

Работа 2.19

Определение удельной теплоемкости металлов методом охлаждения

Оборудование: электропечь, набор образцов для исследования, секундомер, термопара, гальванометр, технические весы.

Введение

Всякое тело, которое имеет температуру выше температуры окружающей среды, будет охлаждаться, причем скорость охлаждения будет зависеть от величины теплоемкости тела. Если взять два металлических стержня определенной формы, то, сравнивая кривые охлаждения (температуры как функции времени) этих образцов, один из которых служит эталоном, (его удельная теплоемкость известна), можно определить теплоемкость другого, если определить скорость его охлаждения.

Количество теплоты, теряемое элементарным объемом dV металла за время dt , равно:

$$dQ = c m dT = c \rho dV dt \frac{dT}{dt}, \quad (1)$$

где c — удельная теплоемкость металла, ρ — его плотность, T — температура образца (принимается одинаковой во всех точках образца, поскольку линейные размеры тела малы, а теплоемкость металла большая).

Значение dQ можно подсчитать, кроме того, по закону Ньютона:

$$dQ = \alpha (T - T_0) dS dt, \quad (2)$$

где dS — элемент поверхности, T_0 — температура окружающей среды, α — коэффициент теплоотдачи.

Сравнивая формулы (1) и (2), получим:

$$dQ = c \rho dV dt \frac{dT}{dt} = \alpha (T - T_0) dS dt. \quad (3)$$

Общее количество теплоты, которое теряет весь объем образца:

$$Q = \int c \rho dV dt \frac{dT}{dt} = \int \alpha (T - T_0) dS dt.$$

Считая, что dT/dt , c и ρ не зависят от координат точек объема; α , T , T_0 не зависят от координат точек поверхности образца, можно записать:

$$c \rho V dt \frac{dT}{dt} = \alpha (T - T_0) S dt, \quad (4)$$

где V — объем образца, S — поверхность образца.

Запишем выражение (4) для двух образцов одинаковой формы и размеров, но из разных металлов ($V_1 = V_2$, $S_1 = S_2$, $T_1 = T_2$). В этом случае у них коэффициенты теплоотдачи будут одинаковые ($\alpha_1 = \alpha_2$).

Разделив одно выражение на другое, после простых преобразований получим:

$$c_1 = c_2 \frac{m_2 \left(\frac{dT}{dt} \right)_2}{m_1 \left(\frac{dT}{dt} \right)_1}, \quad (5)$$

где $m_1 = \rho_1 V_1$, $m_2 = \rho_2 V_2$ — соответственно массы первого и второго образцов.

Описание установки. Определение удельной теплоемкости металла производится на установке, приведенной на рис. 2.27.

Цилиндрическая электропечь A смонтирована на штативе B , вдоль которого она может перемещаться вверх или вниз. Образец C представляет собой цилиндр с высверленным каналом с одной стороны. В этот канал помещают фарфоровую трубку с вмонтированной в нее термопарой D . Температура образца определяется по гальванометру G с помощью градуировочного графика.

Порядок выполнения работы

1. Поместите внутрь образца фарфоровую трубку с термопарой.
2. Поднимите столик с образцом по направляющему стержню вверх настолько, чтобы образец полностью оказался внутри печи.

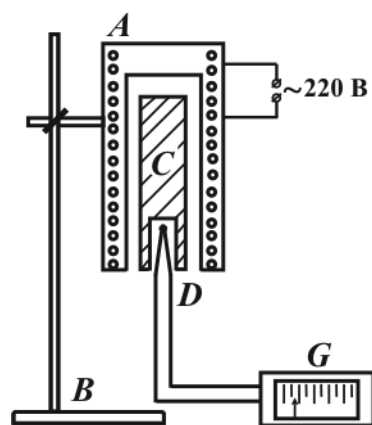


Рис. 2.27

3. Включите печь в электрическую сеть.
4. Нагрев образец до температуры $250 - 300^\circ\text{C}$ (определите для этого число делений шкалы гальванометра по графику), опустите образец вниз, отключите электропечь.

5. Нагретый образец будет охлаждаться в неподвижном воздухе. Через каждые 10 секунд записывайте температуру T образца по показаниям гальванометра. Время t отсчитывайте по секундомеру.

6. По полученным данным постройте для каждого образца кривые охлаждения, т. е. график $T = f(t)$ зависимости температуры образца от времени t , откладывая время t по оси абсцисс, а температуру T по оси ординат.

7. Постройте графики зависимости скорости охлаждения $\Delta T / \Delta t$ образца от температуры T , т. е. $\Delta T / \Delta t = f(T)$. Для этого выберите на оси ординат графика $T = f(t)$ некоторые значения температур образца (например, 100° , 150° , 200° и

т. д.). Около каждого значения температуры выберите небольшие одинаковые интервалы температур ΔT . Из полученных точек проведите перпендикуляры к оси ординат так, чтобы они пересекались с графиком кривой охлаждения. Из этих точек пересечения опустите перпендикуляры на ось абсцисс. В результате на оси абсцисс получится ряд интервалов времени $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3$ и т. д., на протяжении которых образец при соответствующих температурах T_1, T_2, T_3 и т. д. охлаждается на ΔT . Отношения $\Delta T_1/\Delta t_1, \Delta T_2/\Delta t_2, \Delta T_3/\Delta t_3$ и т. д. характеризуют скорость охлаждения образцов при температурах T_1, T_2, T_3 и т. д. Получите численные значения отношений $\Delta T/\Delta t$ для каждой выбранной температуры T и результаты занесите в таблицу. Постройте график зависимости $\Delta T/\Delta t = f(T)$ для медного и железного образцов, откладывая по оси абсцисс значения температур T , а по оси ординат отношения $\Delta T/\Delta t$.

8. Определите теплоемкость железа для температур $100^\circ, 150^\circ, 200^\circ, 250^\circ$. Для этого в формулу (5) подставьте отношение $\Delta T/\Delta t$ для каждого образца при этих температурах. За эталонный образец возьмите медь, зависимость удельной теплоемкости которой от температуры известна. Из таблицы возьмите значение теплоемкости меди для соответствующих температур и подставьте в формулу (5). Массы m_1 и m_2 образцов определите взвешиванием.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ УИР

Предложите собственный способ определения удельной теплоемкости металлов, получите рабочую формулу.



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется теплоемкостью и удельной теплоемкостью?
2. Назовите единицы измерения теплоемкости и удельной теплоемкости.
3. Каким образом можно подсчитать количество теплоты, полученное телом при нагревании?
4. Как рассчитать количество теплоты, отдаваемое телом через боковую поверхность при его остывании?
5. При каких условиях коэффициенты теплоотдачи двух образцов будут одинаковыми?
6. Каким образом в работе определяется температура образцов?
7. При каких температурах образцов скорость их охлаждения выше — при низких или высоких?
8. В чем заключается сущность определения теплоемкости металлов методом охлаждения?

