

БЕСКОНТАКТНЫЙ СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛИННОМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

М. В. Неверовский

*Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого, Беларусь*

Научный руководитель А. М. Урбанович

Магнитные методы контроля относят к старейшим методам неразрушающего контроля материалов. Для лучшего отличия от магнитно-индуктивных методов их называют методами, использующими действие магнитных силовых линий. Этот вид контроля связан с изменением магнитного потока, а также магнитных полей, силовое действие которых наблюдают или измеряют.

Многие задачи испытания материалов могут быть успешно решены с помощью исследования магнитных свойств. Исследования магнитных характеристик твердых тел позволяют быстро и удобно определять химический и фазовый составы, структуру материалов. Кроме того, измерение магнитных свойств позволяет наблюдать изменение структуры металлов и сплавов при различной температуре и во времени. Мы предлагаем воспользоваться магнитными свойствами металлов для измерения температуры проволоки при волочении.

При этом различают две группы магнитных характеристик. Первая группа зависит от состава материала и, следовательно, от типа кристаллической решетки. К данной группе принадлежат парамагнитная и диамагнитная восприимчивость, индукция насыщения и температура Кюри. На характеристики второй группы оказывают влияние не только состав материала, но и почти в равной степени дефекты решетки, включая малые количества примесей. К таким характеристикам относятся магнитные свойства, определяемые по петле гистерезиса реального материала: начальная проницаемость, коэрцитивная сила, остаточное намагничивание и потери на гистерезисе.

зис. Эти величины отражают в общем случае не только характеристики определенного материала, но и служат по мере необходимости для оценки его реальной структуры, а следовательно, механических и химических свойств.

С напряженностью магнитного поля H всегда связана вторая магнитная величина – плотность магнитного силового потока или магнитная индукция B :

$$B = \mu \times H = \mu_r \times \mu_0, \quad (1)$$

где μ , μ_r , и μ_0 соответственно абсолютная магнитная проницаемость, относительная проницаемость и магнитная постоянная ($\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ В-с/А-м; H – теслах Т).

Аналогично диэлектрической поляризации часто также рассматривается магнитная поляризация I . Эта величина связана с индукцией, характеризующей свойства вещества, следующим уравнением:

$$I = B - \mu_0 \times H. \quad (2)$$

Величину χ называют магнитной восприимчивостью. Часто в качестве применяемой на практике характеристики используют намагниченность M :

$$M = I \div \mu_0 = \chi \times H. \quad (3)$$

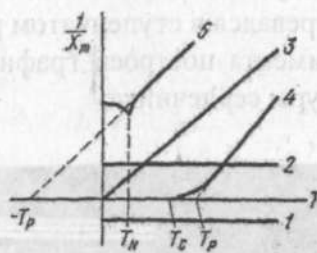


Рис. 1. Температурная зависимость магнитной восприимчивости: 1 – диамагнетизм; 2 – парамагнетизм электронов проводимости; 3 – парамагнетизм; 4 – ферромагнитные материалы; 5 – антиферромагнитные материалы

Диамагнитная и парамагнитная восприимчивость металлов зависит от температуры. Для большинства парамагнетиков справедлив закон Кюри–Вейсса:

$$\chi = \frac{C}{T + \Delta T}, \quad (4)$$

где ΔT и константа Кюри C — характеристические величины.

Таким образом, подставляя формулы (4) и (2) в (3) получим

$$\frac{B - \mu_0 H}{\mu_0} = \frac{CH}{T + \Delta T}. \quad (5)$$

Выразим магнитную индукцию B из полученного выражения

$$B = \mu_0 H \left(1 + \frac{CH}{T + \Delta T} \right).$$

Таким образом, полученная математическая модель отображает зависимость магнитной индукции от температуры.

Практическая апробация предложенной математической модели проводилась по следующей схеме, представленной на рис. 2.

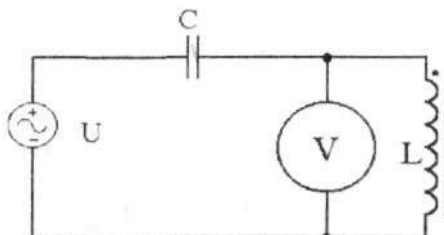


Рис. 2. Схема для измерения изменения параметров катушки индуктивности

Методика исследования была следующая: с помощью персонального компьютера, который выполнял роль генератора сигналов, через усилитель подавался синусоидальный сигнал на колебательный контур. Напряжение на катушке фиксировалось при помощи вольтметра. Используемые технические средства представлены на рис. 3.

Температура сердечника катушки, в качестве которого использовалась стальная проволока диаметром 2 мм, нагревался в ступенчатом режиме с интервалом в 50 градусов. По результатам эксперимента построен график зависимости изменения напряжения катушки от температуры сердечника.



Рис. 3. Используемые технические средства

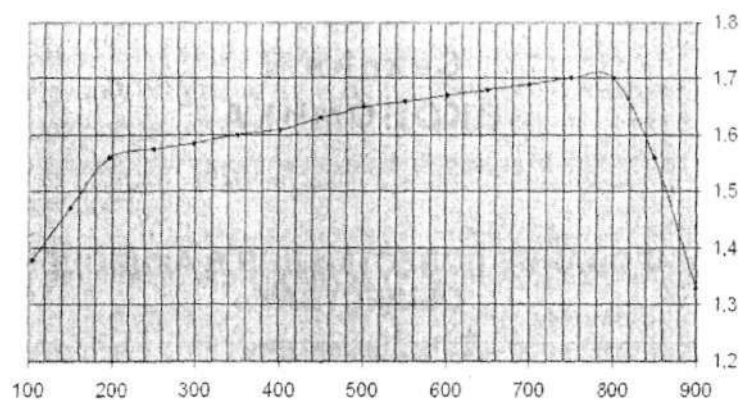


Рис. 4. Зависимость напряжения катушки от температуры сердечника

Из анализа полученных результатов можно сделать вывод: предлагаемый способ можно использовать для измерения температуры длинномерных изделий. В частности, наиболее целесообразно применять для измерения температуры проволоки в процессе волочения.