

А. А. Царьков, Э. Н. Занаева

НИТУ МИСиС, г. Москва

zanaeva26@yandex.ru

Научный руководитель – канд. техн. наук А. Ю. Чурюмов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА СТЕКЛООБРАЗУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ И КИНЕТИКУ ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТЕКОЛ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ

АННОТАЦИЯ

В работе исследовались металлические стекла на основе системы Al-Ni-Yb-(Co,Ca,Cu). Образцы из сплавов различных составов получали методом литья на вращающийся медный диск. Получено, что введение Ca положительно сказывается на характеристиках сплава системы Al-Ni-Yb: увеличивается микротвердость (HV), снижается энтальпия смешения $\Delta H_{см}$, увеличиваются энергия активации кристаллизации E_a и стеклообразующая способность (COC). Введение Cu оказывает малое влияние на HV и E_a , $\Delta H_{см}$ становится более положительной, а COC снижается. Также исследовали изменение фазового состава металлических стекол при различных температурах отжига.

Ключевые слова: металлические стекла, алюминий, кинетика фазовых превращений

ABSTRACT

Metallic glasses based on systems Al-Ni-Yb were investigated. Samples were obtained by melting on a spinning copper wheel. It was found that Ca addition has positive effect on parameters of investigated alloy: increase microhardness (HV), activation energy of crystallization (E_a) and glass forming ability (GFA), decrease enthalpy of mixing ΔH_{mix} . Cu addition has a small effect on HV, E_a , increase ΔH_{mix} and decrease GFA. The phase composition evolution of metallic glasses during annealing was observed.

Keywords: metallic glasses, aluminum, phase transformation kinetics

На сегодняшний день перспективным направлением является создание композиционных материалов, содержащих в структуре аморфную и кристаллическую фазы. Сочетание положительных качеств обоих материалов – прочности металлического стекла и пластичности кристаллических частиц, позволит решить проблему низкой пластичности аморфных металлических материалов. Актуальность данной работы

заключается в исследовании металлических стекол на основе алюминия в качестве основы для композиционных материалов.

В работе были получены металлические стекла из сплавов системы Al-Ni-Yb-(Co,Ca,Cu). Целью работы является определение влияния легирующих элементов на фазовые превращения в металлических стеклах на основе алюминия для дальнейшей разработки композиционных материалов.

Для выполнения поставленных задач было необходимо получить металлические стекла на основе алюминия различных составов, провести их исследования с применением методов рентгенофазового анализа (РФА) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК). Для определения кристаллизующихся фаз проводили нагрев исходных металлических стекол до различных температур с последующей расшифровкой их рентгенограмм.

Образцы в виде лент получали методом закалки из расплава на вращающемся медном диске. Результаты РФА (рис. 1, а) показали, что в диапазоне углов 2θ от 30° до 50° присутствует один размытый пик, что свидетельствует о том, что все полученные ленты характеризуются аморфной структурой.

На термограммах некоторых сплавов присутствует один экзотермический пик, на некоторых два или три. Различия механизмов кристаллизации аморфных сплавов проявляются на форме максимумов тепловыделения: пологом и размытом в случае первичной кристаллизации, и резком – в случае эвтектической. На термограмме сплава $\text{Al}_{85}\text{Ni}_7\text{Yb}_4\text{Ca}_4$ (рис. 1, б) при малых скоростях нагрева (2 и 5 К/мин) присутствует один экзотермический пик, при более высоких, три последовательных пика. Это связано с тем, что при малых скоростях кристаллизуется эвтектика, а при более высоких проходит последовательная кристаллизация отдельных фаз [1].

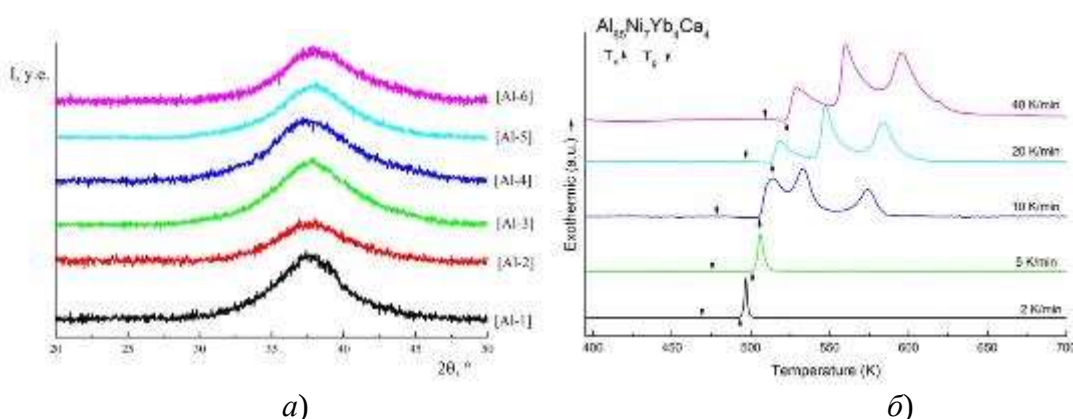


Рис. 1. Результаты РФА и ДСК алюминиевых сплавов: а) рентгенограммы лент из алюминиевых сплавов; б) термограммы сплава $\text{Al}_{85}\text{Ni}_7\text{Yb}_4\text{Ca}_4$, полученные при различных скоростях нагрева

По ДСК кривым сплавов, полученным при скорости нагрева 40 К/мин определили характеристические температуры сплавов: температуры

расстекловывания T_g , кристаллизации T_x и ликвидуса T_l (с точностью 1 °C), и по ним рассчитали параметры стеклообразующей способности (СОС).

По серии экспериментов при разных скоростях нагрева (v): 2, 5, 10, 20 и 40 К/мин, определили температуры экзотермических пиков (T_p), и определили энергию активации кристаллизации (E_a) по модели Киссенджера. В сплавах, на термограммах которых присутствуют несколько пиков, определяли температуры каждого пика и рассчитывали энергию активации кристаллизации.

Расчет энтальпии смешения сплавов производился по формуле на основе модели Миедемы [2]. Для интерпретации полученных результатов определили параметр, характеризующий разницу атомных размеров компонентов сплавов [3].

В результате нагрева полученных образцов до различных температур и расшифровки их рентгенограмм, получено, что в сплавах проходит кристаллизация с образованием различных фаз. Как показывают результаты РФА, в сплавах сначала кристаллизуются частицы алюминиевого твердого раствора, затем образуются частицы интерметаллических фаз и оксидов.

В результате проведенных экспериментов и расчетов получили, что введение Са положительно сказывается на всех параметрах сплава системы Al-Ni-Y. А именно увеличивается микротвердость (HV), снижается энтальпия смешения ($\Delta H_{см}$), увеличиваются энергия активации кристаллизации (E_a) и характеристики стеклообразующей способности (СОС). Введение Си взамен Al оказывает малое влияние на HV и E_a , при этом $\Delta H_{см}$ увеличивается, а СОС снижается. Также исследовали изменение фазового состава металлических стекол при нагреве до различных температур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Судзуки К., Фудзимори Х., Хасимото К. Аморфные металлы. – М.: Металлургия. – 1987.
2. Takeuchi A., Inoue A. Classification of bulk metallic glasses by atomic size difference, heat of mixing and period of constituent elements and its application to characterization of the main alloying element // Materials Transactions. – 2005. – Vol. 46. – P. 2817–2829.
3. Guo Sh., Liu C.T. Phase stability in high entropy alloys: Formation of solid-solution phase or amorphous phase // Progress in Natural Science Materials International. – 2011. – Vol. 21. – P. 443–446.