

**И.Л.Батаронов, Т.А. Наденна**  
**Воронежский Государственный Технический Универ-**  
**ситет**

***Отклик дислокационного скопления на импульсное  
 воздействие электрического тока***

Система уравнений диссипативного кристалла с дислокацией [1] имеет вид :

$$\frac{\partial}{\partial t} K_{0a} - \frac{\partial}{\partial t} G_{ab}^0 \dot{X}_a + \frac{\partial}{\partial t} \tilde{G}_{ab} X_b = f_a \quad (1)$$

Здесь матрица жесткости  $K_a$  описывает статические поля упругой дисторсии ,  $G_{ab}$  -Фурье образ тензорной функции Грина динамического уравнения теории упругости,  $X_a$  - обобщенная координата дислокации , отсчитываемая вдоль нормали к ее линии,  $f_a$  - сила внешнего воздействия.

В терминах макроскопических коэффициентов эффективной массы  $M_*$ , жесткости  $G_0$  и динамического торможения  $B_*$  для макроскопической моды движения скопления как целого уравнение (1) переписывается в виде:

$$w^2 M_* \ddot{X} - iw B_* \dot{X} + G_0 \bar{X} = \tilde{f} \quad (2)$$

Введем силу связи застопоренных дислокаций со стопором  $F_0 = \frac{\partial}{\partial a} f_a + iw \frac{\partial}{\partial a} B_a X_a$ . В статическом пределе

$w \rightarrow 0$  имеем  $F_0 = \dot{a} f_a$ . Таким образом, если на все дислокации застопоренного дислокационного скопления действует одинаковая сила  $f_a = f$ , то сила  $F_0$ , действующая на застопоренную дислокацию, увеличивается в  $N$  раз независимо от состава скопления. При этом следует отметить существенное различие в импульсном воздействии на дислокационное скопление, вызванном внешними упругими напряжениями  $S$  и импульсом электрического тока  $f_j$ . Зависимость силы Пича-Келера от напряжения  $S$  пропорциональна вектору Бюргерса  $b_a$ , поэтому в первом случае  $F_0 \sim S \dot{a} b_a$ , т.е. усиление действия импульса напряжений на застопоренную дислокацию происходит только в скоплении из дислокаций одного знака. В отличие от этого сила электронного увлечения пропорционально квадрату вектора Бюргерса, поэтому  $N$  – кратное увеличение  $f_j$  импульса на застопоренной дислокации будет происходить в любом дислокационном скоплении, благоприятно ориентированном к направлению тока. В результате импульс тока эффективно стимулирует разрядку знаковоскомпенсированных скоплений, накапливаемых в процессе пластической деформации и малоэффективно открепляющихся под действием упругих напряжений.

Уравнение (2), разрешенное относительно силы  $F_0$ , позволяет получить выражение со временем релаксации скопления  $t$ :

$$F_0 = \frac{N f_j(w)}{1 - i w t} \quad (3)$$

Для оценки величины времени релаксации  $t$  проведен анализ матрицы жесткости скопления  $G_{ab}^0$ , в которой диагональные элементы преобладают. Тогда  $t = Bm/S_0^2 \sim g/w_0^2 \sim t_U (g/w_D^2)(m/S_0)^2$ , а  $w_D$  - дебаевская частота.

Эффект, описываемый формулой (3), проявляется в пороговом характере электронно-пластического эффекта, заключающемся в существовании минимальной длительности тока  $t_U$ , начиная с которой проявляется электростимулирование пластической деформации. Действительно, рассмотрим импульс тока синусоидальной формы  $f_j = f_0 \sin \rho t / t_U$ . Тогда выражение для силы отрыва дислокации в скоплении имеет вид:

$$F_0(t) = \frac{Nf_0}{1+Z^2} \frac{e}{e} \sin \rho t / t_U - V \left( \cos \rho t / t_U - e^{-t/t_U} \right) \dot{U}, \quad (4)$$

где  $Z = \rho t / t_U$ .

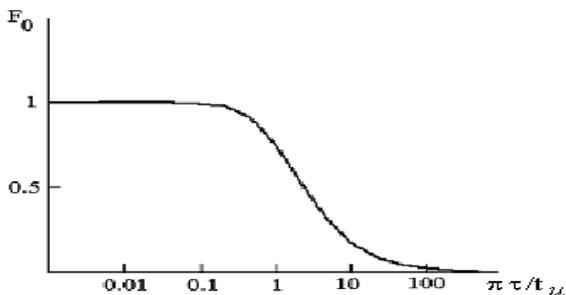


Рис.1. Пороговый характер максимальной силы отрыва дислокации

Как следует из формулы (4), на интервале времени  $t < t$  функция  $F_0(t)$  практически не возрастает, т.е. действие импульса неэффективно в течение промежутка времени  $t$ .

Ввиду безынерционного характера отклика (3) максимальное значение функции (3) достигается в максимуме импульса, откуда находим наибольшее значение силы  $F_0$ :

$$F_{0\max} = \frac{Nf_0}{1+z^2} \dot{\epsilon}_1 + e^{-\rho/2z\dot{u}} \ddot{u}.$$

Эта зависимость имеет выраженный пороговый характер по  $Z$  и при  $Z > 1$  быстро убывает пропорционально  $Z^{-3}$ , что согласуется с экспериментом. Кроме того, рассмотренный динамический эффект запаздывания может проявляться в виде дезактивации электронно-пластического эффекта на встречном импульсе тока, если интервал между импульсами.

[1] И.Л. Батаронов, Т.А.Бабенко, А.М. Рошупкин. О линейном отклике дислокационного ансамбля на импульсное воздействие// Изв. АН. Сер.Физ. – 1997. – Т.61. – №5. – С.877-885