

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР 0,4 - 1,5°К

Г. Н. Михайлова

Для расчёта криогенных устройств, работающих при низких и сверхнизких температурах, необходимо знать теплопроводность используемых технических материалов. Эти данные для некоторых материалов в области температур от 300 до 2°К приведены в работе¹. При более низких температурах сведения о теплопроводности технических материалов весьма скудны. Чтобы частично восполнить этот пробел и была выполнена настоящая работа.

Для получения температур ниже 1,5°К использовался криостат, в котором откачкой гелия-3 можно было получать температуры до 0,3°К. Криостат присоединялся к установке для конденсации и откачки гелия-3, подобной описанной в работе².

Для определения коэффициента теплопроводности использовался термо-потенциометрический метод, который заключался в измерении температурного градиента в образце, имеющем форму стержня, вдоль оси которого протекает постоянный поток тепла. Для обеспечения постоянного потока тепла верхний конец образца вставлялся в ванну с гелием-3, а нижний конец подогревался электрическим нагревателем, мощность которого была точно известна и поддерживалась постоянной с большой точностью.

Для измерения разности температур использовался дифференциальный метод, описанный в^{1,4}, при котором

температура верхнего конца образца поддерживалась в момент измерения постоянной. При этом величина ΔT определяется по измерению только одного термометра, что позволяет уменьшить влияние ошибок в градуировках.

Температуры измерялись по угольным термометрам (тип. 850), изготовленным в Институте Физических проблем³. Чувствительность термометров в рабочем интервале температур составляла 1 ком/град. и обеспечивала измерение разности температур до $0,001^\circ$ с точностью $\sim 2\%$. Градуировка производилась по давлению паров гелия-3 в том же опыте, что и измерение теплопроводности. Суммарная ошибка в определении коэффициента теплопроводности не превышала 5% во всём интервале температур.

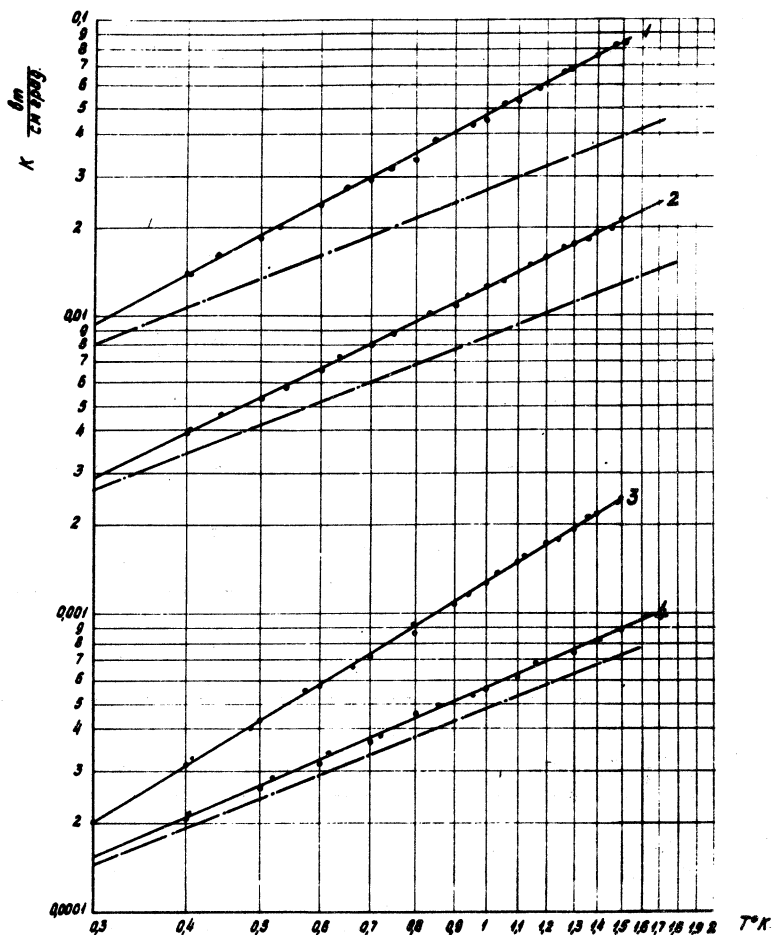
Было проведено исследование наиболее часто применяемых в криогенной технике материалов:

1. Латунь марки Л-62. Термической обработке образец не подвергался.
2. Нержавеющая сталь марки Х18Н9Т. Термической обработке не подвергалась.
3. Инвар марки И-36. Отжиг в водороде при температуре 1000°C .
4. Дюралюминий марки Д-16. Отжиг в водороде при температуре 360°C .

Электрическое сопротивление измерялось на тех же образцах потенциометрическим методом. Результаты приведены в таблице 1.

Результаты измерения теплопроводности представлены на рис. 1.

Измерения электропроводности для исследованных технических материалов показали, что их удельное сопротивление в данном интервале уже не меняется с температурой, т.е. можно считать, что $\rho = \rho_0$. В этом случае электронная часть теплопроводности $\kappa_e = \frac{1}{3} \frac{L T}{\rho_0}$, где L - число Лоренца. Вычисленные значения κ_e представле-



Р и с. 1. Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры.

1 - дюралюминий Д-16 (отожженный); 2 - латунь Л-62 (неотожженный); 3 - инвар И-36 (отожженный); 4 - нержавеющая сталь Х18Н9Т (неотожженный).

Штрихпунктирными линиями показана электронная часть теплопроводности.

ны на рис 1. штрихпунктирными линиями. В области достаточно низких температур решёточная часть теплопроводности $K_g \sim T^2$, поэтому $K = aT + bT^2$ ⁵.

Таблица 1

№ п/п	Материал	Удельное электросопротивление /мком. см/				
		293°K	78°K	4,2°K	1,3°K	0,3°K
1.	Латунь Л-62 (неотожжена)	6,4	3,66	2,87	2,87	2,87
2.	Нержавеющая сталь Х18Н9Т (неотожжена)	73,7	53	51	51	51
3.	Инвар Н-36 (отожжён)	81,1	54,7	51	51	51
4.	Дюралюминий Д-16 (отожжён)	3,65	1,23	0,93	0,93	0,93

Оказалось, что значения электронной части теплопроводности, вычисленные по этой формуле и определённые по измерениям электропроводности, совпадают для всех образцов с точностью до ошибок эксперимента.

Если сопоставить полученные результаты с измерениями тех же материалов при более высоких температурах, легко заметить, что с понижением температуры не только уменьшается абсолютная величина коэффициента теплопроводности, но и меняется характер его температурной зависимости (от $K \propto T$ в области выше 4°K, до $K \propto T^2$ в исследованной области).

Оказалось, что в интервале 0,4 - 1,5°K результаты удовлетворительно описываются уравнением $K = AT^n$, где

K - ввт/см.град, а T - в $^{\circ}K$. Величина константы A соответствует значению K при $1^{\circ}K$, а показатель степени n равен для латуни - 1,23; для нержавеющей стали - 1,1; для инвара - 1,53; для дюралюминия - 1,4.

Это можно объяснить, по-видимому, тем, что существенную роль в переносе тепла играет решёточный механизм, обусловленный рассеянием фононов на электронах проводимости.

В заключение автор выражает благодарность А. Б. Фрадкову за интерес к работе и ценные указания, а также А. Т. Дивинскому за помощь при проведении экспериментов.

Поступила в редакцию
13 января 1970 г.

Л и т е р а т у р а

1. Заварицкий Н. В., Зельдович А. Г. ЖТФ, 26, 2032 (1956).
2. Пешков В. П., Зиновьева К. Н., Филимонов А. И. ЖЭТФ, 36, 1035 (1959).
3. Михайлов Н. Н., Кагановский А. Я. ПТЭ, №3, 194 (1961).
4. Заварицкий Н. В. Диссертация, Ин-т. Физ. Проблем, 1962 г.
5. " **Progress in Cryogenics** ", editor Mendelssohn K. Лондон, 1959, v 1, p.207.