

УДК 620.22

А. Г. Войтенко*

НИТУ «МИСиС», г. Москва

*i.fyz@mail.ru

Научный руководитель – проф., д-р техн. наук В. С. Золоторевский

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ НА СТРУКТУРУ И ТВЕРДОСТЬ АМОРФНОГО СПЛАВА $Al_{85}Y_8Ni_5Co_2$

В работе исследовалось металлическое стекло состава $Al_{85}Y_8Ni_5Co_2$. Образцы получали методом литья на вращающийся медный диск. Методами просвечивающей электронной микроскопии изучены изменения, происходящие в структуре лент при прокатке при комнатной температуре, а также при повышенных температурах 100 °С и 200 °С. Выявлены различия в показателях твердости образцов в разных состояниях.

Ключевые слова: алюминий, аморфные ленты, прокатка, твердость

A. G. Vojtenko

THE EFFECT OF DEFORMATION AT DIFFERENT TEMPERATURES ON STRUCTURE AND HARDNESS OF THE AMORPHOUS ALLOY

$Al_{85}Y_8Ni_5Co_2$

The structure of amorphous tapes of an alloy $Al_{85}Y_8Ni_5Co_2$ was investigated in this work. Samples were obtained by melting on a spinning copper wheel. The changes happening in the structure of tapes after rolling at the room temperature, and also at the increased temperatures equal 100 °C and 200 °C was investigated by PEM methods. Distinctions in the hardness of samples in different states were revealed.

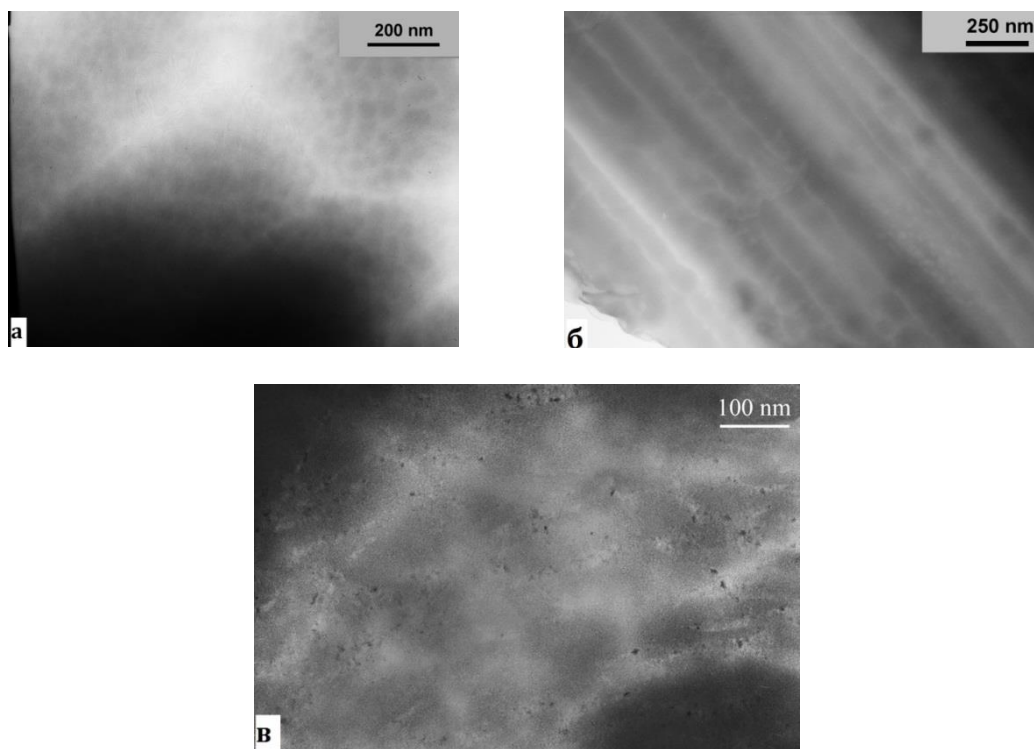
Keywords: aluminum, amorphous tapes, rolling, hardness

Металлические стекла на основе алюминия являются новым перспективным семейством материалов с низкой плотностью и высокой удельной прочностью. Однако сплавы на основе алюминия, имея хорошие прочностные свойства, обладают низкой пластичностью и, следовательно, применение их в качестве конструкционных материалов является ограниченным. В последние годы растущий интерес исследователей вызывает процесс нанокристаллизации аморфных сплавов под воздействием пластической деформации. Исследования показали, что целый ряд процессов, таких как изгиб, низкоэнергетический размол и холодная прокатка аморфных сплавов [1], приводят к формированию нанокристаллов. Известно, что пластическая деформация аморфных

сплавов осуществляется путем образования и распространения полос сдвига. Особенностью пластической деформации аморфных сплавов является увеличение концентрации свободного объема в полосах, т. е. увеличения среднего расстояния между атомами. Также известно, что твердость пластически деформированных аморфных сплавов на основе Al может снижаться линейно с увеличением степени пластической деформации [2].

В данной работе исследовали влияние прокатки при разных температурах: комнатной, 100 °С и 200 °С, на структуру и твердость аморфного сплава $Al_{85}Y_8Ni_5Co_2$. В качестве объектов исследования использовали тонкие ленты толщиной от 30 до 45 мкм, полученные методом спиннингования. Образцы перед деформацией предварительно зажимали между двумя стальными листами марки 12Х18Н10Т толщиной 2 мм и деформировали методом многократной прокатки. Во время прокатки при повышенных температурах перед каждым проходом образцы помещали в печь, нагретую до соответствующей температуры, на 10 минут. В результате прокатки толщина лент уменьшалась до 10–15 мкм. Таким образом, степень деформации составляла 30–40 %.

Данные о внутренней структуре аморфной ленты сплава $Al_{85}Y_8Ni_5Co_2$ были получены с помощью просвечивающей электронной микроскопии. Как видно из рисунка, *а* до прокатки структура полностью соответствовала классическому виду структуры аморфного металла.



Структура лент в ПЭМ: *а* – до прокатки, *б* – после прокатки при комнатной температуре, *в* – после прокатки при 200 °С

После прокатки в структуре ленты сплава $\text{Al}_{85}\text{Y}_8\text{Ni}_5\text{Co}_2$ произошли значительные изменения: появилось большое количество полос сдвига (рисунок, б) которые были распределены неравномерно. После прокатки при $100\text{ }^\circ\text{C}$ в структуре лент не произошло значительных изменений по сравнению со структурой после прокатки при комнатной температуре, она осталась полностью аморфной. После прокатки при $200\text{ }^\circ\text{C}$ в структуре лент произошли большие изменения (рисунок, в). Образцы после деформации при $200\text{ }^\circ\text{C}$, как правило, тоже аморфные. Но есть места образца, в которых наблюдаются кристаллы алюминия. Таким образом, прокатка при $200\text{ }^\circ\text{C}$ приводит к частичной кристаллизации аморфных лент сплава $\text{Al}_{85}\text{Y}_8\text{Ni}_5\text{Co}_2$.

Для того чтобы определить влияние деформации на свойства сплава, измерили микротвердость лент в четырех состояниях: исходном, после прокатки при комнатной температуре и после прокатки при температурах $100\text{ }^\circ\text{C}$ и $200\text{ }^\circ\text{C}$.

В исходном состоянии значение твердости максимально и равно в среднем 416 HV , после прокатки при комнатной температуре это значение уменьшилось до $(330\pm 14)\text{ HV}$, что может быть связано с увеличением свободного объема между атомами. После прокатки при температуре $100\text{ }^\circ\text{C}$ значение микротвердости увеличилось до $(414\pm 48)\text{ HV}$. Это может быть связано с тем, что внесение свободного объема при прокатке конкурирует с его уменьшением при нагреве. Результат будет зависеть от того, какой из факторов превалирует. После прокатки при температуре $200\text{ }^\circ\text{C}$ твердость снижается до значения $(296\pm 18)\text{ HV}$, что, вероятно, связано с частичной кристаллизацией лент.

Работа выполнена в рамках гранта Эндаумент-фонда НИТУ «МИСиС» (Росатом).

ЛИТЕРАТУРА

1. Структурные превращения в аморфном сплаве $\text{Al}_{85}\text{Ni}_{6.1}\text{Co}_2\text{Gd}_6\text{Si}_{10.9}$ при многократной прокатке / Г. Абросимова, А. Аронин, О. Баркалов [и др.] // Физика твердого тела. 2011. Т. 53, вып. 2.
2. Влияние структурирования аморфных металлических сплавов $\text{Al}_{87}\text{Y}_{5-x}\text{Gd}_x\text{Ni}_{8-y}$ ($x = 0,1,5$; $y = 0,4$) на их механические свойства / Л. Бойчишин, М. Ковбуз, О. Герцик, В. Носенко, Б. Котур // Физика твердого тела. 2013. Т. 55, вып. 2.