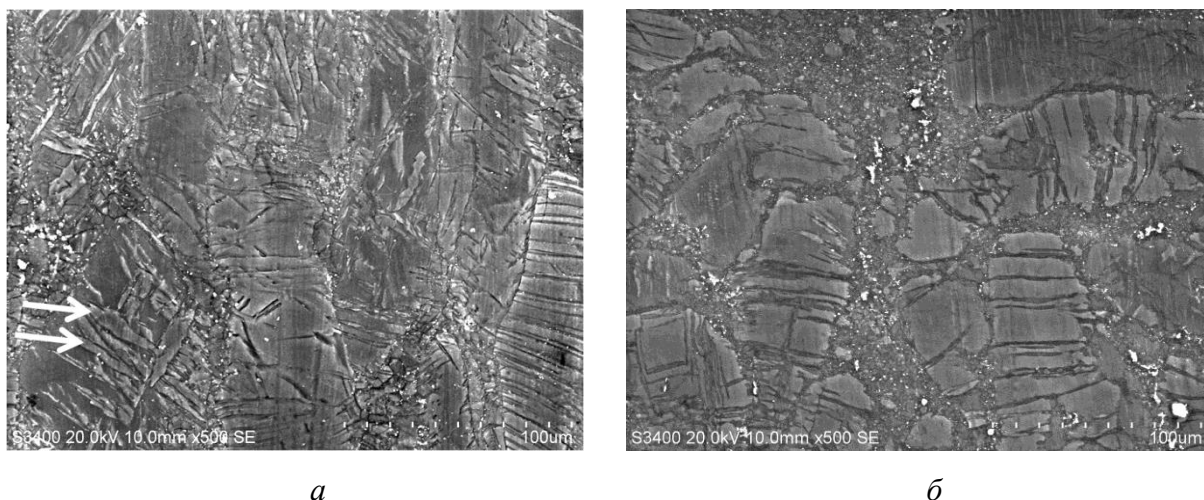


Рис. 2. Микрофотографии сплава ZK60 (x500), деформированного одним проходом при: а – комнатной температуре; б –200 °С. Стрелками на рисунке показаны микродвойники деформации

Карты распределения элементов позволили предположить, что величина микротвердости будет зависеть от характера распределения компонентов сплава. Поэтому измерения по микротвердости проводили с учетом этой информацией, т.е. преимущественно вблизи границ и по телу зерна (рис. 3).

Установлено, что микротвердость внутри зерна изменяется несущественно в зависимости от обработки сплава. Однако, следует отметить существенное упрочнение по границам зерен после деформации РКУП при комнатной температуре. По-видимому, это связано с вкладом двух факторов: наличием фазы $MgZn_2$ по границам и существованием мелкозернистой структуры по периметру исходных крупных зерен.

Увеличение температуры деформации РКУП до 200 °С приводит к частичному перераспределению цинка, – его миграции от границ внутрь зерна. Очевидно, это является фактором, обуславливающим некоторое уменьшение микротвердости приграничной зоны в деформированных при 200 °С образцах, по сравнению с деформированными при комнатной температуре. Напротив, внутри зерна наблюдается некоторое увеличение твердости при повышении температуры РКУП, что может быть обусловлено перераспределением цинка – его миграции внутрь крупных зерен и, как следствие, провоцирование твердорастворного упрочнения магния. Увеличение содержания цинка в теле зерна было подтверждено данными рентгеноспектрального анализа.

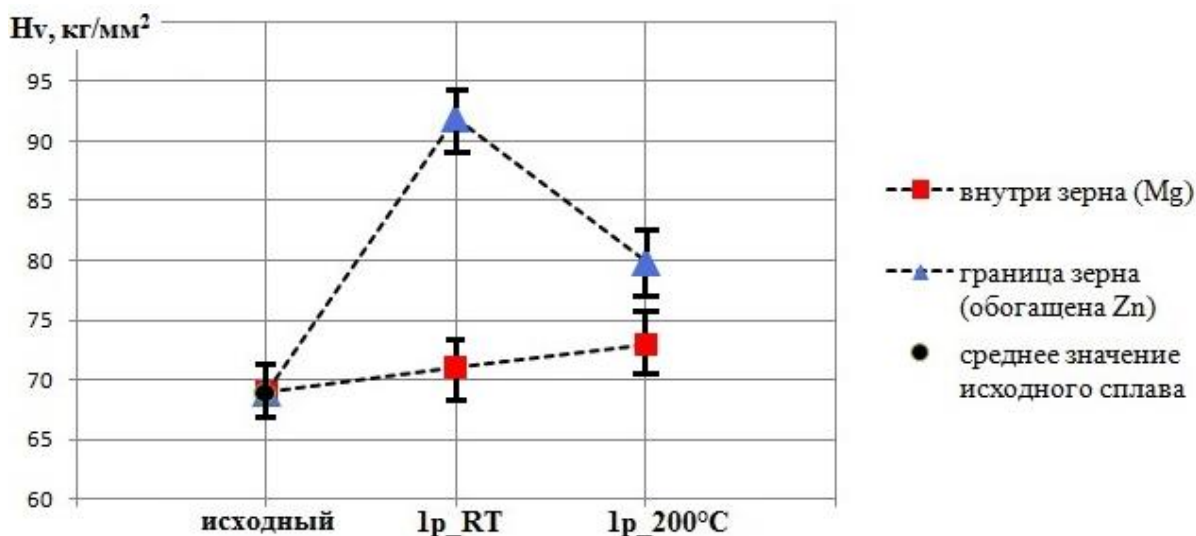


Рис. 3. Зависимость микротвердости от вида обработки образца ZK60

Установлено, что структура сплавов неоднородна по составу, как в исходном состоянии, так и после деформации: вдоль границ зёрен наблюдаются области с повышенным содержанием цинка. Внутри крупных зёрен состав материала – преимущественно магний.

Однократная деформация РКУП при комнатной температуре и при 200 °С формирует неоднородную по форме и размеру структуру зерен.

Упрочнение сплава при деформации РКУП имеет смешанную природу и происходит как за счет упрочнения вследствие появления новых границ зерен, так и за счет перераспределения цинка в сплаве.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства образования и науки Пермского края, Соглашение С-26/211.