

Лабораторна робота № 16

Визначення коефіцієнта теплопровідності твердих тіл відносним методом

Мета роботи: експериментально визначити теплопровідність твердих тіл.

Прилади і матеріали: прилад для визначення теплопровідності з шістьма термопарами, потенціометр з самописцем, циліндричні зразки з дюралі і латуні, торцева піч.

Теоретичні відомості

Якщо тіло нагріте нерівномірно, то виникає процес переносу кількості теплоти від більш нагрітих ділянок до менш нагрітих. Коли передача теплоти не супроводжується переносом речовини, процес носить назву теплопровідності. Молекулярно-кінетична теорія речовини пояснює цей процес наступним чином. Так-як температура – міра кінетичної енергії молекул, то різниця температур двох ділянок тіла свідчать про те, що кінетична енергія молекул в цих ділянках різна. Тому молекули двох сусідніх шарів, зіштовхуючись, переносять свою кінетичну енергію із шару в шар.

Якщо процес стаціонарний і температура міняється від шару до шару рівномірно, то кількість теплоти, яка передається через шар речовини товщиною l за час dt (рис. 30) виражається залежністю:

$$dQ = \chi \frac{T_1 - T_2}{l} S dt \quad (16.1)$$

де $T_1 - T_2$ - різниця температури між перерізами A і B , S - площа поперечного перерізу тіла. Рівняння (16.1) називається рівнянням Фур'є. Коефіцієнт пропорційності χ носить назву коефіцієнта теплопровідності.

Величина $\frac{T_1 - T_2}{l}$ представляє собою зміну температури на одиницю довжини у напрямку передачі теплоти і називається градієнтом температури. Якщо

чисельно прийняти $S = 1$, $\frac{T_1 - T_2}{l} = 1$, то $Q = \chi$, тобто коефіцієнт теплопровідності чисельно рівний кількості теплоти, яка проходить через одиничну площадку, перпендикулярну потоку теплоти, за одиницю часу при градієнті температури, рівному одиниці. Строго кажучи, коефіцієнт теплопровідності залежить від температури, але для невеликих визначених інтервалів температур його можна вважати постійним.

Серед методів вимірювання теплопровідності найбільшого використання набули стаціонарні, відмінною рисою яких є незмінність в часі розподілу температур в зразку (стаціонарність теплового потоку). Стаціонарні методи поділяються на абсолютні та відносні. Абсолютні методи пов'язані з вимірюванням теплового потоку через зразок, а також з врахуванням або виключенням теплових втрат з бокової поверхні. Це складна задача, а тому в багатьох випадках використовують відносні методи вимірювання теплопровідності.

При використанні відносних методів потік з одного джерела тепла 1 пропускається через досліджуваний зразок 2 і еталон 3 з відомою теплопровідністю. Після встановлення стаціонарного теплового режиму на еталоні 3 та зразку 1 мають місце відповідні перепади температур, величина яких визначається теплопровідністю. Тоді з врахуванням формули (16.1) теплопровідність еталона та зразка будуть:

$$\chi_{зр.} = \frac{Q}{\tau} \cdot \frac{l_{зр.}}{S_{зр.}} \cdot \Delta T_{зр.}^{-1} \quad (16.2)$$

$$\chi_{ем.} = \frac{Q}{\tau} \cdot \frac{l_{ем.}}{S_{ем.}} \cdot \Delta T_{ем.}^{-1} \quad (16.3)$$

Відношення коефіцієнтів теплопровідностей:

$$\frac{\chi_{ем.}}{\chi_{зр.}} = \frac{l_{ем.}}{l_{зр.}} \cdot \frac{S_{зр.}}{S_{ем.}} \cdot \frac{\Delta T_{зр.}}{\Delta T_{ем.}} \quad (16.4)$$

Оскільки геометричні розміри всіх циліндрів однакові, то формула (16.4) набуде вигляду:

$$\frac{\chi_{ем.}}{\chi_{зр.}} = \frac{\Delta T'_{зр.}}{\Delta T'_{ем.}} = \frac{\Delta T''_{зр.}}{\Delta T''_{ем.}} \quad (16.5)$$

де $\Delta T'_{em.} = T_5 - T_6$; $\Delta T''_{em.} = T_9 - T_{10}$ - перепад температури на верхньому та нижньому циліндрах, $\Delta T_{зр.} = T_7 - T_8$ - на зразку (середньому циліндрі). Отже, теплопровідність обернено пропорційна перепаду температури.

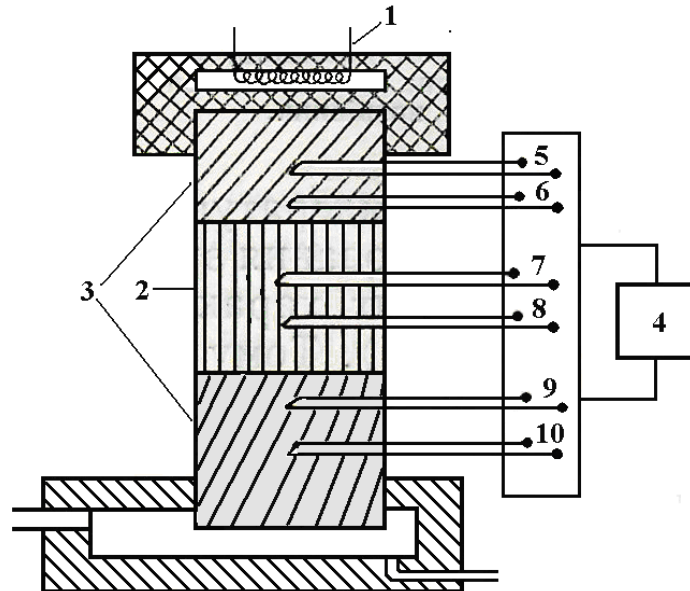


Рис. 16.1. Установа для вимірювання коефіцієнту теплопровідності відносним методом

Хід виконання роботи.

1. Включити торцеву піч 1.
2. Включити потенціометр з самописцем 4 і отримати графіки залежності $T = f(\tau)$, для кожної точки на еталонах і зразку.
3. Відрізати діаграмну стрічку. Провести виміри перепаду температури на еталоні та зразку.
4. За допомогою формули (16.5) провести обчислення $\chi_{зр.}$. Величину $\chi_{em.}$ взяти з таблиць.
5. Результати вимірів і обчислень занести в таблицю.

| $N_{\text{п}} / \Pi$ | $\Delta T_{\text{зр.}}, \text{K}$ | $\Delta T_{\text{ем.}}, \text{K}$ | $\chi_{\text{зр.}}, \text{Вт} / \text{м} \cdot \text{K}$ | $\Delta \chi_{\text{зр.}}, \text{Вт} / \text{м} \cdot \text{K}$ | $E, \%$ |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|---|---------|
|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|---|---------|

Контрольні питання

1. Пояснити явище теплопровідності з точки зору молекулярно-кінетичної теорії?
2. Що таке “фонон”?
3. Чому метали краще проводять тепло, ніж діелектрики?