

Член-корреспондент АН СССР Е. М. САВИЦКИЙ,
В. В. БАРОН, С. Д. ГИНДИНА

СВЕРХПРОВОДЯЩИЕ СПЛАВЫ ПЕРЕМЕННОГО СОСТАВА

В настоящее время температура перехода в сверхпроводящее состояние T_K и другие характеристики определяются на отдельных образцах сверхпроводящих материалов (1, 2). Для изучения зависимости свойств от состава сплавов какой-либо системы требуется изготовление набора сплавов разного состава и образцов из них. Измерение связано с поочередной заменой образцов, т. е. с большим количеством однотипных измерений, затратами времени на разгрузку, загрузку и охлаждение, а также с увеличенным расходом жидкого гелия. Это малопроизводительно, ухудшает сравнимость и точность измерений сверхпроводящих свойств сплавов.

В данной работе мы сделали попытку определить сверхпроводящие свойства T_K всей системы всего на одном образце, но переменного состава.

Для исследования нами была выбрана система ниобий — тан-

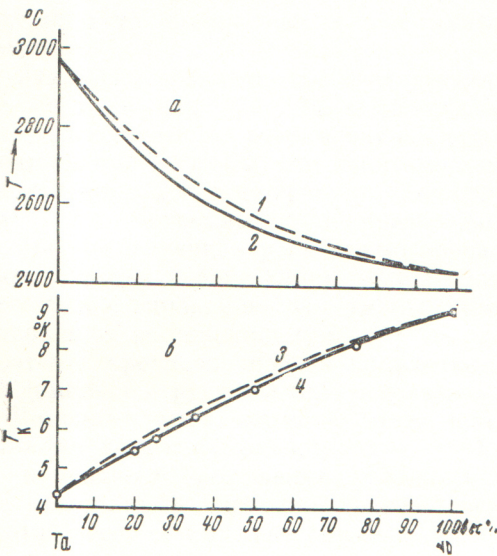


Рис. 1

Рис. 1. *a* — диаграмма состояния системы ниобий — тантал: 1 — температура ликвидус; 2 — температура солидус. *b* — Температура перехода в сверхпроводящее состояние сплавов системы тантал — ниобий, измеренная на образце переменного состава: 3 — данные для T_K , полученные на отдельных образцах (8), 4 — данные настоящей работы

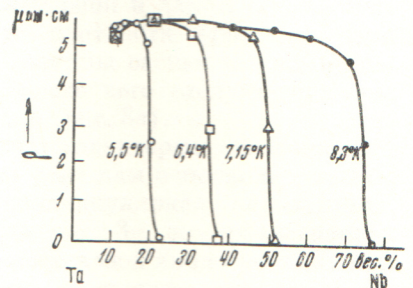


Рис. 2.

Рис. 2. Температура перехода отдельных составов, измеренная на образце переменного состава

тал. В этой системе образуется непрерывный ряд твердых растворов, а T_K в зависимости от состава в таких системах изменяется аддитивно (2) (рис. 1).

Опубликованы методы получения пленочных образцов переменного состава в двойных системах путем вакуумного испарения и конденсации паровой фазы на подложку (3, 4), а также электролиза (5). Нами был разработан новый способ получения не пленочных, а массивных металлических образцов переменного состава. Для этого методом вакуумной зонной

электроннолучевой плавки был приготовлен образец сплава ниобия с танталом, состав которого плавно изменялся от 100% тантала на одном конце образца до 20% тантала (80% ниобия) на другом. В качестве исходных материалов служили электроннолучевой ниобий (0,3% Ta, 0,01% N₂, 0,02% C) и литой чистый тантал (0,3% Nb, 0,02% C, 0,013% N₂, 0,056% O₂). Состав образца по длине был установлен рентгеноспектральным микроанализом.

Для измерения удельного электросопротивления ρ и T_K сплавов переменного состава нами была сконструирована специальная установка. В сосуд с жидким гелием помещался медный вакуумированный термостат, в котором закреплялся образец сплава переменного состава. Прижимные держатели образца одновременно служили тоководами. На образце закреплялся нагреватель. Для определения температуры образца использовалась термопара из сплава золота, железа и меди, укрепляемая непосредственно на образце. Один потенциальный провод приваривался к образцу, другой — со скользящим контактом — перемещался вдоль образца. Перемещение в вакууме этого «щупа» происходило с помощью зубчатой передачи и сильфонов. Отсчет перемещений фиксировался устройством, расположенным на капке. Все измерения проводились на обычной потенциметрической схеме на рабочем токе 200 ма.

При измерении T_K путем перемещения щупа вдоль образца снималась интегральная кривая зависимости электросопротивления от химического состава по длине образца. При последующем графическом дифференцировании ее получалось значение удельного электросопротивления ρ в точке, соответствующей определенному составу. Перемещение щупа проводится через 1 мм. На этом расстоянии происходит усреднение значения ρ в зависимости от состава. Это не вносит больших погрешностей в измерения, поскольку состав образца меняется плавно и на измеряемом отрезке изменения состава незначительны при выбранной длине образца 45 мм. С увеличением длины образца точность определения состава увеличивается.

Нами были проведены измерения электросопротивления образца переменного состава при комнатной и азотной температурах, а также измерения температур перехода в сверхпроводящее состояние. Результаты измерения электросопротивления при комнатной температуре хорошо совпадают с данными Х. Брауна, полученными на отдельных образцах (6). Наблюдающиеся при 77 и 300° K максимумы удельного электросопротивления при 20 вес. % или около 40 ат. % ниобия типичны для двойных твердых растворов и объясняются искажением кристаллической решетки и усложнением межатомной связи при введении второго компонента (7). При азотной температуре абсолютные значения удельного электросопротивления естественно уменьшаются, но вид кривой не изменяется.

Измерение T_K проводилось в интервале температур от 5,1 до 10,5° K. Тантал, как известно, имеет $T_K = 4,38^\circ$ K. Поэтому при 5° K и выше тантал и часть сплавов на его основе находятся в нормальном несверхпроводящем состоянии. Таким образом, при указанных температурах в образце переменного состава одна его часть находится в нормальном, а другая в сверхпроводящем состоянии. Это обстоятельство и было использовано нами для определения T_K отдельных составов на образце переменного состава при той или иной постоянной температуре в интервале 5,1—10,5° K. Результаты этих измерений наносились на график в осях электросопротивление ρ — состав (рис. 2). Исчезновение электросопротивления (сверхпроводящий переход) как раз и отвечал определенному составу.

Таким образом, в данном исследовании разработан метод получения массивных образцов переменного состава из сплавов двойных металлических систем путем вакуумной электроннолучевой зонной плавки. Экспериментально определена зависимость удельного электросопротивления при комнатной и азотной температурах, а также зависимость T_K от состава сплавов системы ниобий — тантал на образце переменного состава. Полу-

ченные результаты находятся в хорошем соответствии с имеющимися литературными данными, полученными на отдельных образцах.

Проведенные эксперименты показали возможность применения разработанного нами метода для исследования T_K и удельного электросопротивления при разных температурах не изученных систем сверхпроводящих сплавов на образцах переменного состава.

Институт металлургии им. А. А. Байкова
Академии наук СССР
Москва

Поступило
21 XI 1969

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Э. А. Линтон, Сверхпроводимость, М., 1964. ² Е. М. Савицкий, В. В. Барон и др., Металловедение сверхпроводящих материалов, «Наука», 1969. ³ С. А. Векшинский, Новый метод металлографического исследования сплавов, 1948. ⁴ Л. С. Палатник, И. И. Папилов, Ориентированная кристаллизация, М., 1964. ⁵ Е. М. Савицкий, О. С. Иванов, Авт. свид. № 69302, Ежемесячн. бюлл. изобретений Гос. плановой ком. Совета Министров СССР, М., № 3 (1950). ⁶ Р. Киффер, Х. Браун, Ванадий, ниобий, тантал, М., 1968. ⁷ Е. М. Савицкий, Г. С. Бурханов, Металловедение тугоплавких металлов и сплавов, «Наука», 1967. ⁸ W. De Sorbo, Phys. Rev., 130, 6 (1963).