

УДК 669.018

ИЗМЕНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТЕКОЛ НА ОСНОВЕ КОБАЛЬТА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩЕЙ СРЕДЫ

© А.В. Яковлев, Т.Н. Плужникова, В.А. Федоров, Ю.В. Черемисина, Г.А. Барышев

Ключевые слова: металлическое стекло; аморфный сплав; водородосодержащая среда; отжиг; пластичность; свободный объем.

Исследовано изменение механических свойств аморфных металлических сплавов под действием водородосодержащей среды.

Повышение надежности и увеличение сроков эксплуатации изделий из металлических стекол (МС) находятся в прямой зависимости от содержания вредных примесей. Одной из них является водород, который может попадать в материал не только на всех этапах технологической цепи изготовления, но и в процессе дальнейшей эксплуатации изделий, снижая технологические свойства. Аморфные сплавы проявляют заметную чувствительность к охрупчивающему воздействию водорода и жидких сред. Возможно разрушение материала вследствие изменения его свойств при воздействии водорода на приповерхностный слой. Исходя из изложенного, одной из значимых проблем физики неупорядоченных сред остается проблема контроля над изменением их физико-механических характеристик под воздействием водородосодержащей среды.

В работе исследовано воздействие водородосодержащей среды на механические свойства металлических стекол. Для проведения исследований использовали ленты аморфного сплава, полученные методом спиннингования на основе Co с различным его содержанием, толщиной 20 мкм и шириной 3,5 мм, из которых вырезались образцы длиной 15 мм. Ленточные металлические стекла подвергали изохронному отжигу в печи при заданных температурах с временем выдержки 10 минут в массивных стабилизирующих пластинах. Методом на изгиб исследовался характер изменения пластичности МС в зависимости от температуры отжига. Меру пластичности оценивали из выражения: $\varepsilon = h/(D - h)$, где $h = 20$ мкм – толщина ленты, D – расстояние между параллельными пластинами, при котором изогнутый образец с размерами (3,5×15 мм) разрушался. Для наводороживания использовались растворы NaCE (50 г/л) + H₂S (100 мг/л) и NaCE (50 г/л) + H₂S (400 мг/л). Образцы после отжига в этих растворах выдерживали 24 часа.

Вследствие действия водородной среды образцы МС приобретают черный цвет. Сравнивая элементный состав, полученный с помощью растрового ионно-электронного микроскопа Quanta 3D, контрольных образцов сплава с 80 % содержанием кобальта и наво-

дороженных образцов видно, что наблюдается выделение элементов серы, кислорода и углерода (табл. 1). Сера, вступая в соединение с железом, которое содержится во всех лентах аморфных сплавов, образует черную пленку на поверхности МС.

Данная среда на пластичность МС влияет по-разному. Экспериментально установлено, что пластичность металлических стекол с 72 и 80 % содержанием кобальта, подверженных действию водородной среды, ниже, чем пластичность отожженных образцов при той же температуре. У сплава с 80 % содержанием кобальта пластичность падает в среднем до 20 % до определенной температуры, затем наблюдается рост пластичности до значений, соответствующих значениям пластичности отожженных образцов (рис. 1).

Известно, что при отжиге металлических стекол уменьшается свободный объем, за счет существования которого происходит наводороживание. Именно с этим может быть связано увеличение пластичности металлического стекла после отжига при температурах выше 950 К. Как видно из рис. 1, при больших температурах изменение пластичности не зависит от концентрации сероводорода. Температура начала падения пластичности отожженных образцов, подверженных воздействию наводороживающей среды, ниже на ~ 50 К, чем отожженных образцов без наводороживания.

Таблица 1

Элементный состав образцов

Элемент	Контрольный, %	Наводороженный, %
C	–	6
O	–	3,73
Si	8,79	7,92
S	–	1,72
Cr	1,82	1,59
Mn	2,21	1,97
Fe	4,37	3,94
Co	77,74	68,70
Ni	5,07	4,43

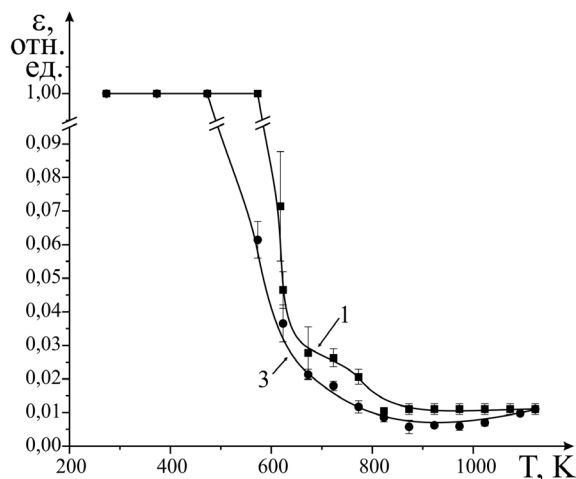


Рис. 1. Зависимость пластичности от температуры отжига для сплава на основе Co (80 %) – АМАГ-180: 1 – без наводороживания; 2 – коррозионная среда NaCE (50 г/л) + H₂S (100 мг/л); 3 – коррозионная среда NaCE (50 г/л)+H₂S (400 мг/л)

На пластичность МС с содержанием Co 83 % водородосодержащая среда влияет в определенном интервале температур отжига (575–725 К), а с содержанием Co 86 % влияние водородосодержащей среды на пластичность металлического стекла прослеживается в более широком интервале температур (625–825 К). У всех исследованных сплавов падение пластичности происходит как на первой стадии, так и на второй стадии. Падение пластичности на первой стадии в среднем

составляет 50 %, на второй стадии – 20 %. Если рассматривать узкий интервал температур (600–625 К), падение пластичности может достигать 90 %.

Таким образом, действие наводороживающей среды на отожженные МС приводит к снижению пластичности, что связано с проникновением водорода вглубь материала за счет существования свободного объема. При отжиге свободный объем уменьшается, вследствие чего снижается наводороживание, это является причиной роста пластичности к значениям, соответствующим отожженным образцам, не подверженным наводороживанию.

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

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант №09-01-97514 p_центр_a).

Поступила в редакцию 20 ноября 2009 г.

Yakovlev A.V., Plushnikova T.N., Feodorov V.A., Cheremina Yu.V., Baryshev G.A. Change of mechanical properties metal glass on the basis of cobalt under action of hydrogenous decreases.

Change of mechanical properties of amorphous metal alloys under action of hydrogenous decreases is investigated.

Key words: metal glass; amorphous alloys; hydrogenous decreases; annealing; plasticity; free volume.

УДК 669.018

РЕЛЬЕФ ПОВЕРХНОСТИ ЛЕНТОЧНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТЕКОЛ, ФОРМИРУЕМЫЙ ПРИ ИНДЕНТИРОВАНИИ

© А.В. Яковлев, Т.Н. Плужникова, В.А. Федоров, Ю.В. Черемисина

Ключевые слова: металлическое стекло; аморфный сплав; индентирование; рельеф; ступень; полосы сдвига. Исследован характер поверхности аморфных металлических сплавов, формируемой под действием индентирования.

Аморфное состояние твердого тела – наименее изученная область современного структурного материаловедения. Его можно определить как состояние, атомная структура которого не имеет корреляций на больших расстояниях, но сохраняет их на нескольких координационных сферах. Вопросы эволюции структуры металлических стекол (МС) относятся к ряду наиболее значимых проблем физики сильно неупорядоченных систем. Главная трудность заключается в способе описания структуры аморфного состояния. В совокупности с малой эффективностью методов, основанных на взаимодействии твердого тела с электромагнитным излучением различных длин волн (нейтроны, рентгеновские лучи, электроны), здесь отсутствуют привычные кри-

сталлографические термины и понятия. Перспективным является расширение арсенала методов исследования механических свойств МС. В работе исследованы механические характеристики МС в зонах микроиндентирования.

Исследования проводили на МС на основе Co (Co-Fe-Mn-Si-B-Ni, Co-80 %), полученном методом спиннингования. Толщина лент 20 мкм. Объектами исследования служили образцы размером 3,5×90 мм. Индентирование МС проводили на микротвердометре ПМТ-3 со стороны бесконтактной поверхности ленты. Исследования рельефа поверхности МС после микроиндентирования проводили на растровом электронном мик-