

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОКРИСТАЛЛОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ В АМОРФНЫХ СПЛАВАХ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА

Фукс А.А.^{1,2}, Абросимова Г.Е.¹, Аксенов О.И.¹, Аронин А.С.^{1,2}

¹ Институт физики твердого тела РАН, г. Черноголовка, Россия;

² НИУ Высшая школа экономики, г. Москва, Россия

artemfux@yandex.ru

Аморфные микропровода в стеклянной оболочке изготавливаются методом Улитовского-Тейлора, аморфные ленты получают методом затвердевания расплава на вращающейся поверхности. В процессе изготовления микропроводов происходит резкое охлаждение расплава, индуцирующее внутренние закалочные напряжения, неоднородно распределенные по радиусу. У поверхности микропровода действуют преимущественно сжимающие осевые напряжения величиной до единиц ГПа, в центральной части доминируют растягивающие осевые напряжения. Помимо закалочных в распределение внутренних механических напряжений существует дополнительный вклад в несколько сот МПа, связанный с различием в коэффициентах термического расширения между металлической сердцевиной и стеклянной оболочкой микропровода [1]. В аморфных лентах величина внутренних составляет несколько десятков МПа [2]. В данной работе изучались аморфные микропровода и ленты из сплавов $\text{Fe}_{73,8}\text{Si}_{13}\text{B}_{9,1}\text{Cu}_1\text{Nb}_3$. Термообработка проводилась при 753 К. При нагреве происходит образование нанокристаллов твердого раствора кремния в ОЦК-железе $\alpha\text{-Fe}(\text{Si})$, плотность которых выше, чем плотность аморфной матрицы. Поэтому при кристаллизации отрицательный объёмный эффект будет являться причиной возникновения сжимающих напряжений между нанокристаллами и аморфной матрицей. Теоретический анализ процесса кристаллизации показал, что образование нанокристаллов в микропроводах на основе железа происходит неоднородным образом и ускоряется в приповерхностном слое, в области действия внутренних сжимающих напряжений. Для этого в классических выражениях для скоростей роста и зарождения кристаллов была учтена неоднородность распределения внутренних механических напряжений, а также релаксация напряжений в течение термообработки. Были оценены величины скоростей зарождения и роста, а также процентного содержания кристаллизованного вещества. Рентгенографические исследования микропроводов и лент $\text{Fe}_{73,8}\text{Si}_{13}\text{B}_{9,1}\text{Cu}_1\text{Nb}_{3,1}$, проведенные на дифрактометре SIEMENS D-500, подтверждают различия в кинетике и свидетельствуют о наличии преимущественно кристаллизованной приповерхностной области микропровода. Методом вибрационной магнитометрии были получены петли гистерезиса исходных, термически обработанных, а также образцов, в которых предполагаемый поверхностный кристаллический слой удален методом химического травления. Обнаружено, что удаление приповерхностной области микропроводов приводит к увеличению остаточной намагниченности, что также свидетельствует в пользу предположения о наличии кристаллизованного приповерхностного слоя.

Работа выполнена при финансировании РНФ (проект 22-72-00067).

1. M. Carara, M. N. Baibich, and R. L. Sommer, Stress level in Finemet materials studied by impedanceometry, *J. Appl. Phys.* 91, (2002) 8441 – 8443.
2. H. Chiriac, T. A. Ovari, and G. Pop, Internal stress distribution in glass-covered amorphous magnetic wires, *Phys. Rev. B* 52, (1995) 10104 – 10113.