О ПРИМЕНЕНИИ ФЕРРОЗОНДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ МАГНЕТИТА

Н. А. Ткаченко

Кривой Рог

Для определения количества магнетита в веществе наибольшее применение нашли физико-химический и индукционный способы. Магнитометрический способ используется редко. Распространено мнение, что

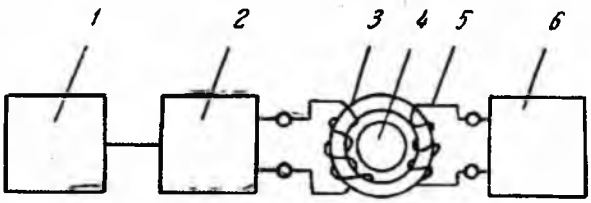


Рис. 1. Блок-схема эксперимента:
1 — звуковой генератор; *2* — усилитель низкой частоты; *3* — возбуждающие обмотки феррозонда; *4* — образец; *5* — измерительные обмотки; *6* — измерительный усилитель.

последний обладает невысокой чувствительностью [1]. Однако исследования по определению количества магнетита магнитометрическим способом, проведенные автором данной статьи, показали, что применение в качестве индикатора магнитного поля феррозонда позволяет с достаточно высокой точностью определить магнитные свойства вещества.

Феррозонд был собран на торроидальном сердечнике из четырех витков пермаллоевой ленты. Толщина ленты — 0,1 *мм*, диаметр тора — 30 *мм*. На сердечник были намотаны четыре обмотки по 300 витков проводом ПЭЛШО 0,31. Блок-схема эксперимента проведена на рис. 1.

Схема работает следующим образом. Усиленный сигнал звуковой частоты подается на возбуждающую обмотку феррозонда, в который помещается образец. Измерительные обмотки феррозонда подключены ко входу усилителя 28ИМ, настроенного на частоту второй гармоники и фиксирующего относительную величину магнитного поля образца. В качестве образца использовались железорудные окатыши с содержанием магнетита от 1,8 до 65%.

Определение зависимости между содержанием магнетита и магнитным полем ненамагниченного образца

Эксперимент был проведен по следующей методике. В феррозонд вносились образцы с различным содержанием магнетита, соответственно индикатором фиксировалась относительная величина магнитного поля. Результаты опытов (рис. 2, *а*) показывают, что определить количество магнетита по величине постоянного магнитного поля ненамагниченного образца невозможно. Это объясняется следующим образом. Суммарная намагниченность вдоль любого направления [2]

$$I = \sum_{i=1}^{n} \frac{I_i \cos Q_i \delta V_i}{\sum_{i=1}^{n} \delta V_i},$$

где I_i — намагниченность i-го домена;

Q_i — угол между I_i и данным направлением;

δV_i — объем i-го домена;

n — общее число доменов в объеме.

Для химически однородного образца I_i равны по величине, а приведенная формула может быть записана в виде

$$I = \frac{I_s \sum_{i}^{n} \cos Q_i \delta V_i}{\sum \delta V_i}.$$

Для ферромагнитных образцов $n > 0$, $I_i \neq 0$, $I = 0$ при условии, что $\sum_{i}^{n} \cos Q_i \delta V_i = 0$. Следовательно, ненамагниченному состоянию ферромагнетика соответствует взаимное расположение доменов, которое дает нулевую суммарную намагниченность.

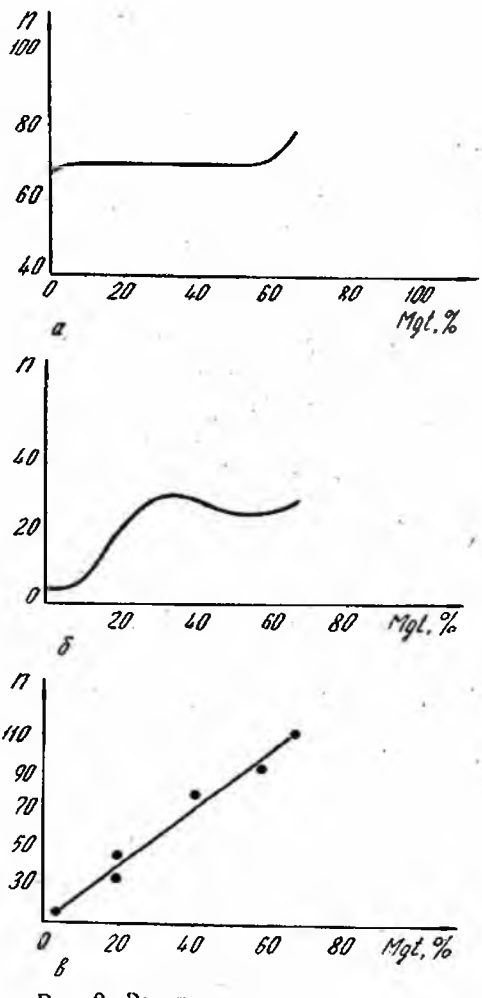


Рис. 2. Результаты экспериментов.

Определение зависимости между содержанием магнетита и постоянным полем намагниченного образца

Как было показано выше, неамагниченному состоянию образца соответствует нулевая суммарная намагниченность по любому направлению. При наложении магнитного поля на образец в последнем начи-

нается перемещение границ. При этом возрастает объем доменов, намагниченность которых направлена по оси легкого намагничивания, ближайшей к направлению поля [2]. Векторы намагничивания будут также поворачиваться соответственно изменению углов.

Формула для суммарной намагниченности вдоль любого направления примет вид

$$I = \frac{\sum_{i}^{n} I_i \cos Q_i \delta V_i}{\Sigma \delta V_i} \neq 0.$$

Однако определение количества магнетита по величине магнитного поля слабонамагниченного образца связано с погрешностями вследствие влияния структуры материала.

Представляет интерес нахождение зависимости между остаточным намагничиванием слабонамагниченного образца и количеством магнетита в нем. Для выяснения данной зависимости был произведен следующий эксперимент. Образец намагничивался в слабом магнитном поле (10 э), после чего снималась и феррозондом замерялась величина остаточной намагниченности. Результаты эксперимента приведены на рис. 2, *б*.

Отсутствие линейной зависимости между количеством магнетита и остаточной намагниченностью объясняется тем, что при намагничивании в слабом поле явление смещения границ и поворот вектора намагниченности обратимы.

При намагничивании до насыщения намагниченность образца не зависит от структуры материала, а является функцией химического состава и температуры материала. При этом остаточная намагниченность I_R, направленная вдоль ближайшего направления легкого намагничивания, и является функцией от I_s.

Для поликристаллических ферромагнетиков кубической структуры

$$I_R = I_s \frac{1}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3} = 0{,}831 \cdot I_s,$$

где α_1, α_2, α_3 — направляющие косинусы относительно главных осей кубического кристалла.

На рис. 2, *в* приведена зависимость между остаточной намагниченностью образца, намагниченного до насыщения, и количеством магнетита.

Приведенная зависимость позволяет обосновать практический метод измерения. Данный метод представляет несомненный интерес в силу следующих соображений. При измерении количества магнетита по величине остаточной намагниченности отпадает необходимость в отстройке от воздействия намагничивающего поля, которое вносит большие погрешности при измерении феррозондом.

ВЫВОДЫ

1. При определении содержания магнетита магнитометрическим методом с помощью феррозонда образец необходимо предварительно намагнитить.

2. Измерение остаточной намагниченности слабонамагниченного образца связано с погрешностями вследствие обратимости и влияния структуры материала.

3. По величине остаточной намагниченности намагниченного до насыщения образца можно с высокой точностью определить содержание магнетита.

ЛИТЕРАТУРА

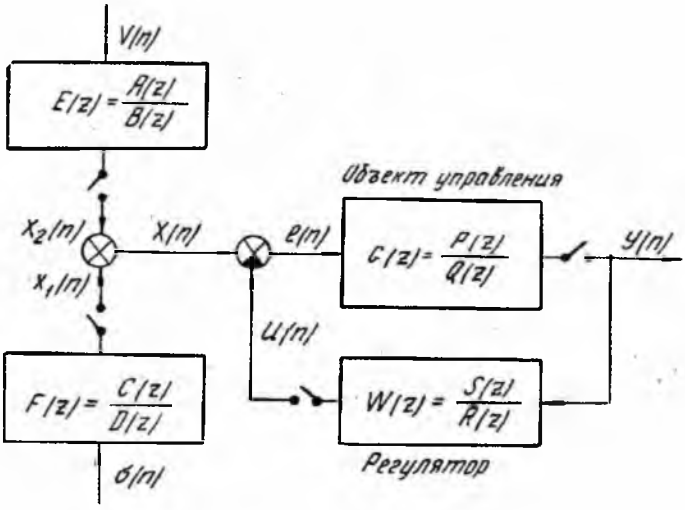
1. Э. И. Арш. Применение токов высокой частоты в горном деле. Изд-во «Недра», 1967.
2. Магнитные и диэлектрические приборы. Под ред. Г. В. Катца (пер. с англ.). Изд-во «Энергия», 1964.
3. Т. Нагата. Магнетизм горных пород. Изд-во иностр. лит., 1956.

ОБ ОДНОЙ ЗАДАЧЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ РЕГУЛЯТОРОВ

А. А. Волков, И. Ф. Еременко

Харьков

Задача рассматривается при случайных и детерминированных возмущениях. Задана структурная схема включения регулятора, показанная на рисунке, где $x(n)$ — внешнее возмущение, $y(n)$ — координата объекта,



$u(n)$ — координата регулятора. Объект управления принадлежит классу линейных непрерывных устойчивых объектов с минимальной фазой. Импульсный элемент создает прямоугольные импульсы относительной длительности, равной единице. При выбранном периоде повторения T работы ключа полюсы приведенной непрерывной части $G(q)$ ($q = Ts$, где S — параметр преобразования Лапласа) удовлетворяют условию $|Im q_\nu| < \pi$.

Обычными методами [1] находим дискретную передаточную функцию разомкнутой импульсной системы, включающей объект управления и импульсный элемент:

$$G(z) = \frac{P(z)}{Q(z)} = \sum_{\xi=0}^{r-1} p_\xi z^\xi \frac{1}{\sum_{\xi=0}^{r} q_\xi z^\xi}, \quad q_r = 1, \tag{1}$$

где $P(z)$, $Q(z)$ — полиномы по степеням z, не имеющие нулей в области Γ^- (вне единичного круга Γ на плоскости комплексной переменной