

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОМЕЖУТОЧНОГО СОСТОЯНИЯ НА РАЗУПРОЧНЕНИЕ СВЕРХПРОВОДНИКА ПЕРВОГО РОДА

В.П. Лебедев, В.И. Хоткевич

Показано, что в процессе пластической деформации электрический ток разупрочняет сверхпроводник первого рода, находящийся в промежуточном состоянии.

При изучении пластического течения сверхпроводников первого и второго рода при температурах ниже температуры сверхпроводящего перехода необходимо учитывать торможение дислокации электронами проводимости и магнитной структурой промежуточного и смешанного состояния [1 — 3]. Так при деформации свинца в промежуточном [2] и сплавов системы свинец — индий в смешанном [3] состоянии наблюдается упрочнение, обусловленное закреплением дефектов на границе раздела нормальной и сверхпроводящей фаз или на вихревой магнитной структуре.

В отличие от статической магнитной структуры пропускание электрического тока через сверхпроводник первого рода, находящийся в промежуточном состоянии, приводит к появлению дрейфа границ раздела фаз [4], что позволяет рассматривать влияние динамического состояния на движение дефектов кристаллической решетки.

В настоящей работе описано обнаруженное явление снижения деформирующего напряжения за счет протекания электрического тока через сверхпроводник первого рода, находящийся в промежуточном состоянии, и его зависимость от некоторых параметров эксперимента.

Схема рис. 1, а иллюстрирует изменение хода кривой деформационного упрочнения при совместном воздействии магнитного поля H и электрического тока плотностью j (H и j — взаимно перпендикулярны, j — параллельно оси растяжения образца): в области существования промежуточного состояния наблюдается возрастание деформирующего напряжения на величину $\delta\sigma_{\Pi}$, электрический ток разупрочняет металл на $\delta\sigma_{\Gamma}$.

На рис. 1, б представлено изменение при 4,2К относительного деформирующего напряжения поликристаллического свинца чистотой 99,9996% в промежуточном состоянии $\delta\sigma_{\Pi}/\delta\sigma_{\text{НС}}$ ($\delta\sigma_{\text{НС}}$ — скачок напряжения за счет перехода из сверхпроводящего состояния в нормальное) (кривая 1) и относительной величины разупрочнения $\delta\sigma_{\Gamma}/\delta\sigma_{\Pi}$ ($j = 3,5 \text{ А/мм}^2$) (кривая 2) в зависимости от $H/H_{\text{К}}$ ($H_{\text{К}}$ — критическое магнитное поле). Из рис. 1, б следует, что $\delta\sigma_{\Pi}/\delta\sigma_{\text{НС}}$ монотонно возрастает с увеличением концентрации нормальной фазы в образце, а кривая $\delta\sigma_{\Gamma}/\delta\sigma_{\Pi}$ имеет максимум при $H/H_{\text{К}} = 0,7$. Необходимо отметить, что согласно [2] указанная напряженность магнитного поля соответствует структуре промежуточного состояния с наибольшим количеством границ раздела нормальной и сверхпроводящей фаз.

Возрастание деформирующего напряжения на $\delta\sigma_{\Pi}$ определяется торможением дислокации на электронах проводимости и статических гра-

ницах раздела фаз [2], а разупрочнение на $\delta\sigma_T$ может быть обусловлено: 1) пондермоторной силой, действующей на образец; 2) тепловым возбуждением дислокации и 3) взаимодействием дислокационного и магнитного потоков.

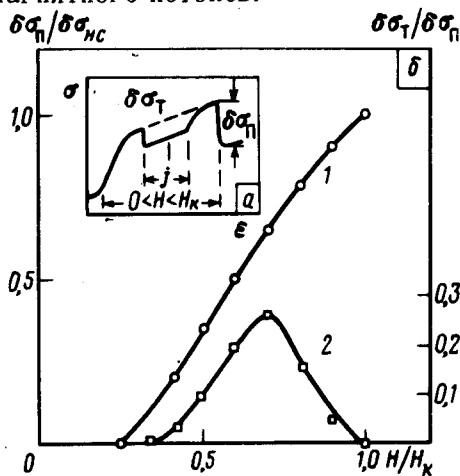


Рис. 1

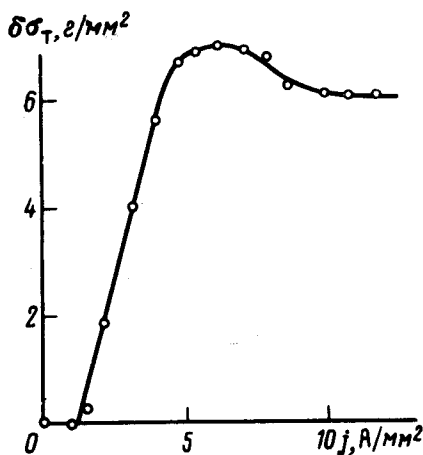


Рис. 2

Рис. 1, а – Изменение деформирующего напряжения сверхпроводника первого рода в результате приложения магнитного поля и протекания электрического тока; б – зависимость относительного упрочнения свинца в промежуточном состоянии $\delta\sigma_{\Pi}/\delta\sigma_{НС}$ (1) и разупрочнения под действием гока $\delta\sigma_T/\delta\sigma_{\Pi}$ (2) от приведенного магнитного поля H/H_K

Рис. 2. Влияние плотности тока на разупрочнение свинца при $H/H_K = 0,7$

Оценка пондермоторной силы ($\sim 1 \text{ Г/мм}^2$) и тепловыделения ($\sim 10^{-4} \text{ Вт}$), равенство $\delta\alpha_T = 0$ при деформации в сверхпроводящем и нормальном состояниях позволяют исключить из рассмотрения указанные эффекты и считать, что наблюдаемое разупрочнение сверхпроводника первого рода с током в промежуточном состоянии обусловлено изменением подвижности дислокаций за счет взаимодействия с потоком движущихся доменов (в пересчете на единицу длины дислокации с вектором Бюргерса b сила такого взаимодействия $F_{ВЗ} = \delta\sigma_T b \sim \sim 10^{-2} \text{ дин/см}$).

Если рассматривать систему границ раздела нормальной и сверхпроводящей фаз как среду, обладающую коэффициентом вязкости B_{Γ} и дрейфующую в присутствии электрического тока со скоростью v_{Γ} , то при скорости перемещения дислокации v_D можно записать:

$$\delta\sigma_T = \frac{B_{\Gamma}}{b} (v_D - v_{\Gamma}). \quad (1)$$

Величина разупрочнения, связанная с наличием динамического промежуточного состояния, как функция плотности электрического тока при $H/H_K = 0,7$ приведена на рис. 2. Зависимость $\delta\sigma_T(j)$ имеет пороговый характер; пропорциональность между $\delta\sigma_T$ и j может свидетельствовать о линейном увеличении скорости доменов ($j \sim v_{\Gamma}$); дальнейшее

насыщение и даже некоторой $\epsilon_{\text{над}} \delta \sigma_{\tau}(j)$, вероятно, определяется увеличением концентрации нормальной фазы за счет собственного магнитного поля тока или выделением джоулева тепла, также разрушающего структуру промежуточного состояния.

Используя соотношение (1) и данные рис. 2, можно оценить величину коэффициента вязкостного торможения $V_{\tau} \sim 10^{-5}$ дин·сек·см⁻².

Харьковский государственный университет
им. А.М.Горького

Поступила в редакцию
16 августа 1980 г.

Литература

- [1] М.И.Каганов, В.Я.Кравченко, В.Д.Назик. УФН, 111, 655, 1973.
 - [2] В.П.Лебедев, В.И.Хоткевич, ФТТ, 19, 1295, 1977.
 - [3] В.П.Лебедев, В.И.Хоткевич. ФНТ, 5, 89, 1979.
 - [4] Ю.В.Шарвин. Труды X Международной конференции по физике низких температур, М., 1966 г., стр. 323.
-