

## РОСТ ШЕРОХОВАТОСТИ НА ПОВЕРХНОСТИ ФОЛЬГИ ИЗ АМОРФНОГО СПЛАВА $Fe_{70}Cr_{15}V_{15}$ КАК ОТКЛИК НА РАСТЯГИВАЮЩУЮ НАГРУЗКУ

*В.Е.Корсуков, А.С.Лукьяненко, Б.А.Обидов, В.Н.Светлов, Е.В.Степин*

*Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН  
194021 Санкт-Петербург, Россия*

Поступила в редакцию 1 февраля 1993 г.

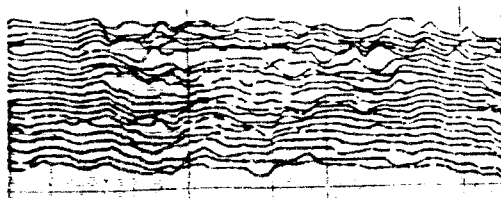
Методом сканирующей туннельной микроскопии на растянутой поверхности фольги из аморфного сплава железа прослежена кинетика роста шероховатости.

Нами проводилось систематическое изучение воздействия растягивающих механических напряжений на топографию поверхности фольг из аморфного сплава  $Fe_{70}Cr_{15}V_{15}$  методом сканирующей туннельной микроскопии (СТМ). Аморфные сплавы – удобный материал для подобных исследований, поскольку демонстрируют упругое поведение в широком интервале нагрузок. Это означает, в частности, что процессы на нагруженной поверхности, о которых речь пойдет ниже, наблюдаемые при достаточно малых нагрузках, не могут быть отнесены за счет пластичности. Напротив, мы полагаем, что эти процессы часто являются первопричиной пластического течения материала и, в конце концов, его разрушения.

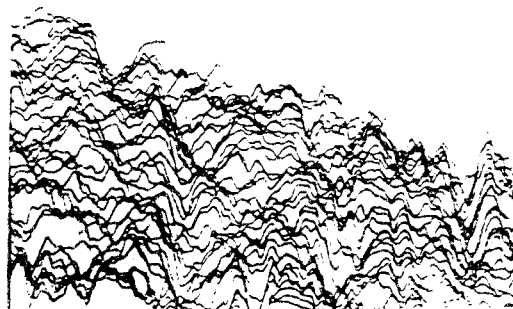
По результатам наших наблюдений можно выделить несколько сценариев развития событий на растянутой поверхности  $Fe_{70}Cr_{15}V_{15}$ . В работе <sup>1</sup> был представлен один из возможных сценариев, где постепенное нарастание шероховатости на всей наблюдаемой площадке ( $7 \times 5$  мкм) растянутой поверхности было прервано (или завершилось) возникновением системы трещиноподобных образований, перпендикулярных оси действия нагрузки. Там же было высказано предположение, что рост шероховатости является квазиупругим эффектом в том смысле, что с прекращением действия нагрузки (в момент возникновения трещиноподобных образований) шероховатость резко уменьшается. Такой отклик поверхности  $Fe_{70}Cr_{15}V_{15}$  на нагрузку совершенно аналогичен тому, который наблюдался нами на Ge(111) <sup>2</sup>. Создается впечатление, что такой квазиупругий отклик поверхности на нагрузку достаточно универсален.

В подтверждение и развитие этой гипотезы в данной работе мы приводим еще одну экспериментальную серию на растянутой поверхности  $Fe_{70}Cr_{15}V_{15}$  при несколько меньшей нагрузке  $\sigma = 30$  кГ/мм<sup>2</sup>. При этом уровне нагрузки трансформация поверхности  $Fe_{70}Cr_{15}V_{15}$  не сопровождается скачкообразными явлениями, подобными тем, которые описаны в <sup>1</sup> и которые можно отнести к типу пластических. Динамика рельефа носит либо квазипериодический характер с возникновением и залечиванием местных неоднородностей рельефа (с временным периодом порядка часа), либо характер сложной кинетики с выходом на насыщение за время порядка нескольких часов.

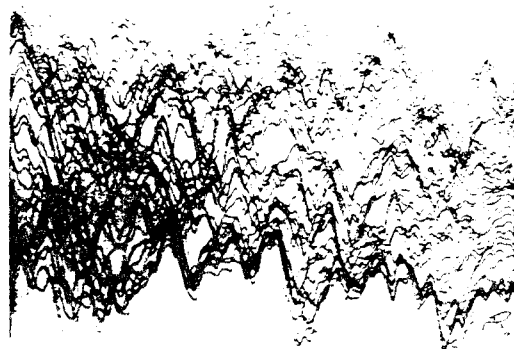
Методика эксперимента описана в наших предыдущих работах <sup>1,2</sup>. Режим работы туннельного микроскопа: потенциал иглы  $U = +20$  мВ, туннельный ток  $I_T = 0,3$  нА, исключая экспериментально значимое воздействие процесса сканирования поверхности на ее топографию, что непосредственно проверялось



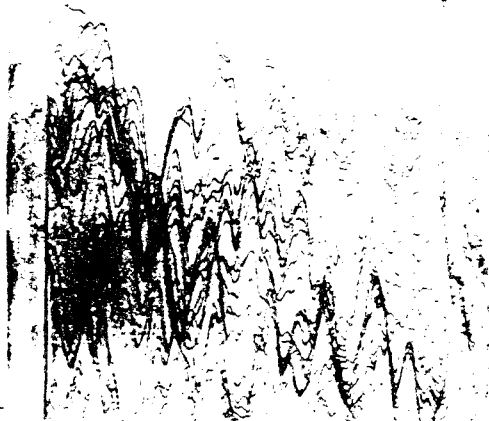
*a*



*б*



*в*



*г*

100 нм  
500 нм  
500 нм

Трансформация нагруженной поверхности во времени: *a* – исходная поверхность, *б* – 15 мин, *в* – 40 мин, *г* – 155 мин

длительным сканированием одного участка ненагруженной поверхности. На рисунке представлены результаты СТМ мониторинга растянутой поверхности  $Fe_{70}Cr_{15}V_{15}$  ( $\sigma = 30 \text{ кГ/мм}^2$ ). Видно, что первоначально гладкая поверхность (рис.а) становится все более шероховатой. Увеличение вертикального размера шероховатости является сложным кинетическим процессом с характерным временем порядка 2 час. Максимальный уровень шероховатости  $\sim 800 \text{ нм}$ . Отметим, что в латеральном направлении вдоль оси действия нагрузки можно выделить определенный период шероховатости – порядка 100 нм, который практически не меняется со временем. Забегая несколько вперед и привлекая другие экспериментальные серии, заметим, что указанная латеральная мода интенсивно возбуждается при всех нагрузках, являясь, таким образом, константой материала. Обращает на себя внимание стабилизация весьма тонких особенностей рельефа в виде "хребтов" и "перевалов" и исчезновение его начальной хаотичности, которая отмечалась еще в работе <sup>2</sup>. Хаотичность рельефа – это отражение его быстрой перестройки. Мы приходим к выводу, что как и в <sup>1</sup>, растягивающая нагрузка является движущей силой роста шероховатости на поверхности.

Наиболее вероятным физическим механизмом, лежащим в основе этого процесса, является, на наш взгляд, поверхностная самодиффузия, усиленная действием растягивающей нагрузки. Это можно понять, допустив, что при определенной величине нагрузки энергия связи поверхностных атомов (поверхностное натяжение) в естественных углублениях <sup>3</sup> оказывается меньше, чем на возвышениях, так что возникает диффузионный поток, приводящий к росту "холмов". Более того, образование и рост "холмов" приводит к концентрации механической нагрузки, что усиливает процесс роста. Подобный механизм предложен в <sup>4</sup> для объяснения "островковой" эпитаксии на растянутой поверхности. Поскольку эксперимент проводился на воздухе, мы не исключаем каталитического действия атмосферы на наблюдаемый кинетический процесс.

В заключение авторы благодарят С.Н.Журкова, А.И.Слущера и А.М.Лексовского за содействие в работе.

- 
1. С.Н.Журков, В.Е.Корсуков, А.С.Лукьяненко и др., Письма в ЖЭТФ **51**, 324 (1990).
  2. В.Е.Корсуков, А.С.Лукьяненко, Б.А.Обидов, В.Н.Светлов, Письма в ЖЭТФ **55**, 595 (1992).
  3. Я.И.Френкель, ЖЭТФ **16**, 39 (1946).
  4. C.W.Snyder, B.G.Orr, D.Kessler and L.M.Sander, Phys. Rev. Lett. **66**, 3032 (1991).