

УДК 541.128; 541.183

## МИКРОМЕХАНИЗМЫ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ АМОРФНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ $\text{Co}_x\text{Fe}_{85-x}\text{B}_{15}$ ПРИ ИНДЕНТИРОВАНИИ

© Э.А. Бойцов, В.И. Иволгин, В.В. Коренков, А.И. Тюрин

Boitsov E.A., Ivolgin V.I., Korenkov V.V., Tiurin A.I. Micro-mechanisms of amorphous  $\text{Co}_x\text{Fe}_{85-x}\text{B}_{15}$  metal alloys plastic deformation under indentation.

Широко возросший интерес к новому классу материалов с неупорядоченным расположением атомов в пространстве – аморфным металлическим сплавам (АМС) – во многом объясняется рядом присущих им специфических свойств, в особенности механических, играющих значительную роль в сфере практического применения. Однако остается открытым вопрос, каковы свойства и механизмы деформирования АМС в условиях высокоскоростного локального нагружения, которое часто реализуется на практике, например, при ударном микроконтактном взаимодействии, микроабразивном износе, механической шлифовке, полировке и т. д. Информация о спектре и динамике образующихся структурных дефектов и реальных механизмах деформации, протекающей в этих условиях, очень ограничена.

Целью данной работы являлось определение динамических характеристик процесса индентирования, а также получение информации о спектре образующихся структурных дефектов и микромеханизмах массопереноса в зоне деформации под индентором.

В работе представлены результаты анализа динамики и микромеханизмов массопереноса под индентором в ряде аморфных металлических сплавов:  $\text{Co}_{15}\text{Fe}_{70}\text{B}_{15}$ ,  $\text{Co}_{17}\text{Fe}_{68}\text{B}_{15}$ ,  $\text{Co}_{19}\text{Fe}_{66}\text{B}_{15}$ ,  $\text{Co}_{25}\text{Fe}_{60}\text{B}_{15}$ ,  $\text{Co}_{30}\text{Fe}_{55}\text{B}_{15}$ ,  $\text{Co}_{40}\text{Fe}_{45}\text{B}_{15}$ ,  $\text{Co}_{64}\text{Fe}_{21}\text{B}_{15}$ , полученные новым методом динамического индентирования на специально разработанной аппаратуре, обеспечивающей одновременно высокое временное (200 мс) и пространственное (20 нм) разрешение.

Реальная кинетика погружения индентора позволяет определить мгновенные значения его скорости, силы сопротивления материала проникновению индентора, динамическую микротвердость. Перестроением кинетических

кривых погружения индентора в полулогарифмических координатах обнаружено три участка, которые можно отождествить с отдельными стадиями в процессе формирования отпечатка. Наличие трех легко дифференцируемых стадий в кинетике означает отсутствие автомоделности процесса формирования отпечатка и последовательную смену доминирующих механизмов деформации.

Начиная со второй стадии погружения, когда с уменьшением среднего контактного напряжения в зоне пластической деформации и величины  $H_d(t)$  происходит уменьшение, процесс погружения индентора может быть проанализирован в рамках термоактивационной теории. На этой стадии активационный объем  $\gamma$  для всех исследованных образцов был близок по величине к значениям порядка  $10^{-30}$  м<sup>3</sup>, что свидетельствует в пользу моноатомных механизмов массопереноса на данной стадии. На третьей стадии  $\gamma$  возрастает до значений порядка  $(6 \div 9) \cdot 10^{-30}$  м<sup>3</sup>. Это означает переход к скоррелированному движению малоатомных кластеров в процессе пластической деформации.

Установлено, что величина активационного объема и особенно ее изменения в процессе перехода от второй стадии погружения к третьей оказываются гораздо более чувствительными к процентному содержанию кобальта в сплаве, чем предел текучести и статическая микротвердость материала, что, по-видимому, отражает изменения в размерах и морфологии атомных кластеров, характерных для данного состава.

Поступила в редакцию 1 декабря 2000 г.