

ЭФФЕКТ СТАБИЛИЗАЦИИ РАЗМЕРОВ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ ФАЗЫ ПРИ ОТЖИГЕ АМОФНЫХ СПЛАВОВ

Шурыгина Н.А., Глезер А.М., Пермякова И.Е.

*Институт металловедения и физики металлов им. Г.В. Курдюмова
ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», Москва, Россия,
shnadya@yandex.ru*

Для обеспечения высоких прочностных характеристик аморфно-нанокристаллических материалов необходимо комплексное исследование структурных параметров наночастиц кристаллической фазы, образующихся при нанокристаллизации аморфных сплавов при варьируемых температурно – временных режимах отжига. Объектами исследования являются сплавы $Fe_{50}Ni_{33}B_{17}$ и $Ni_{44}Fe_{29}Co_{15}B_{10}Si_2$, полученные методом спиннингования расплава в виде лент толщиной 15 и 18 мкм соответственно. Термическую обработку осуществляли отжигом в вакууме при постоянной температуре в интервале 250–450⁰С в течение 0,5– 2 часов.

В сплавах $Fe_{50}Ni_{33}B_{17}$ и $Ni_{44}Fe_{29}Co_{15}B_{10}Si_2$ наблюдается торможение роста нанокристаллической γ -фазы (средний размер нанокристаллов при всех температурно-временных параметрах отжига составляет $D = 20$ нм). Такой эффект известен для сплавов типа «Finemet» ($Fe_{73,5}Si_{13,5}B_9Nb_3Cu_1$): в процессе кристаллизации в аморфной матрице образуются нанокристаллы с очень высокой объемной плотностью, которые в дальнейшем при отжиге практически не увеличивают своих размеров. Для объяснения подобного эффекта выдвинуто несколько структурных моделей. Нам представляется, что наиболее физически корректной является структурная модель «Crystallization & Stop», предложенная в работе [1]. В соответствии с ней торможение нанокристаллов, растущих в аморфной матрице, возможно при выполнении трех следующих условий: 1) наличие в аморфном сплаве хотя бы одного активного легирующего элемента, который повышает температуру кристаллизации аморфной матрицы; 2) необходимо, чтобы активный легирующий элемент плохо растворялся в решетке образующихся нанокристаллов; 3) в аморфной матрице должны существовать условия для зарождения большого количества нанокристаллов. Именно такая же ситуация складывается в сплавах $Fe_{50}Ni_{33}B_{17}$, $Ni_{44}Fe_{29}Co_{15}B_{10}Si_2$, где роль компонента, плохо растворяющегося в кристаллической решетке растущих наночастиц, играет бор. Более того, повышенная концентрация атомов бора в областях, граничащих с растущими нанокристаллами, повышает стабильность аморфной матрицы Fe-Ni-B, Ni-Fe-Co-Si-B, создавая тем самым барьерный эффект. При отжиге происходит изменение химического состава аморфной матрицы: повышение концентрации бора в сплавах приводит к повышению температуры кристаллизации аморфной матрицы. Таким образом, аномальная стабилизация нанокристаллических фаз на ранних стадиях формирования аморфно-нанокристаллических структур не является характерным признаком сплава типа «Finemet» и присуща значительному числу аморфных сплавов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 14-02-31284 мол_а, 14-02-00075а).

Список литературы

1. Chin T.-S., Lin C.Y., Lee M.C., Huang R.T., Huang S.M. Bulk nano-crystalline alloys // Materials Today. 2009. V. 12. № 1-2. P. 34 – 39.