

**ФИЗИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ НЕУПРУГОЙ ДЕФОРМАЦИИ
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТЕКОЛ ПРИ НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ***Е.Е. Слядников^{1,2,3}¹ *Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия*² *Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, Россия*³ *Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий, г. Новосибирск, Россия*

Показано, что физическим механизмом неупругой деформации в металлических стеклах при низких температурах является квантовое туннелирование некоторых атомов в двухъямном потенциале или атомных групп.

Ключевые слова: *металлическое стекло, неупругая деформация, туннелирование атомов, двухъямный потенциал.*

Введение

Перспективным методом создания наноструктурных материалов с заданными эксплуатационными свойствами является экспериментальное и теоретическое исследование неравновесных структурных превращений в аморфных металлических сплавах (АМС), стимулированных внешним механическим воздействием [1, 2]. Карта механических состояний АМС в параметрах температура T – приложенное напряжение σ/μ (μ – модуль сдвига) [3] показывает, что в области от абсолютного нуля до комнатной температуры и низких напряжений $\sigma/\mu \ll 10^{-2}$ реализуется упругодеформированное состояние. При увеличении напряжения $\sigma/\mu \leq 10^{-2}$ существует область неупругой деформации. При высоких напряжениях $10^{-2} < \sigma/\mu < 10^{-1}$ реализуется неоднородная пластическая деформация АМС, в процессе которой формируются сравнительно узкие, шириной в несколько сотен ангстрем, полосы скольжения, отстоящие друг от друга на сотни тысяч ангстрем. Механизмом неоднородной пластической деформации АМС считается атермическое скольжение, а механизм неупругой деформации окончательно не установлен.

Первая микроскопическая модель элементарных кооперативных неупругих перестроек в металлических стеклах, построенная на концепции однородно распределенного свободного объема, предложена Аргоном [4]. В модели [5] предполагается, что вследствие неоднородности структуры стекла в нем возникают области с избыточным относительно «идеальной структуры» свободным объемом «центры релаксации». В настоящее время часто используемыми являются модель спектра энергий активации [6], а также модель направленной структурной релаксации, ориентированной внешней силой [7]. В модели [8] предложен метод описания локальной структуры аморфных сплавов, основанный на концепции n -, p - и τ -дефектов.

Неупругая деформация объясняется локальными (неупругими) смещениями группы атомов из начальных положений равновесия в другие положения равновесия, расположенные от начальных на расстоянии меньше межатомного в ответ на приложенное напряжение сдвига [4–8]. Вероятность такой перестройки группы атомов (возникновения зоны трансформации сдвига) за счет тепловой флуктуации пропорциональна $e^{-(E_a - \sigma \cdot a_0^3)/kT}$, где E_a – энергетический активационный барьер, a_0 – межатомное расстояние. В области неоднородной пластической деформации считается, что $(E_a - \sigma \cdot a_0^3) \leq 0$, а при неупругой деформации $(E_a - \sigma \cdot a_0^3) > 0$, следовательно, неупругая деформация является термоактивируемой. Однако эффект неупругой деформации экспериментально наблюдается при криогенной температуре (77 К) [9], где энергия тепловой флуктуации невелика (0.007 эВ), и при более низких температурах [3].

Поэтому механизм неупругой деформации АМС должен включать в себя помимо механизма локальных термических флуктуаций также атермический механизм квантового туннелирования атомов или атомных групп [10–12], стимулированный неупругой деформацией.

* Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2019-0031.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>