

УДК 539.3

ЗАВИСИМОСТЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ АМОРФНЫХ И НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ ОТ ВРЕМЕНИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОТОКА β -ЧАСТИЦ

© Г.В. Новиков, А.В. Чиванов, В.А. Федоров, М.Г. Ковалева

Ключевые слова: аморфный сплав; нанокристаллический сплав; прочность; β -излучение.

Обнаружено изменение прочностных свойств и состояния поверхности аморфных и нанокристаллических сплавов под действием интенсивного низкоэнергетического β -облучения.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование структурных превращений в таких неравновесных системах, как аморфные металлические сплавы при их облучении потоками заряженных частиц [1, 2], способных инициировать процессы атомной перестройки за счет передачи энергии бомбардирующих частиц атомам твердого тела, представляет интерес при исследовании процессов, ответственных за структурно-фазовые превращения в аморфных материалах [3].

Проведение исследований физических, химических и механических свойств материалов, а также возможность влиять на эти свойства является необходимым условием при разработке перспективных технологий. Среди широкого круга физических принципов, на основе которых должны разрабатываться новые инструменты, особое внимание уделяется сфокусированным пучкам заряженных частиц низких энергий. В первую очередь, это связано с тем, что размер сфокусированного пучка возможно варьировать от единиц до долей миллиметра. Поэтому за счет взаимодействия частиц пучка с веществом можно локально модифицировать его свойства в микромасштабах.

Цель работы: установить влияние низкоэнергетического β -облучения с энергией квантов 75 кэВ на изменение механических свойств тонких лент аморфных и нанокристаллических сплавов, путем измерения микротвердости, а также на морфологические особенности и химический состав их поверхностей.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Для проведения исследований использовали ленты аморфного сплава на основе Co (80 %) – АМАГ-180 и нанокристаллического сплава на основе Fe (73,5 %) – АМАГ-200, толщиной 20 мкм и шириной 4 мм, из которых вырезались образцы длиной 15 мм. Перед облучением образцы наносили на подложку толщиной ≈ 1 мм, в качестве которой использовали полиэфирный композит с микротвердостью $H_v \approx 1051$ кг/мм² [4]. Образцы облучались в колонне электронного микроскопа ЭМВ-100Л при вакууме $\sim 10^{-4}$ Па, с выдержкой от 10 до

60 минут с интервалом в 10 минут сфокусированным пучком β -частиц диаметром ≈ 2 мм. Энергия β -частиц составляла 75 кэВ. Облучению подвергали обе поверхности лент: контактную и неконтактную. Микротвердость образцов определяли на приборе ПМТ-3 с использованием пирамидки Виккерса. Изменение морфологии поверхности фиксировали при помощи оптического микроскопа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что микротвердость всех образцов монотонно увеличивается по мере приближения к области воздействия пучка. Увеличение микротвердости является следствием совместного действия низкоэнергетических β -частиц и нагрева, возникающего при взаимодействии электронов с поверхностью металлических сплавов, и связано с образованием различного рода дефектов в зоне воздействия, таких как зерна, границы зерен, а также со структурными превращениями в сплавах, например рост микрокристаллов на поверхности сплава [4].

О характере структурных изменений судили по морфологическим особенностям деформации и разрушения сплавов в зоне воздействия индентора. При этом формировались характерные картины разрушения: отпечаток от индентора, окруженный трещинами, ориентированными параллельно его сторонам, что является следствием процесса охрупчивания аморфных и нанокристаллических сплавов. Чем ближе проводилось микроиндентирование к области воздействия, тем выраженнее характер разрушения образца, увеличивалось количество радиальных прямых трещин, часть из которых может объединяться с кольцевыми трещинами, вплоть до выхода трещин на грани образца [5, 6].

В работе наблюдали зеренную и дендритную кристаллизацию поверхности в нанокристаллическом сплаве на основе Fe на контактной и зеренный тип кристаллизации у аморфного сплава на основе Co с неконтактной стороны. Обнаружен рост микрокристаллов, которые образовывались в зоне действия сфокусированного пучка β -частиц.

Таблица 1

1) Процентно-весовой состав пленки; 2) Процентно-весовой состав необлученного образца;
 Δ – изменение процентно-весового состава

Элемент	O	Mg	Si	Ca	Cr	Mn	Fe	Co	Ni
1)	5,29	3,66	7,70	1,23	1,63	2,15	4,06	69,60	4,68
2)	1,75	0,64	8,85	0,16	1,78	2,15	4,33	75,25	5,03
Δ	3,54	3,02	-1,15	1,07	-0,15	0,00	-0,27	-5,65	-0,41

На поверхности сплавов в результате воздействия сфокусированного пучка электронов наблюдали образование пленки, объяснить появление которой можно следующим образом: под совокупным действием нагрева и β -частиц происходит процесс перераспределения атомов в зоне воздействия пучка. Данные таблицы 1 свидетельствуют о диффузии атомов O, Mg и Ca из объема сплава в поверхностный слой, и поэтому можно предполагать, что пленка представляет собой оксидное соединение Mg или Ca.

Исследование образцов на растровом микроскопе показало, что толщина пленки колеблется в пределах $\sim 0,1 \div 0,35$ мкм.

Спектральный анализ образцов показал, что весовой состав аморфного сплава изменяется (см. табл. 1).

Оценивая изменение процентно-весового состава элементов из табл. 1, можем говорить о возможных процессах перераспределения атомов поверхности сплава за счет восходящей диффузии.

ВЫВОДЫ

Установлены морфологические особенности макрокартин деформирования и разрушения ленточных образцов аморфных и нанокристаллических сплавов, подвергнутых воздействию β -частиц, в зависимости от величины прикладываемой нагрузки и времени облучения. По характеру морфологических особенностей можно судить о температуре в зонах индентирования. Исследование макрокартин деформирования и разрушения аморфных и нанокристаллических сплавов позволяет судить о температурах нагрева и протекающих превращениях в тех или иных областях, в силу их подобия картин разрушения и деформирования, полученным при регламентированном печном отжиге. Посредством спектрального анализа получены результаты о различном химическом составе поверхности после β -облучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ердыбаева Н.К., Плотников С.В., Мамырбекова Г.К.* Структурно-фазовые изменения в диффузионных слоях стали 40X после облучения пучком электронов // Современные достижения физики и фундаментальное физическое образование: сборник трудов 5 Междунар. науч. конф., 9–12 окт. 2007 г., Казахстан. Алматы, 2007. С. 163-165.
2. *Воронова Н.А., Комаров Ф.Ф., Купчишин А.И., Щербакоева Г.А.* Разработка комплексного метода синтеза и исследования механических свойств полупроводниковых соединений на основе кремния и наноструктур с использованием непрерывных электронных пучков // Там же. С. 103-104.
3. *Бондаренко Г.Г., Быстров Л.Н., Иванов Л.И., Платов Ю.М.* Применение высоковольтной электронной микроскопии в физике твердого тела // Успехи физических наук. 1975. С. 303-314.
4. Структура и свойства перспективных материалов / под общ. ред. А.И. Потекаева. Томск: Изд-во НЛТ, 2007. 580 с.
5. *Капустин А.Н., Федоров В.А., Яковлев А.В.* Действие нагрева и лазерного излучения на эволюцию механических свойств металлических стекол // Перспективные материалы. 2007. Т. 2. С. 333-337.
6. *Пермякова И.Е.* Эволюция механических свойств и особенности кристаллизации металлического стекла системы Co-Fe-Cr-Si, подвергнутого термической обработке: дис. ... канд. физ.-мат. наук. Белгород, 2004. 138 с.

БЛАГОДАРНОСТИ: Часть исследований проведены с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием БелГУ «Диагностика структуры и свойств наноматериалов».

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 06-01-96320р., № 09-01-97514 р_центр_a).

Поступила в редакцию 20 ноября 2009 г.

Novikov G.V., Chivanov A.V., Feodorov V.A., Kovaleva M.G. Dependence of mechanical properties and conditions of the surface amorphous and nano-crystal alloys from time influence of the stream of β -particles.

Change durability properties and a condition of a surface amorphous and nano-crystal alloys under action intensive low-energy-irradiations is revealed.

Key words: amorphous alloy; nano-crystal alloy; durability; β -particles.