

Щерецкий А.А., Абрамов В.А., Лахненко В.Л., ¹Бакай С.А.
(ФТИМС НАН України, г. Киев, ¹ХФТИ, г. Харьков)

ПОЛУЧЕНИЕ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ

Исследованы процессы перехода сплава $Zr_{62,5}Cu_{19}Ni_9Al_7Nb_{2,5}$ из аморфного состояния в наноструктурное и кристаллическое. Определены параметры процесса кристаллизации сплава: температура стеклования (T_g), температура кристаллизации (T_x), энергия активации кристаллизации (E_a). Изучено влияние на кристаллизацию сплава предварительной термообработки. Путем термической обработки указанного аморфного сплава получены наноструктурные материалы.

В аморфном состоянии сплав был получен методом спиннингования в виде ленты шириной 6 мм и толщиной 55 мкм. Низкотемпературную (продолжительную) термическую обработку ленты из аморфного сплава выполняли в среде очищенного аргона. Образцы нагревались до заданной температуры со скоростью 20 град/мин, подвергались изотермической выдержке требуемой продолжительности и охлаждались также со скоростью 20 град/мин. Высокотемпературную (кратковременную) термообработку выполняли в расплавах металлов (свинец, олово). Образцы заворачивались в алюминиевую фольгу толщиной 0,05 мм, погружались в нагретый до требуемой температуры расплав и выдерживались в течение одной минуты. Затем образцы вынимали и погружали в воду при комнатной температуре.

Исследованы структура и механические характеристики полученных материалов. Установлено, что структура полученных наноматериалов представляет собой аморфную матрицу с включениями интерметаллидов размером порядка 10 нм, их прочность на 30...40% выше, чем у исходного аморфного сплава.

Теплофизические свойства образцов исследовали методами дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) на приборе STA 449F1 немецкой фирмы NETZSCH и методом динамического термомеханического анализа (ДМА) на приборе DMA 242C той же фирмы. Температуру и теплоту кристаллизации из аморфного состояния определяли методом ДСК.

Энергию активации кристаллизации сплавов рассчитывали по методу Киссинджера, для чего образцы сплавов при ДСК-исследовании нагревали со скоростью 1, 2, 5, 10 и 20 град/мин.

Контроль структуры сплавов выполняли рентгеноструктурным методом на дифрактометре ДРОН-3М в монохроматическом K_α – Fe-излучении. Исследование структуры образцов выполняли на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) ZEISS EVO 50XVP и электронном микроскопе на просвет (ПЭМ) JEM-100CX.

Предел прочности (σ_b) сплавов рассчитывали по результатам измерения микротвердости. Для определения микротвердости образцов использовали микротвердомер ПМТ-3 при нагрузке на индентор 100 г. Модуль упругости сплавов определялся методом ДМА.

Исследование аморфного сплава $Zr_{62,5}Cu_{19}Ni_9Al_7Nb_{2,5}$ позволило выявить две перспективные температурные области его термической обработки с целью получения наноструктурных материалов. Для обработки с целью повышения прочности на 250...300 МПа и сохранения максимального модуля упругости требуется продолжительная изотермическая выдержка, оптимальной является температура 380 °С. Кратковременная обработка в интервале температур $T_{x1}...T_{x2}$, т.е. между пиками кристаллизации на кривой ДСК ($\approx 450^\circ\text{C}$) обеспечивает повышение прочности на 500 МПа, но модуль упругости при этом несколько уменьшается. Полученные результаты показывают возможность получения наноматериалов с высокими механическими характеристиками путем термообработки аморфного сплава $Zr_{62,5}Cu_{19}Ni_9Al_7Nb_{2,5}$.