

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОЛЗУЧЕСТИ В СУБМИКРООБЪЕМАХ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ НАНОИНДЕНТИРОВАНИИ

Головин Ю. И., Тюрия А. И., Юнак М. А.

Тамбовский государственный университет, г. Тамбов, Россия
golovin@tsu.tmb.ru

Изучение процессов ползучести обычно осуществляется путем приложения к образцу постоянного усилия и исследования отклика материала на его влияние. Это позволяет выявить большое количество различных свойств твердых тел, обуславливающих их пластическую деформацию. И, в частности, помогло понять механизмы пластической деформации, протекающие в различных материалах при влиянии разных условий (температурных, механических, магнитных и др.).

Применительно к индентированию, методика ползучести может быть реализована посредством приложения к индентору импульса нагрузки трапециoidalной формы. Она заключается в приложении к индентору нарастающей нагрузки (с варьируемым фронтом и амплитудой), последующем выдерживании материала при постоянной нагрузке и дальнейшей разгрузке отпечатка.

Такая методика может позволить исследовать процессы ползучести в субмикроробемах при динамическом наноиндентировании.

Поэтому цель работы заключалась в исследовании кинетики процесса ползучести в LiF и ПММА в зависимости от времени нарастания нагрузки и температуры индентирования.

Установлено, что ползучесть в LiF и ПММА на плато нагрузки проходит в две стадии. В LiF кинетика первой стадии (характерное время t до 7 – 8 с) — зависит от скорости нагружения, а второй (8 с $< t < 20$ с) — практически нет. Проведен активационный анализ выявленных стадий ползучести. Показано, что на первой стадии величина активационного объема γ изменяется от 5×10^{-29} до 10^{-28} м³, а на второй — составляет величину порядка 10^{-27} м³. Полученные значения величины γ соответствуют переходу от монокотомных к дислокационным механизмам течения в этих условиях.

В ПММА скорость нагружения так же влияет на кинетику I стадии (характерное время t составляет 4 – 5 с) и практически не влияет на кинетику второй (5 с $< t < 20$ с). Проведенный активационный анализ при комнатной температуре показал, что величина γ меняется на первой стадии от 10^{-28} до 5×10^{-28} м³, а на второй стадии остается неизменной $\sim 5 \times 10^{-28}$ м³. Полученные значения γ сопоставимы с объемом хребтового звена макромолекулы ПММА. Это свидетельствует в пользу того, что на стадии ползучести пластическая деформация ПММА обусловлена движением хребтовых сегментов макромолекулы.

Температурные исследования ползучести (в интервале от 25 до 116°C) при постоянном времени нарастания силы позволили определить кинетику формирования отпечатка и процесса ползучести, а также определить скоростные (скорость внедрения индентора и скорость относительной деформации), силовые (контактные напряжения и динамическая твердость) и активационные (энергия активации и активационный объем) параметры. Показано, что в ПММА процесс формирования отпечатка обусловлен деформацией материала за счет движения отдельных боковых или хребтовых звеньев макромолекулы (в зависимости от времени нарастания нагрузки, стадии индентирования и температуры).

Работа выполнена при поддержке РФФИ (гранты № 01-02-16573 и № 04-02-17198) и Министерства образования РФ, грант в области естественных наук (шифр E02-3.4-263).