

КОНКУРИРУЮЩИЕ ЗЕРНОГРАНИЧНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В СЛАБОЛЕГИРОВАННОМ СПЛАВЕ СИСТЕМЫ Mg–Zn

Цой К.В., Страумал А.Б., Дружинин А.В., Орлов В.И., Давдян Г.С., Храпова Н.Н.

*Россия, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики твердого тела РАН,
key_tsoy@issp.ac.ru*

Исследование и развитие процессов деформации сплавов с гексагональной кристаллической решеткой является актуальной темой в современной науке о материалах. Необходимость данных исследований легко понять на примере исследований сплавов на основе системы Mg–Zn. Например, сплав-EZ33A, в котором помимо Mg есть около 3% Zn и около 3% редкоземельных металлов, в литом состоянии помимо низкой массы и отличной прочности имеет низкую микропористость, хорошую свариваемость и сопротивление ползучести до 250°C. Однако его низкая пластичность при комнатной температуре существенно ограничивает его применение в современной промышленности.

Эта низкая пластичность связана с двумя факторами управляющими процессами деформации структуры сплава. Во-первых, это очень маленькое количество систем скольжения дислокаций в гексагональной структуре связанное с тем, что дислокации легко скользят только в базовой плоскости шестигранной элементарной ячейки сплава. Это общая проблема для сплавов на основе элементов с шестигранной структурой. Во-вторых, высокую твердость данного сплава, которую связывают в литературе с наличием прослоек интерметаллида (Mg, Zn)₁₂RE на границах зерен после затвердевания всего объема жидкого сплава при отливке.

С этими факторами низкой пластичности сталкиваются и в других магниевых сплавах базовой системы Mg–Zn. Например, в сплаве ZEK100, в котором около 1% Zn и от 0,5% до 1% Zr и редкоземельных элементов. В данном сплаве тоже наблюдаются прослойки второй фазы интерметаллида на границах зерен, хоть и в существенно меньшем количестве из-за более низкой концентрации легирующих элементов.

В ходе более подробных исследований было установлено, что в сплавах EZ33A и ZEK100 объемное смачивание протекает по-разному. В сплаве ZEK100 данный фазовый переход протекает в намного более узком температурном диапазоне. Одна из гипотез, объясняющих данные различия, заключалась в предположении, что на границах зерен в сплаве ZEK100 создается так называемая ситуация псевдно-неполного смачивания. Это случай, когда на одной и той же границе сосуществует объемная капля второй фазы с не нулевым контактным углом и тонкая, нанометровой толщины, прослойка той же фазы. Причем при длительном отжиге морфология этих фаз не изменяется.

Данная гипотеза была подтверждена сначала при помощи сканирующей электронной микроскопии в контрасте обратно рассеянных электронов. За счет большого различия в массе между магнием и редкими землями были получены картинки с четко видимыми тонкими прослойками, сосуществующими с объемными каплями второй фазы.

Проанализировав отношение количества границ зерен пустых, смоченных и с тонкими прослойками было показано, что если принять тонкие прослойки за смачивание, то ширина температурного интервала смачивания сплава ZEK100 начинает совпадать с таким же интервалом для сплава EZ33A.

В дальнейшем было проведено исследование прослоек методом просвечивающей электронной микроскопии. Было показано, что тонкие прослойки и объемные частица второй фазы имеют разный состав. Из этого можно сделать вывод, что данная морфология является не псевдо-неполным смачиванием, а случаем конкурирующих поверхностных фазовых переходов для фаз разного состава.

Работа поддержана грантом РНФ 21-72-10046.