

ВИБРОКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ

**Беляев С.П.^{1,2}, Рубаник В.В. мл.^{3,4}, Рубаник В.В.^{3,4}, Реснина Н.Н.^{1,2},
Поникарова И.В.¹, Ужекина А.Н.⁴, Демидова Е.С.¹, Шеляков А.В.⁵**

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

²Петербургский институт ядерной физики НИЦ « Курчатовский институт»,
Гатчина, Россия

³Витебский государственный технологический университет, Витебск, Беларусь

⁴Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебск, Беларусь

⁵Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (Московский
инженерно-физический институт), Москва, Россия

E-mail: spbelyaev@mail.ru

В последние годы было показано, что механические вибрации могут оказывать влияние на формирование кристаллической структуры не только при кристаллизации из жидкого состояния, но и в аморфных сплавах. Более того, кристаллическая структура, которая формируется при механических вибрациях, отличается от структуры сплава, закристаллизованного путем нагревания. Таким образом, применение механических вибраций для кристаллизации аморфных сплавов может позволить получать материалы с новыми свойствами. Это особенно актуально для сплавов с памятью формы, функциональные свойства которых определяются структурой сплава. Ранее авторами было показано, что механические вибрации, как низкочастотные, так и ультразвуковые, приложенные к аморфным сплавам на основе TiNi в течение 10 минут, приводят к структурной релаксации и формированию кристаллических нанокластеров, величина и количество которых определяется параметрами вибраций: амплитудой и частотой. Целью данной работы явилось изучение влияния длительности механических вибраций на кристаллизацию аморфного сплава на основе TiNi.

В качестве объекта исследования были выбраны тонкие аморфные ленты сплава $Ti_{40.7}Hf_{9.5}Ni_{41.8}Cu_8$, полученные методом закалки из расплава. Образцы подвергали механическим вибрациям амплитудой 4 мкм и частотами 2 Гц и 20 Гц при комнатной температуре в динамическом механическом анализаторе Mettler Toledo в течение времени от 0,5 до 4 часов. Механические вибрационные воздействия с ультразвуковой частотой 22 кГц и амплитудой 4 мкм осуществляли при комнатной температуре в ультразвуковой наковальне. После механического воздействия, исследовали изменение электросопротивления образцов и изучали их структуру методами рентгеноструктурного анализа и просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения. Полученные результаты показали, что увеличение длительности механических вибраций может приводить к тому, что нанокристаллические кластеры увеличиваются в размерах, сливаются и образуют кристаллические стенки между которыми находятся аморфные островки. Доля кристаллической фазы увеличивается, что подтверждается появлением рефлексов на электронограммах и дифракционных максимумов при больших углах на рентгенограммах. Однако виброкристаллизация происходит локально и большая часть образца остается аморфной. Предполагается, что для полной кристаллизации необходимо увеличить длительность механических вибраций.

Работа выполнена в рамках совместного проекта РФФИ (№18-58-00023-Бел-а) – БРФИ (№Т18Р-288) с использованием оборудования ресурсных центров «Рентгенодифракционные методы исследования» и «Нанотехнологии» СПбГУ.