

НЕУПРУГАЯ ДЕФОРМАЦИЯ КЕРАМИКИ $Y-Ba-Cu-O$ В СВЕРХПРОВОДЯЩЕМ И НОРМАЛЬНОМ СОСТОЯНИЯХ

Н. Н. Песчанская, Б. И. Смирнов, В. В. Шпейзман, П. Н. Якушев

В [1, 2] было показано, что пористые керамики на основе SiO_2 и Si_3N_4 при нагружении могут деформироваться неупруго. Известно также, что иттриевые керамики значительно легче поддаются обработке (режутся, шлифуются), чем исследованные в [1, 2], что давало основание надеяться на обнаружение неупругих деформаций и в системе $Y-Ba-Cu-O$. Большой интерес в этом случае представляло возможное изменение неупругой деформации при переходе из сверхпроводящего в нормальное

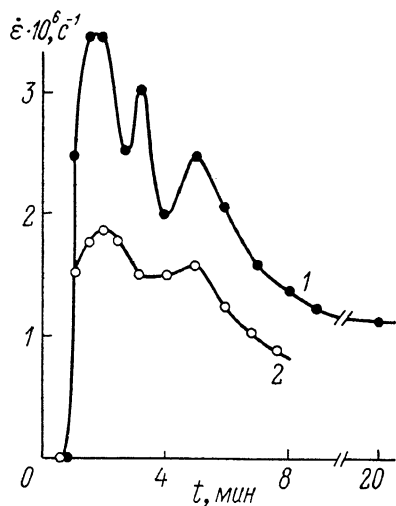


Рис. 1. Кривые ползучести керамики $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ при 77 (1) и 250 К (2). $\sigma = 1.0$ кг/мм².

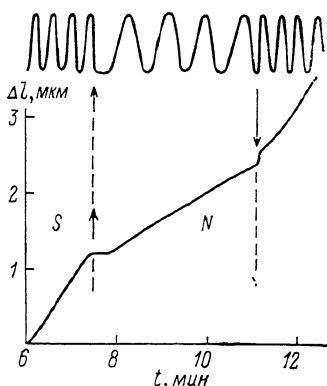


Рис. 2. Интерферограмма (вверху) и рассчитанная по ней часть кривой ползучести керамики $YBaSrCu_3O_{7-\delta}$ при 77 К и $\sigma = 1.2$ кг/мм².

Каждое колебание на интерферограмме соответствует изменению длины образца на 0.3 мкм. Стрелками показаны моменты включения и выключения тока $j = 25$ А/см². S — сверхпроводящее, N — нормальное состояние.

состояние (S—N переходе), так как по наличию или отсутствию изменений можно было бы судить о влиянии электронных состояний на неупругую деформацию, как это делалось ранее для сверхпроводящих металлов в области гелиевых температур [3].

В настоящей работе для записи деформации во времени применяли методику на основе лазерного интерферометра, что позволяет проводить прецизионное измерение скорости деформации при изменении длины образца $\Delta l \approx 0.15$ мкм [4]. При напряжениях сжатия $\sigma \leq 1.2$ кг/мм² и температурах $77 \text{ К} \leq T < 300 \text{ К}$ изучали кинетику деформации керамических образцов $YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ и $YBaSrCu_3O_{7-\delta}$, полученных методом спекания порошков. Разрушение сверхпроводящего состояния при $T < T_c$ (T_c — критическая температура перехода, для разных образцов $T_c = 90 \div 95$ К) осуществляли пропуская ток. Образцы в виде прямоугольных параллелепипедов сечением от 2×2 до 4×4 мм и высотой 6—10 мм были включены в цепь по обычной четырехконтактной схеме. На торцы образца наносились индиевые контакты, которые через балластное сопротивление были соединены со стабилизированным источником тока П138, в центральной части образца микровольтметром В7-21 измерялось

падение напряжений. При 77 К критические токи составляли 15—25 А/см².¹

На рис. 1 приведены кривые ползучести в координатах $\dot{\epsilon}-t$. В отличие от керамик на основе SiO₂ и Si₃N₄ [1, 2], в которых деформации крайне малы, при малых напряжениях быстро затухают, а при больших проявляются короткими вспышками, в сверхпроводящих керамиках ползучесть развивается непрерывно длительное время, хотя и с переменной скоростью. Например, в одном из опытов при 77 К деформация наблюдалась в течение 4 ч, при этом была достигнута деформация $\epsilon \approx 0.9$ %. Отметим следующие особенности деформации сверхпроводящих керамик при постоянной нагрузке: 1) наличие начального (инкубационного) периода, когда скорость деформации близка к нулю; 2) последующее возрастание скорости, которое сменяется ее слабым затуханием; 3) отсутствие стадии стационарной ползучести; 4) существование кратковременных ускорений и замедлений деформации, охватывающих перемещения ~ 1 мкм.

Более подробно была исследована деформация при 77 К, особенно влияние на нее S—N и N—S переходов. При включении тока выше критического на интерферограмме всегда наблюдалось замедление (или остановка) деформации (рис. 2). При этом можно было выделить два эффекта: первый — кратковременное резкое (до 10-кратного) уменьшение скорости деформации (на базе $\epsilon \approx 0.15 \div 0.30$ мкм), а иногда и полная остановка деформации на несколько секунд; второй — более длительное ($\epsilon \approx 1$ мкм), но менее выраженное замедление (скорость ползучести уменьшалась в 1.5—2 раза). При выключении тока наблюдались обратные эффекты. Если кратковременные изменения $\dot{\epsilon}$ при включении и выключении тока наблюдались в каждом опыте, то более длительные изменения $\dot{\epsilon}$ наблюдались не всегда, что связано, по-видимому, с отмеченным непостоянством скорости ползучести керамики. Изменение тока может находиться в фазе или в противофазе с естественным (структурным) изменением $\dot{\epsilon}$, что скажется на результирующей скорости. Сравнение большого числа кривых ползучести со скачками тока и без них явно свидетельствует в пользу высказанного предположения.

Были проведены также некоторые контрольные опыты, позволяющие проверить возможное влияние на ϵ теплового расширения зоны вблизи токовых контактов, электрострикционных явлений в изолирующих прокладках и др. Так, если скорость деформации была близка к нулю, то скачки тока не оказывали никакого влияния на деформацию. Интересно, что при $T > T_c$ влияние тока на скорость деформации было противоположным его влиянию при $T < T_c$, а именно: при включении тока $\dot{\epsilon}$ возрастала, что связано либо с разогревом всего образца, поскольку его электросопротивление отлично от нуля, либо с известным эффектом повышения пластичности под действием тока [5].

Таким образом, в работе показано, что S—N переход приводит к уменьшению скорости деформации, а N—S к ее увеличению, что качественно согласуется с результатами, полученными на металлических сверхпроводниках в области гелиевых температур [3]. Однако в [3] влияния N—S перехода на деформацию не обнаружено при напряжениях σ , меньших предела текучести σ_T . Представляется, что этот вывод связан с выбором характеристики эффекта — величиной скачка деформации $\Delta\epsilon_{NS}$ при N—S переходе. Очевидно, что если мала сама деформация ϵ при $\sigma < \sigma_T$, то мал и скачок $\Delta\epsilon_{NS}$. Если бы, например, измерялась скорость деформации $\dot{\epsilon}$ при $\sigma < \sigma_T$, то, возможно, влияние N—S перехода было бы обнаружено. Это подтверждается данными [6], где замечено ускорение отдельной полосы скольжения при N—S переходе.

¹ В измерениях принимал участие студент ЛПИ им. М. И. Калинина Л. К. Марков.

Ускорение деформации при $N-S$ переходе в металлах при гелиевых температурах объясняется облегчением движения дислокаций в S -состоянии из-за отсутствия электронного торможения и увеличением частотного множителя при термоактивированном отрыве дислокаций от препятствий. Данные о подвижности дислокаций в иттриевых керамиках нам неизвестны. Однако и в монокристаллах, и в керамиках обнаружены двойники [7]. Движение границы двойника в силовом поле, с нашей точки зрения, является одним из возможных объяснений наблюдаемой деформации. Эта модель представляется правдоподобной также и потому, что, как нами было обнаружено в опытах по деформационному поведению образцов после разгрузки и измерению остаточной деформации, неупругая деформация керамики является частично обратимой.

Авторы благодарят В. А. Татарченко и Р. К. Николаева за предоставление образцов.

Л и т е р а т у р а

- [1] Златин Н. А., Песчанская Н. Н., Якушев П. Н. ЖТФ, 1987, т. 57, № 12, с. 2346—2351.
- [2] Златин Н. А., Песчанская Н. Н., Шпейзман В. В. ЖТФ, 1987, т. 57, № 7, с. 1438—1441.
- [3] Старцев В. И., Ильичев В. Я., Пустовалов В. В. Пластичность и прочность металлов и сплавов при низких температурах. М.: Металлургия, 1975. 328 с.
- [4] Песчанская Н. Н., Пугачев Г. С., Якушев П. Н. Механика полимеров, 1977, № 2, с. 357—358.
- [5] Спицын В. И., Троицкий О. А. Вестник АН СССР, 1974, № 11, с. 10—15.
- [6] Paragateswaran V. J. Weertman. Metal. Trans., 1971, vol. 2, p. 1233—1243.
- [7] Zandbergen H. W., van Tendeloo G., Okabe T., Amelinkx S. Phys. St. Sol. (a), 1987, vol. 103, N 1, p. 45—72.

Физико-технический институт
им. А. Ф. Иоффе АН СССР
Ленинград

Поступило в Редакцию
14 июня 1988 г.

УДК 537.312.62; 532.11

Физика твердого тела, том 30, в. 11, 1988
Solid State Physics, vol. 30, № 11, 1988

ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА КРИТИЧЕСКИЕ ПОЛЯ И T_c КЕРАМИКИ $\text{La}_{1.8}\text{Sr}_{0.2}\text{CuO}_4$

С. Л. Будько, А. Г. Гапотченко, Е. С. Ицкевич

Измерение критических параметров сверхпроводников (T_c , H_{c1} , H_{c2}) под давлением и сравнение полученных результатов со следствиями предполагаемых механизмов сверхпроводимости позволяют получить определенную информацию об адекватности различных моделей сверхпроводности. Насколько нам известно, в опубликованных пока работах по исследованию ВТСП под давлением из этих параметров измерялась только T_c . В работе [1], где сделаны такие сравнения, приведен также справочный материал по барическим производным (БП) T_c у ВТСП, из которого видна сильная зависимость БП от качества образца и степени гидростатичности давления.

В настоящей работе индуктивным методом исследовано влияние гидростатического давления до 2.0 ГПа на критическую температуру T_c , первое и второе критические поля H_{c1} и H_{c2} керамического сверхпроводника $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ ($x=0.2$) (LSCO).

Измерения восприимчивости под давлением производились компенсированной парой катушек на частоте модуляции 2 кГц в немагнитной камере фиксированного давления подобно тому, как это делалось для ВРВ [2].