

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧКИ КЮРИ

Цель работы:

Изучение свойств магнитных материалов при нагревании

Принадлежности: ферромагнитный образец,

электрическая печь,
термопара с милливольтметром,
микроамперметр.

Классификация магнетиков.

Если магнетик поместить в однородное магнитное поле в вакууме с индукцией B_0 , то магнитное поле внутри магнетика изменится. Это объясняется тем, что в состоянии намагничивания магнетик дает добавочную индукцию B' , которая векторно складывается с первоначальной индукцией B_0 . Векторная сумма $B = B_0 + B'$ называется вектором магнитной индукции внутри магнетика. Вещества, для которых B' совпадает по направлению с B , называются парамагнитными. Внутри них магнитное поле усиливается. Вещества, для которых B' и B_0 противоположны по направлению, называются диамагнитными. Магнитное поле внутри них ослабляется. Для диа- и парамагнетиков величина B пропорциональна B_0 : $B = mB_0$.

Величина m называется магнитной проницаемостью среды. Для парамагнетиков (алюминий, платина и др.) $m > 1$, для диамагнетиков (медь, поваренная соль и др.) $m < 1$. Ферромагнетики (железо, никель, кобальт и др.) характеризуются более сложной зависимостью вектора магнитной индукции от напряженности магнитного поля. Для них вводится понятие дифференциальной магнитной проницаемости $m = \frac{dB}{dB_0}$.

Эта величина зависит от B_0 . Кроме того, для ферромагнетиков наблюдается гистерезис. Это явление заключается в том, что магнитная индукция зависит не только от значения B_0 в данный момент, но и от того, каково было B_0 раньше, иначе говоря m является неоднозначной функцией B_0 .

Большое значение величины магнитной проницаемости μ для ферромагнетиков объясняется наличием в них микроскопических, но достаточно малых (обычно порядка 0.01 мм) спонтанных областей намагничивания, называемых доменами. В таких областях при отсутствии внешнего поля магнитные моменты всех атомов имеют одинаковое направление. При повышении температуры, начиная с некоторой, порядок в расположении магнитных моментов нарушается, домены распадаются, и ферромагнетик превращается в парамагнетик. Эта температура, выше которой ферромагнитное тело становится парамагнетиком, называется точкой Кюри.

Температура Кюри некоторых сплавов весьма низка, причем значительно ниже точки Кюри отдельных компонентов, входящих в этот сплав. Например, точка Кюри у сплава 30% *Ni* в 70% *Fe* всего лишь 80 – 85° С.

Метод определения точки Кюри.

Для определения точки Кюри в данной работе применяется установка, принципиальная схема которой приведена на рис. 1.

Рис.1

В печь 1 помещается исследуемый образец 2, который нагревается спиралью 3. При протекании тока через спираль 3 индуцируется ток во вторичной обмотке 4. Этот ток регистрируется микроамперметром. Первичная обмотка отделена от вторичной слоем теплоизолирующего материала. Температура образца измеряется термопарой, один спай которой помещен в печь, а другой находится при постоянной температуре в сосуде Дьюара или при комнатной температуре в приборе для регистрации температуры, где имеется механизм учитывающий изменения температуры в комнате. При достижении температуры Кюри магнитные свойства образца изменяются, вследствие чего э.д.с. индукции во

вторичной обмотке резко падает, что отмечается микроамперметром. Причина такого изменения э.д.с. заключается в следующем.

Нагревательная спираль обладает как индуктивным, так и омическим R_1 сопротивлениями. Поэтому принципиальную схему прибора можно представить, как это показано на рис. 2.

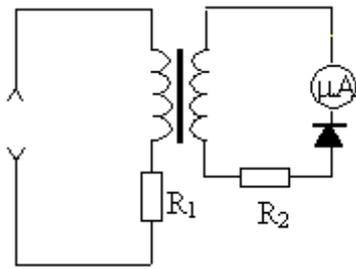


Рис.2 Электрическая схема установки для наблюдения фазового перехода.

Коэффициент самоиндукции первичной обмотки зависит от ее параметров и материала сердечника. Напряжение на первичной обмотке равно $U_1 = U_{R_1} + U_L$,

где $U_{R_1} = I_1 R_1$ - падение напряжения на омическом сопротивлении обмотки, $U_L = X_L I = \omega L I$, где X_L - индуктивное сопротивление, L - коэффициент самоиндукции или индуктивность, который пропорционален магнитной проницаемости m : $L = m L_0$, L_0 зависит от геометрии катушки. С другой стороны $U_L = -\varepsilon'_{инд}$ - падение напряжения на чисто индуктивном сопротивлении, численно равное э.д.с. индукции, возникающей в первичной цепи. Таким образом, э.д.с. индукции равна

$$\varepsilon'_{инд} = I_1 R_1 - U_1 . \quad (1)$$

С другой стороны, $\varepsilon'_{инд} = \frac{d\Phi}{dt}$.

Здесь Φ - магнитный поток, проходящий через все N_1 витков первичной обмотки, равный $\Phi = N_1 \Phi_1$, где Φ_1 - магнитный поток, проходящий через один виток.

Такой же магнитный поток Φ_1 пронизывает каждый виток вторичной обмотки. Общий поток, проходящий через виток N_2 витков вторичной обмотки, равен $\Phi_2 = N_2 \Phi_1$.

Тогда э.д.с. индукции в первичной и вторичной обмотках равны соответственно, $\varepsilon'_{инд} = N_1 \frac{d\Phi_1}{dt}$ и, $\varepsilon'_{инд} = N_2 \frac{d\Phi_1}{dt}$, откуда

$$\varepsilon'_{инд} = \frac{N_2}{N_1} \varepsilon'_{инд} .$$

Подставив в последнее выражение значение $\varepsilon'_{инд}$ из уравнения (1), получим

$$\varepsilon'_{инд} = \frac{N_2}{N_1} (I_1 R_1 - U_1). \quad (2)$$

Из формулы (2) следует, что при $U_1 \rightarrow I_1 R_1$ э.д.с. индукции во вторичной обмотке стремится к нулю.

Равенство $U_1 = I_1 R_1$ выполняется лишь в том случае, когда индуктивное сопротивление в цепи первичной катушки равно нулю. Когда температура образца достигает точки Кюри, коэффициент самоиндукции, а следовательно, и индуктивное сопротивление первичной обмотки резко уменьшается и практически становится равным нулю. Поэтому $\varepsilon''_{инд} \approx 0$, а значит и ток во вторичной обмотке отсутствует. На этом основано определение точки Кюри ферромагнетиков.

Измерения.

Собрать установку (рис. 2). Подать на печь напряжение не более 127В и через каждые десять градусов записывать значение тока в цепи вторичной катушки по микроамперметру. Возле точки Кюри, когда значение тока начинает расти медленнее, данные следует записывать через каждые 5 градусов. Когда ток во вто-

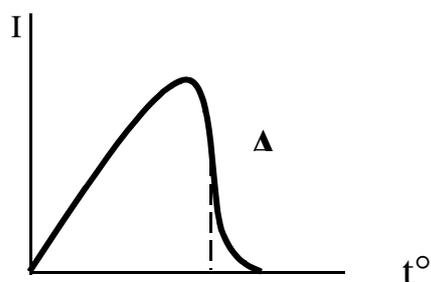


Рис.3 График зависимости тока во вторичной катушке при изменении свойств сердечника.

ричной цепи начинает уменьшаться, показания снимают через каждое деление шкалы микроамперметра.

По полученным данным и по данным градуировки термопары (если таковой требуется) строят графики так, как показано на рис. 3. По оси x откладывают температуру образца, соответствующую показаниям милливольтметра. Отсчет температуры проводят по нижней шкале прибора, соответствующей термопаре алюмель-хромель.

Для определения точки Кюри из точки перегиба А проводят пунктирную прямую до пересечения с осью Х, это и будет значение температуры Кюри.

Контрольные вопросы.

- 1) Что такое точка Кюри?
- 2) Начертите и объясните схему установки.
- 3) Почему э.д.с. индукции во вторичной обмотке резко уменьшается при достижении образцом точки Кюри?
- 4) Как классифицируются магнетики?
- 5) Почему значение m для ферромагнетиков велико?
- 6) Почему при определенной температуре ферромагнетики изменяют свои магнитные свойства?