

Академик Л. Ф. ВЕРЕЩАГИН, Ю. С. КОНЯЕВ,
Э. М. БЕРЗОН, М. В. ВЕЛЛЕР

ОБ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПЕРЕХОДА ДЕФОРМИРОВАННОГО СТАННИДА НИОБИЯ

Обладая самой высокой (после соединения $Nb_3Al_{1-x}Ge_x$) температурой перехода в сверхпроводящее состояние T_K и высоким критическим полем, стannид ниобия Nb_3Sn представляет наиболее подходящий материал для обмотки сверхпроводящих соленоидов. Однако повышенная хрупкость не позволяет получать из него ленту и проволоку обычным способом — выплавкой и последующей протяжкой. Наилучшие результаты достигнуты при использовании Nb_3Sn в композициях, где обязательным компонентом являются пластичная подложка или оболочка, благодаря которым появляется возможность формоизменения в качестве промежуточной операции, но соответственно уменьшается доля сечения, занятая стannидом. Поэтому получение пластической деформации Nb_3Sn является в настоящее время весьма важной и интересной задачей.

В данной работе осуществлена пластическая деформация прутков диаметром 1,5—3 мм из сплава Nb — Sn (64 вес. % Nb), содержащего в качестве основной фазы Nb_3Sn , и исследована зависимость T_K от величины деформации. Деформация осуществлялась на двухступенчатой гидроэкструзионной установке в диапазоне давлений экструзии 30—60 кбар при противодавлении 15—20 кбар. Деформации достигали $\epsilon = 65\%$. Температура перехода в сверхпроводящее состояние T_K определялась индуктивным методом. На рис. 1 представлена зависимость T_K от степени деформации, свидетельствующая о резком понижении температуры сверхпроводящего перехода уже при небольших обжатиях ($\epsilon = 20\text{—}30\%$) при существенном расширении интервала перехода. Эта зависимость качественно совпадает с результатами работ ⁽¹⁻³⁾, по величина изменения T_K значительно превышает данные работы ⁽³⁾, авторы которой связывают изменение T_K с возникновением напряжений в материале. Проведенный нами анализ рентгенограмм, снятых по методу порошка, показал, что с ростом деформации происходит уширение интерференционных линий и уменьшение их интенсивности, свидетельствующее о возникновении микронапряжений и искажений атомной решетки, что соответствует предположению авторов ⁽³⁾.

Чтобы выяснить, как влияют на T_K напряжения, возникающие при деформации, был проведен ряд отжигов различной продолжительности при температурах 300—900° С. Образцы отжигались в кварцевых ампулах, откачанных и наполненных гелием. Как видно из рис. 2, отжики значительно повышают температуру сверхпроводящего перехода: T_K деформированных образцов после отжига при 900° возрастает на 3—5°, увеличиваясь с увеличением продолжительности отжига. Отжиг исходных образцов не приводит к сильному изменению T_K . Вид рентгенограмм всех образцов, отожженных при температурах до 700° С, не меняется; начиная с 900°, происходит уменьшение ширины и усиление интенсивности линий Nb_3Sn , что свидетельствует о снятии внутренних напряжений. Это усиление интенсивности линий Nb_3Sn после отжига может быть вызвано, однако, не только снятием напряжений III рода, но и увеличением содержания олова в соединении. В литературе уже отмечалось сильное влияние состава соединения Nb_3Sn на T_K ^(4, 5). При определении периода решетки по ли-

ним [631], [630], [611] с использованием экстраполяционной функции Нельсона — Райли

$$f(\theta) = \frac{1}{2} \left(\frac{\cos^2 \theta}{\theta} + \frac{\cos^2 \theta}{\sin \theta} \right)$$

выявилось различие в периодах решетки образцов деформированных и деформированных + отожженных: $a = 5,286_4$ и $a = 5,290_3$ соответственно. Исходя из зависимости изменения периода от состава, данной в (6), можно заключить, что такое изменение периода решетки примерно соответствует увеличению содержания олова в Nb_3Sn после отжига на 3 ат.%. В исходных образцах отжиг не привел к столь значительному изменению периода

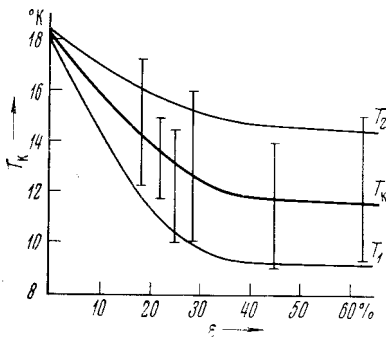


Рис. 1. Изменение температуры сверхпроводящего перехода в зависимости от степени деформации при гидроэкструзии. T_1 — температура начала перехода, T_2 — температура конца перехода

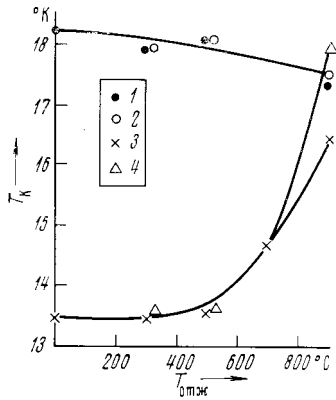


Рис. 2. Зависимость величины $T_K = 1/2(T_1 + T_2)$ от температуры и продолжительности отжига. 1, 2 — исходное состояние, 3, 4 — деформация $\varepsilon = 22\%$; 1, 3 — отжиг 5 час., 2, 4 — отжиг 50 час.

решетки. Таким образом, диффузионные процессы при отжиге после деформации, по-видимому, ускоряются. Вероятно, этому способствует увеличение количества вакансий при протекании процессов возврата и рекристаллизации (7).

В заключение авторы выражают признательность Е. С. Ицкевичу и В. А. Власову за предоставленную возможность проведения измерений T_K .

Институт физики высоких давлений
Академии наук СССР
Академгородок Подольск, р-на Моск. обл.

Поступило
7 I 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Б. Р. Лазарев, Л. С. Лазарева и др., ЖЭТФ, 43, 2309 (1962). ² Е. С. Ицкевич, М. А. Ильина, В. А. Сухопаров, ЖЭТФ, 45, 1378 (1963). ³ E. Buchler, H. J. Levinstein, J. Appl. Phys., 36, № 12, 3856 (1965). ⁴ В. Н. Свечников, В. М. Пан, Ю. И. Белецкий, Сборн. Металловедение, физико-химия и металлофизика сверхпроводников, «Наука», 1967, стр. 100. ⁵ С. А. Медведев, Р. В. Киселева и др., В сборн. Физико-химия, металловедение и металлофизика сверхпроводников, «Наука», 1969, стр. 8. ⁶ R. G. Maier, Zs. Naturforsch., 24a, 6, 1033 (1969). ⁷ С. С. Горелик, Рекристаллизация металлов и сплавов, М., 1967.