

показывают, что реакции (1) и (2) полностью совмещены вправо с прямым выделением меди и железа.

Согласно уравнению $\Delta Z_{(3)}^0 = 80000 - 124T$, термическое разложение сульфидного соединения по реакции (3) начинается с 650°C.

При этом расчетный расход полезной энергии, вводимой извне в процесс, составляет 630 кВт.ч на тонну концентрата. В укрупненно-лабораторных экспериментах общий расход энергии в процессе разложения колеблется в пределах 1466...2174 кВт.ч на тонну концентрата [5].

Таким образом, показана возможность и целесообразность технологической разработки в Армении одностадийных процессов прямого производства меди из медного сульфидного концентрата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ванюков А.А., Уткин Н.И. Комплексная переработка медного и никелевого сырья. - М.: Металлургия, 1988. - 400 с.
2. Металлургия меди, никеля, кобальта / В.И. Смирнов, А.К. Цейдлер и др. - М.: Металлургия, 1964. - 450 с.
3. Григорян Г.Б. Комплексное использование металлургического сырья, вторичных энергоресурсов и охрана окружающей среды / Армупрцветмет. - Ереван, 1983. - 95 с.
4. Григорян Г.Б., Цейдлер А.А. Восстановление окислов меди и цинка из расплава: Сб. научн. тр. / Гинцветмет. 1965. - № 23. - С. 35-53.
5. Григорян Г.Б., Хачатрян Г.А. Терморазложение сульфидов-перспективная технология переработки медь-золотосодержащих концентратов Армении // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. - 1997. - Т.50, № 1. - С. 62-64.

ГИУА

30.03.1997

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. LII, № 2, 1999, с. 262 - 266.

УДК 621.317

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Г.А. КАРДАШЯН, А.Г. КАРДАШЯН

О НЕПОСРЕДСТВЕННОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ

Քննարկված է ֆեռոմագնիսական նյութերի մագնիսական թափանցելիության անալիտիկական արժեքի անմիջական որոշման հնարավորությունը, առավելագույն թափանցելիության չափման համակարգի ստեղծման և ֆեռոմագնիսական նյութերի շահագործման ռեժիմի ընտրության կարևորությունը:

Рассмотрена возможность непосредственного определения амплитудной магнитной проницаемости ферромагнитных материалов. Установлена актуальность разработки систем измерения максимальной магнитной проницаемости и выбора режима эксплуатации ферроматериалов.

Ил.3. Библиогр.: 4 назв.

The possibility of amplitude permeability direct determination for ferromagnetic materials is studied. The actuality for maximum permeability system elaboration and selection of ferromaterial exploitation conditions is established.

Ил. 3. Ref. 4.

Для автоматического контроля магнитных свойств ферромагнитных материалов необходима разработка методов и средств непосредственного определения требуемого магнитного параметра.

В большинстве случаев кривые намагничивания ферромагнитных материалов в переменном магнитном поле $B_m = f(H_{\text{действ}})$ определяют при синусоидальном изменении магнитной индукции. При этом кривая напряженности магнитного поля отличается от синусоиды, и отношение между амплитудой напряженности магнитного поля и его действующим значением больше $\sqrt{2}$, а $H_{\text{действ}} \sqrt{2} < H_m$ [1-3]. Значение $H_{\text{действ}} \sqrt{2}$ можно сопоставить с амплитудой эквивалентной синусоиды, при этом магнитная проницаемость определится как [1-3]

$$\mu = \frac{B_m}{\mu_0 H_{\text{действ}} \sqrt{2}}. \quad (1)$$

В некоторых случаях важное значение имеет магнитная проницаемость, определяемая по первым гармоникам индукции B_{1m} и напряженности магнитного поля H_{1m} : $\mu = B_{1m} / H_{1m}$. Заменяв динамический цикл гистерезиса эллипсом, имеющим ту же площадь, В.К. Аркадьев ввел понятие упругой и вязкой проницаемости. Для параметрического уравнения эллипса H и B должны быть синусоидальными функциями времени:

$$H(t) = H_m \sin \omega t. \quad (2)$$

$$B(t) = B_m \sin(\omega t - \delta). \quad (3)$$

Значение магнитной индукции можно переписать в виде

$$B(t) = B_m \cos \delta \sin \omega t - B_m \sin \delta \cos \omega t. \quad (4)$$

Выражения $B_m \cos \delta$ и $B_m \sin \delta$ заменим через B_{m1} и B_{m2} . Тогда упругая проницаемость определится как

$$\mu_1 = \frac{B_{m1}}{H_m} = \frac{B_m \cos \delta}{H_m}, \quad (5)$$

а вязкая -

$$\mu_2 = \frac{B_{m2}}{H_m} = \frac{B_m \sin \delta}{H_m}. \quad (6)$$

Возведем в квадрат μ_1 и μ_2 , в результате получим амплитудную или полную проницаемость

$$\mu = \sqrt{\mu_1^2 + \mu_2^2} = B_m / H_m. \quad (7)$$

С помощью разработанной системы можно добиться непосредственной оценки указанной амплитудной проницаемости во всем цикле перемагничивания ферроматериала. Для этого из

задающего генератора на вход формирующего устройства подается напряжение (рис.1, кривая 1)

$$u = U_m \sin \omega t. \quad (8)$$

На выходе формирователя [4] образуется намагничивающее напряжение, аналитически описываемое в виде (рис.1, кривая 2)

$$u_n = U_{1m} \sin \omega t + U_{3m} \sin 3\omega t + U_{5m} \sin 5\omega t + \dots, \quad (9)$$

содержащее только нечетные гармоники без сдвигов фаз и без постоянных составляющих.

Благодаря введенной отрицательной обратной связи в испытуемом ферромагнитном материале формируется магнитный поток, имеющий синусоидальную форму кривой, а индукция в образце изменяется по заданному закону (рис.1, кривая 3)

$$B(t) = B_m \sin \omega t. \quad (10)$$

При этом из-за нелинейности магнитных свойств ферромагнитных материалов напряженность магнитного поля на выходе своего первичного преобразователя имеет вид (рис.1, кривая 4)

$$H(t) = H_{1m} \sin(\omega t + \psi_{H1}) + H_{3m} \sin(3\omega t + \psi_{H3}) + H_{5m} \sin(5\omega t + \psi_{H5}) + \dots \quad (11)$$

Выражения (8)-(11) подтверждаются сравнением с соответствующими осциллограммами, снятыми на разработанном приборе [4], и графиками, построенными по указанным выражениям с помощью ЭВМ.

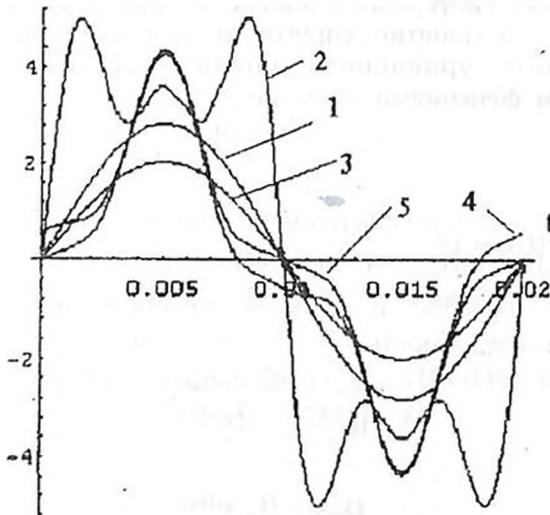


Рис. 1

Для определения амплитудной магнитной проницаемости необходимо иметь отношение амплитудного значения магнитной индукции B_m к амплитудному значению напряженности магнитного поля H_m . Для однозначности магнитной проницаемости при определенном значении B_m необходимо иметь соответствующие

значения H_m . Поэтому перед измерением μ_n необходимо кривую $H(t)$ представить в соответствии с основной кривой намагничивания, т.е. так, чтобы зависимость $B(H)$ соответствовала безгистерезисному состоянию материала. С этой целью $H(t)$ представляется в виде

$$H(t) = H_{1m} \sin \omega t - H_{3m} \sin 3\omega t + H_{5m} \sin 5\omega t - \dots, \quad (12)$$

т.е. состоит только из нечетных гармоник, без начальных фаз и постоянных составляющих (рис.1, кривая 5).

При этом H_m и B_m одновременно достигают своих максимальных значений. При осуществлении математической операции деления за весь цикл перемагничивания возникает изменение амплитудной магнитной проницаемости испытуемого феррообразца. На рис. 2 построена зависимость $\mu_n(H_m)$ в относительных единицах по формулам (8) и (10), где $B_m = 2$, $H_{1m} = 7$, $H_{3m} = 3$, $H_{5m} = 1$.

Практически в разработанной системе измерение осуществляется на базе интегральной микросхемы ИМС типа К525ПС2 или К525ПС3, предназначенной для аналоговой обработки и преобразования сигналов. На первый вход ИМС подается напряжение (10) $V(t)$, проходящее через усилитель и учитывающее размеры испытуемого материала и пикового детектора, на выходе которого образуется постоянное напряжение $U_B = A_1 B_m$. На другой вход делителя подается напряжение $H(t)$ (12) через другой пиковый детектор, на выходе которого образуется постоянное напряжение $U_H = A_2 H_m$. На выходе ИМС получается напряжение, пропорциональное амплитудному значению магнитной проницаемости ферромагнитного материала, что позволяет вести прямой отсчет измеряемой величины:

$$\mu = \frac{10 A_1 B_m}{A_2 H_m}. \quad (13)$$

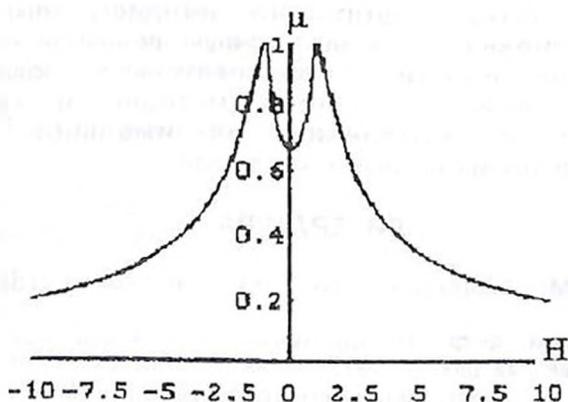


Рис. 2

С помощью разработанного устройства проводились многократные измерения на ряде эталонных образцов из электротехнических сталей (марок 3413, 2011, 1213 и 2211) по B_m

и H_m . Проведены статистический анализ и сравнение с эталонными данными. Установлено, что погрешность измерения по основной кривой намагничивания не превышает 2%. На макете описанной системы проведено также измерение амплитудных значений магнитной проницаемости указанных образцов и осуществлена простая операция деления B_m/H_m . В обоих случаях получены одни и те же значения магнитной проницаемости.

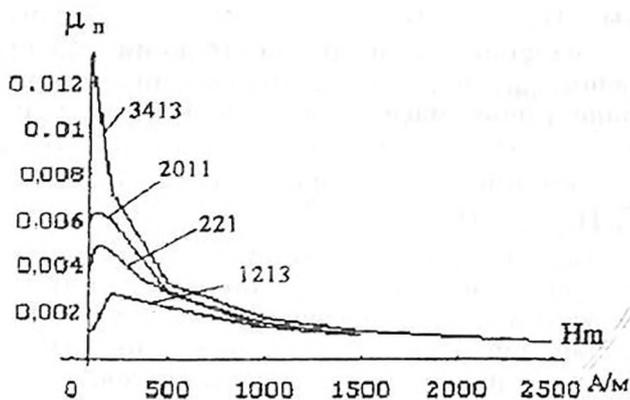


Рис. 3

Как показали результаты экспериментальных исследований (рис.3), почти для всех марок сталей максимальная магнитная проницаемость находится в пределах напряженности магнитного поля 20...500 А/м, т.е. при слабых магнитных полях. При напряженности магнитного поля свыше 1000 А/м магнитная проницаемость материалов резко уменьшается, и независимо от марки материала их проницаемости близки друг к другу. Следовательно, использование электротехнических сталей в сильных магнитных полях нецелесообразно, и вопрос о рекомендации выбора режима работы соответствующих материалов становится актуальным.

На рис. 3 легко заметить, что по дискретным значениям измерений невозможно установить точную величину максимальной магнитной проницаемости, а следовательно, остается также актуальной проблема разработки методов и средств для непосредственного измерения максимальной магнитной проницаемости ферромагнитных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полизанов К.М. Ферромагнетики. - М; - Л.: Госэнергоиздат, 1957. - 256 с.
2. Преображенский Ф.Ф. Теория магнетизма, магнитные материалы и элементы. - М.: Высшая школа, 1972. - 288 с.
3. Панасенков М.А. Электромагнитные расчеты устройств с нелинейными распределенными параметрами. - М.: Энергия, 1971. - 216 с.
4. Кардашян Г.А. Универсальный магнитоизмерительный прибор // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН. - 1997. - Т.50, № 3. - С. 220-225.