

РЕЛАКСАЦИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СТЕКЛА НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ В ИСХОДНОМ И ПРОКАТАННОМ СОСТОЯНИИ

^{1*}Федоров В. А., ¹Березнер А. Д., ²Задорожный М. Ю.

¹ТГУ им. Г.Р. Державина, Тамбов, Россия

²НИТУ «МИСис», Москва, Россия

*fedorov-tsu.tmb@inbox.ru

Известно, что при воздействии на систему различных диссипативных факторов возможен ее переход в новое устойчивое состояние посредством деформации. Наряду с другими материалами, представляет интерес исследование отклика металлических стекол на воздействие осциллирующей механической нагрузки и температуры. Модельный анализ данного процесса также представляется перспективным ввиду необходимости обобщения экспериментальных данных.

Металлические стекла $Al_{85}Y_8Ni_5Co_2$ (размер: $18,5 \times 4,5 \times 0,04$ мм) исследовались в рамках динамического механического анализа (ДМА), при статичной нагрузке 12 МПа, одновременно с добавочным циклом нагружения (амплитуда 2,2 МПа, частота 3 Гц) и возрастающей температурой (скорость нагрева 5 К/мин). Экспериментально отслеживались удлинение образца l , модули накопления E' и потерь E'' , сила реакции F , а также сдвиг фаз δ . Остальные величины рассчитывались в рамках модели [1], а их значения сопоставлялись с литературными данными. Структурные особенности сплава оценивались методами рентгенографии и калориметрии (ДСК).

Установлено, что расчетные поверхности E' и E'' качественно согласуются с экспериментом (в том числе, в области α -пика), а максимум β -релаксации может быть учтен добавлением нормально распределенной компоненты, с поправкой вида Кольрауша-Вильямса-Уоттса. Сила реакции и внутреннее трение образца – Q^{-1} также рассчитываются в рамках модели, что позволяет проанализировать влияние холодного проката (скорость хода лент через вальцы: 0,6 м/с) на упругопластические свойства сплава. В работе была определена связь между теплоемкостью (пиком ДСК) и положением α -максимума, что позволило рассчитать температуры стеклования и кристаллизации металлического стекла. Также был определен тип течения исследуемого материала на всех этапах эксперимента. Показано, что вначале эксперимента деформация сплава подчиняется закону Бингама, а с равномерным возрастанием температуры его вязкость уменьшается в псевдопластическом режиме. Такая интерпретация позволяет предложить механизм деформации аморфного сплава на основании аналогии его поведения с другими материалами-псевдопластичками. При прокатке накладывается напряжение, приводящее к переориентации атомов или молекул в свободные области объема, в которых положение будет более устойчивым относительно предыдущего состояния. Иными словами, в прокатанном аморфном сплаве уменьшается упругость и увеличивается пространственная атомная подвижность. В процессе деформации, при ДМА, атомы перемещаются группами, масштаб которых изменяется стохастически. При этом такие формирования (полосы сдвига или их зоны) оказывают воздействие на свое окружение подобно осцилляторам, с присущими им волновыми процессами, выражающимися в виде биений и резонанса. Это приводит к проявлению пиков релаксации на силовых кривых.

Работа поддержана Российским Научным Фондом (грант № 22-22-00226)

1. A.D. Berezner et al. Theor. Appl. Fract. Mech., 118, 103262 (2022)