

## РЕЛАКСАЦИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СТЕКЛА НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ В ИСХОДНОМ И ПРОКАТАННОМ СОСТОЯНИИ

<sup>1\*</sup>Федоров В. А., <sup>1</sup>Березнер А. Д., <sup>2</sup>Задорожный М. Ю.

<sup>1</sup>ТГУ им. Г.Р. Державина, Тамбов, Россия

<sup>2</sup>НИТУ «МИСис», Москва, Россия

\*[fedorov-tsu.tmb@inbox.ru](mailto: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  $\delta$ . 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  $\alpha$ -пика), а максимум  $\beta$ -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  $\alpha$ -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)