

Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

В. Э. Пелецкий, В. Я. Чеховской, Е. М. Савицкий, М. А. Тылкина, Е. С. Амасович, Е. П. Арская, В. М. Зайченко, В. А. Петухов, Некоторые физические свойства нового сплава системы никель – рений – молибден, *ТВТ*, 1973, том 11, выпуск 2, 435–436

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 3.94.202.151

4 ноября 2024 г., 20:52:54



НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НОВОГО СПЛАВА СИСТЕМЫ НИКЕЛЬ — РЕНИЙ — МОЛИБДЕН

*В. Д. Пелецкий, В. Я. Человской, Е. М. Савицкий,
М. А. Тылякина, Е. С. Амасович, Е. П. Арская,
В. М. Зайченко, В. А. Петухов*

Сплавы тройной системы никель — рений — молибден представляют большой интерес в качестве материалов различных деталей электровакуумных приборов.

Использование этой серии сплавов в электровакуумных приборах в условиях высоких температур и вакуума требует знания их теплофизических свойств в широком температурном интервале. Литературные данные по этим свойствам отсутствуют.

Авторы исследовали теплопроводность, коэффициент термического расширения и удельное электросопротивление сплава системы никель — рений — молибден, содержащего 10 вес. % Re и 15 вес. % Mo. Сплав получен методом дуговой вакуумной плавки на медном водоохлаждаемом поду в атмосфере очищенного гелия в виде прутка требуемого диаметра. Весь комплекс измерений выполнялся на вакуумных установках (10^{-6} мм рт. ст.) на одном и том же образце, геометрия которого постепенно изменялась в соответствии с конструкцией рабочего участка соответствующей экспериментальной установки.

Последовательность измерений была выбрана следующей: коэффициент теплопроводности, электросопротивление, коэффициент термического расширения, что связано с чувствительностью этого сплава к термообработке.

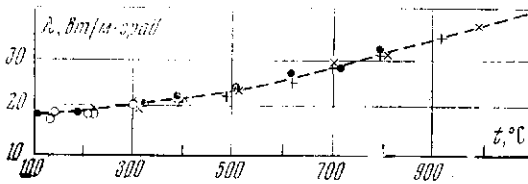


Рис. 1. Температурная зависимость теплопроводности

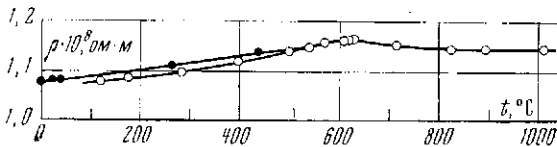


Рис. 2. Температурная зависимость удельного электрического сопротивления

Теплопроводность. Для исследования коэффициента теплопроводности применялся абсолютный метод [1]. Торец образца, выполненный в виде цилиндрического стержня диаметром 8 мм, нагревался электронной бомбардировкой, другой конец закреплялся в приемной ампуле калориметрического устройства. Систематическая погрешность измерения потока тепла не превышала $\pm 3\%$. Температурное распределение изучалось с помощью четырех радиальных пирометрических каналов, в которые были введены хромель-алюмелевые термопары в алудированной двухканальной соломке диаметром 1,0 мм. Термопары вводились в пирометрические каналы до контакта королька с дном и закреплялись в этом положении специальным цементом. Глубина канала $\sim 6-6,5$ мм.

По показаниям термопар рассчитывались значения продольного градиента температуры, что с помощью соотношения Фурье позволяло определять локальные значения коэффициента теплопроводности. Поправки на двумерность температурного поля при необходимости вводилась в соответствии с рекомендациями работы [2]. Систематическая ошибка полученных данных не превышала величины $\pm 6-8\%$. Случайная ошибка не выходила за пределы $\pm 4-5\%$.

Электросопротивление. Удельное электрическое сопротивление рабочего участка измерялось компенсационным методом на постоянном токе с использованием потенциометра Р-330. Образец нагревался в вакуумной печи сопротивления с молибденовым нагревателем, температура образца контролировалась хромель-алюмелевой термопарой. Предельная ошибка измерений удельного электросопротивления не превышала $\pm 2\%$.

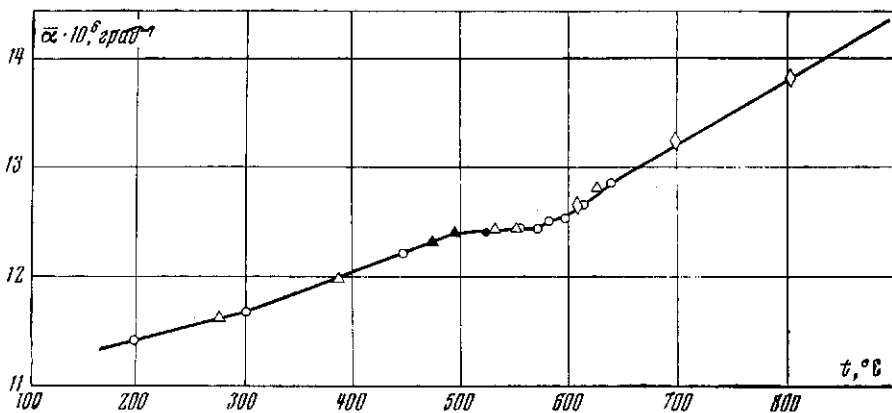


Рис. 3. Температурная зависимость коэффициента термического расширения

Тепловое расширение. Коэффициент теплового расширения сплава исследовался на вертикальном кварцевом dilatометре, работающем по методу Хепнинга. Использовался образец диаметром 5 и длиной 40 мм. Конструкция установок описана в работе [3].

Температура измерялась платина-платинородиевой термопарой. Коэффициент теплового расширения рассчитывался по формуле $\bar{\alpha} = \Delta l / l_{20} (t - 20)$, где l_{20} — длина образца при 20°С; Δl — изменение длины образца при нагревании от 20 до t °С; t — температура образца, °С.

При исследовании теплопроводности проведено три серии измерений. В первой серии температура в интервале 100—950°С последовательно повышалась от одного стационарного режима к другому, вторая серия снята при последовательном охлаждении образца до 100°С, в третьей — температура постепенно поднималась до 1000°С.

Опытные точки всех трех серий укладываются на одну общую кривую, которую удобно аппроксимировать двумя прямыми линиями (см. рис. 1), пересекающимися при температуре ~570°С. Для области температур <570°С наклон температурной кривой равен $1,4 \cdot 10^{-2}$ ст/град², для более высоких температур — в два раза выше ($2,9 \cdot 10^{-2}$).

На рис. 2 представлена температурная зависимость удельного электросопротивления того же образца. При температуре ~600°С знак производной $d\rho / dT$ меняется.

Результаты измерения среднего коэффициента термического расширения представлены на рис. 3, где ясно видны две области, отличающиеся по наклону кривых: при температурах ниже 500°С он составляет $\sim 0,33 \cdot 10^{-6}$ 1/град², в области выше 600°С его величина возрастает до $0,60 \cdot 10^{-6}$ 1/град². В диапазоне температур 500—600°С величина $\bar{\alpha}$ практически не изменяется с температурой, принимая значение $12,4 \cdot 10^{-6}$ 1/град.

Анализ комплекса полученных данных позволяет предположить существование структурного превращения в сплаве Ni—Re—Mo в твердом состоянии. Следует отметить, что аналогичный ход кривой температурной зависимости удельного электросопротивления наблюдается для сплавов системы никель—хром в области твердых растворов с содержанием более 16 ат.% хрома [4]. Это объясняется образованием так называемого K-состояния, характеризующегося пониженными значениями электросопротивления сплавов в деформированном состоянии и повышенным электросопротивлением после отжига.

В наших измерениях, связанных с достаточно длительной выдержкой при определенных температурах, создавались благоприятные условия для образования K-состояния. Однако окончательное решение вопроса о причинах наблюдаемых аномалий в сплаве Ni—Re—Mo требует, по-видимому, дополнительных теплофизических и структурных исследований.

Институт высоких температур
Академии наук СССР
Институт металлургии им. А. А. Байкова
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
23 VI 1972

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Э. Пелецкий, Я. Г. Соболев. Теплофизика высоких температур, 8, № 6, 1970.
2. В. Э. Пелецкий. Теплофизика высоких температур, 6, № 1, 1968.
3. В. Я. Чеховской, В. А. Петухов. В сб. Методы измерения теплового расширения стекол и сплавяемых с ними металлов. «Наука», 1967, стр. 173.
4. H. Thomas. Z. Phys., 129, 219, 1951.