

підвищення чутливості є зниження рівня похибки визначення вмісту заліза в пробах руд до ± 0.5 % абс.

Висновки та напрям подальших досліджень. Спосіб забезпечує підвищення точності і вірогідності результатів виміру вмісту заліза руд чорних металів у порошкових пробах і продуктів переробки цих руд, знижує час і енерговитрати на підготовку порошкових проб (за рахунок зменшення маси проби), зменшує вартість пристроїв (за рахунок зниження числа використовуваних джерел випромінювання).

Спосіб може бути реалізований будь-яким з відомих пристроїв для визначення вмісту заліза руд чорних металів у пробах селективним гама-гама методом з незначними змінами, а саме зменшенням числа джерел до 1-го і зменшенням обсягу кювети $\approx 20 \dots 25 \text{ см}^3$. Додатково для реалізації способу необхідні ваги з діапазоном виміру ваги від 0 до 150Г і прес (чи пристрій аналогічний йому за призначенням) із зусиллям до 150 кг сили.

Список літератури

1. Апаратура радіометра сцинтиляційного рудничного РСР-3, Уфімський завод Геофізприладобудування, -1970, -С. 30-33.

2. **А.А. Азарян, В.Е. Василенко, С.В. Яковлева** "Аналіз похибки визначення вмісту заліза рудниковими радіометрами ПАКС. У зб. Якість мінеральної сировини. Кривий Ріг, 1999, -163 с.

УДК 621.317.4

Ю.Е. ЦЫБУЛЕВСКИЙ, канд. техн. наук, А.В. ШВЫДКИЙ, аспирант,
Криворожский технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕЙ ПРОБЫ НА РАЗМЕРЫ ИНДУКТИВНЫХ ДАТЧИКОВ.

Изложен материал по определению оптимальных конструктивных размеров индуктивных преобразователей для контроля качества сырья и продуктов обогащения черных металлов.

Викладено матеріал по визначенню оптимальних конструктивних розмірів індуктивних перетворювачів для контролю якості сировини та продуктів збагачення чорних металів.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Обычно, при разработке индуктивных датчиков для контроля массовой доли железа магнитного стараются обеспечить максимальный объем полости датчика, чтобы охватить все возможные для анализа классы крупности железорудного сырья (например, модель ОКМ-5, емкостью 7 литров, разработанная ДГИ).

Постановка задачи. Обычно используется в качестве индуктивного преобразователя длинные соленоиды с неравномерным магнитным полем. Более перспективным направлением является разработка датчиков с равномерным магнитным полем для порошковых проб.

Кроме того, известно, что линейность магнитных характеристик зависит от напряженности внешнего магнитного поля воздействующего на пробу рис. 1.

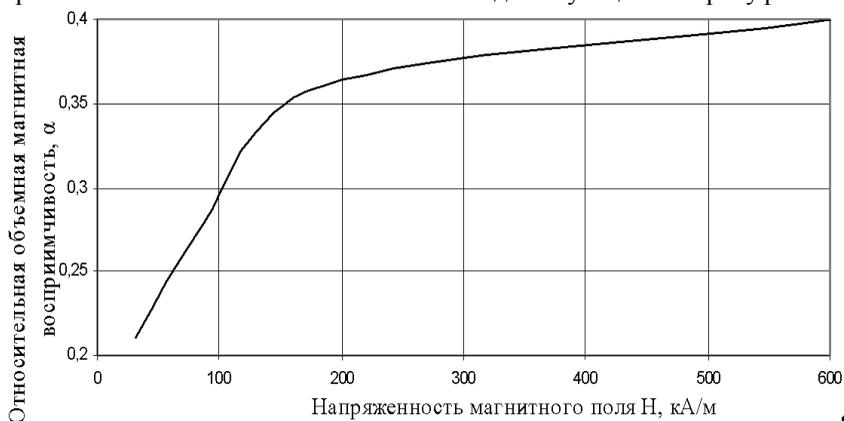


Рис. 1. Зависимость относительной объемной магнитной восприимчивости смеси от напряженности магнитного поля, для пробы с массовым содержанием магнетита $\alpha=40\%$ [1]

Изложение материала и результаты. Известно, что наиболее простой индуктивный преобразователь для создания равномерного магнитного поля может быть выполнен в виде колец Гельмгольца. Для колец Гельмгольца напряженность магнитного поля определяется по формуле (1):

$$H = 0,7155 \frac{I \cdot W}{R} \quad (1)$$

где I , W , R – ток, количество витков и радиус индукционного преобразователя.

Анализируя формулу можно сказать, что увеличить напряженность магнитного поля и линейность магнитных характеристик магнетита можно за счет уменьшения радиуса магнитного преобразователя, не изменяя намагничивающей силы $I \cdot W$.

Минимально допустимый радиус индуктивного преобразователя можно определить на основе экспериментальной формулы для массы минимальной представительной пробы, которая регламентируется ГОСТ-15054-69 для железных руд:

$$M = k \cdot d^2 \quad (2)$$

Определим массу пробы через произведение объема цилиндра V , высота которого равняется его радиусу R на насыпную плотность:

$$M = \rho \cdot V = \rho \cdot \pi \cdot R^3 \quad (3)$$

Подставляя значения массы с формулы (3) в формулу (2) определим минимально допустимый радиус индуктивного преобразователя:

$$k \cdot d^2 = \rho \cdot \pi \cdot R^3 \quad (4)$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{k \cdot d^2}{\pi \cdot \rho}}$$

где k – коэффициент, который зависит от однородности минерального состава руды, d – наибольший размер частиц пробы, $\pi=3,14$, ρ – насыпная плотность.

Выбор минимально допустимого радиуса индуктивного преобразователя в зависимости от крупности материала и массы представительной пробы повышает линейность магнитных характеристик магнетита, что в свою очередь увеличивает точность измерений.

Уменьшить влияние изменения напряженности магнитного поля можно введением в схему измерений стабилизатора тока индуктивного преобразователя, что повысит точность измерений.

Кроме того, повысить точность измерений можно за счет более полного заполнения измерительного объема индуктивного преобразователя.

Конфигурация кюветы для пробы должна совпадать с формой катушки индуктивного преобразователя. На рис. 2 показаны варианты, когда форма кюветы не совпадает с формой индуктивного преобразователя.

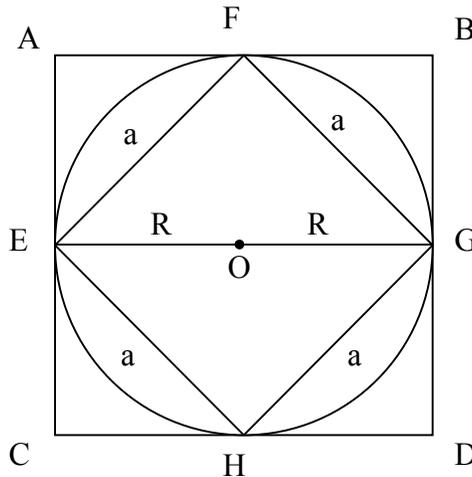


Рис. 2. Геометрия кюветы и индуктивного датчика.

- а) квадратная кювета $EFGH$ в датчике радиуса R
- б) круглая кювета радиуса R внутри квадратного индуктивного преобразователя со стороной $2R$.

а) площадь сечения круглого датчика $S_k = \pi R^2$.

Площадь вписанного квадрата кюветы $EFGH$ через радиус R равно $S_{EFGH} = 2R^2$.

Коэффициент заполнения полости датчика:

$$k_1 = \frac{S_k - S_{EFGH}}{S_k} = \frac{\pi R^2 - 2R^2}{\pi R^2} = \left(1 - \frac{2}{\pi}\right) = \left(1 - \frac{2}{3,14}\right) = 0,36$$

Полость датчика недоиспользуется на 36%.

- б) площадь квадратного датчика $ABCD$:

$$S_{ABCD} = 4R^2$$

площадь сечения круглой кюветы:

$$S_k = \pi R^2.$$

Коэффициент заполнения полости датчика:

$$k_2 = \frac{S_{ABCD} - S_k}{S_{ABCD}} = \frac{4R^2 - \pi R^2}{4R^2} = \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) = \left(1 - \frac{3,14}{4}\right) = 0,215$$

Объем полости датчика во втором случае недоиспользуется на 21,5%.

Применение квадратного, вариант (б), индуктивного преобразователя не рационально еще и потому, что увеличивается рассеивание электромагнитного поля и снижается к.п.д. датчика.

Повышение коэффициента заполнения измерительной полости датчика повышает чувствительность метода за счет увеличения массы представительной пробы.

Для большинства типов железорудного сырья руду можно рассматривать как бинарную смесь минералов железа и оксида кремния. Плотность магнетита $\delta_M = 5 \cdot 10^3$ кг/м³, а породных минералов $\delta_{II} = 2,8 \cdot 10^3$ кг/м³.

Плотность поршковой пробы смеси этих минералов составляет $(1,7 \div 2) \cdot 10^3$ кг/м³. Удельная магнитная восприимчивость естественного магнетита составляет от 4,52 до $6,85 \cdot 10^4$ м³/кг. Магнитная восприимчивость других железосодержащих минералов в сотни раз меньше, чем у магнетита. Источником погрешности измерений является изменение насыпной плотности при повторной засыпке в кювету одной и той же пробы.

Это объясняется тем, что даже при тщательном соблюдении методики заполнения емкости порошком с постоянным содержанием металла наблюдается значительный разброс значений веса пробы. Поэтому в конструкцию устройства вводятся электронные весы и персональный компьютер, вычисляющий массовую долю магнетита.

Нами был использован метод, при котором перед измерением порошковые пробы уплотнялись с динамическим усилием до 5 кг.

Зависимость среднеквадратического отклонения измерений приведена на рис. 3.

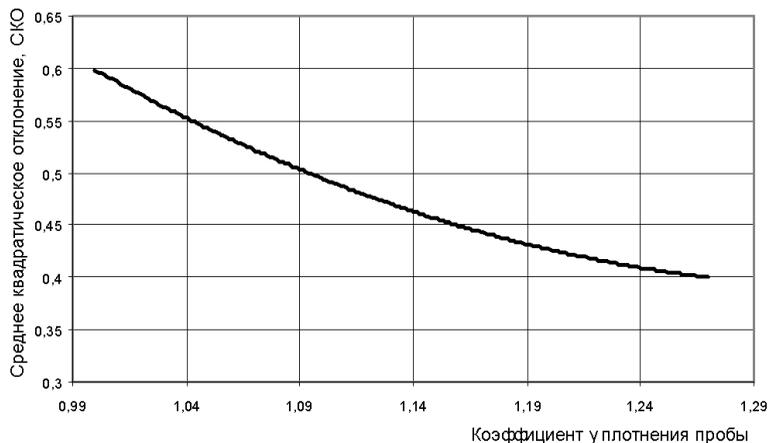


Рис. 3. Зависимость СКО измерений от степени уплотнения пробы.

При более высоких усилиях уплотнения (до 4 т) начинает сказываться содержание магнетита и других железосодержащих минералов, на рис. 4 приведена зависимость усадки пробы от содержания железа общего.

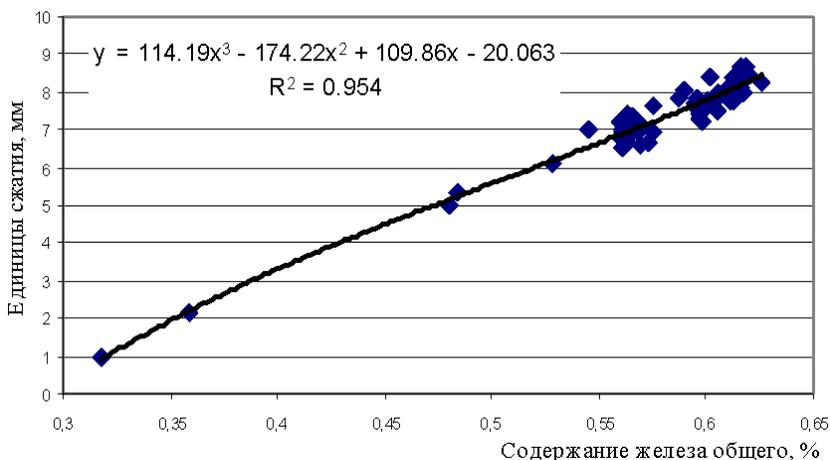


Рис. 4. Зависимость усадки материала пробы от содержания в ней железа общего

Зависимость описывается уравнением кривой:

$$y = 114,19 \cdot x^3 - 174,22 \cdot x^2 + 109,86 \cdot x - 20,063$$

на уровне достоверности 0,95. Чувствительность к изменению содержания составляет 0,25 мм/% Fe.

Выводы. Для увеличения точности индуктивных методов контроля состава порошковых проб необходимо:

1. Выбирать минимальный размер радиуса индуктивного преобразователя с учетом массы и плотности представительной пробы.
2. Полностью использовать измерительную полость индуктивного преобразователя.
3. Уплотнять пробу на вибростенде до коэффициента $k_v = 1,3$.
4. При больших усилиях уплотнения пробы возникает дополнительная погрешность вызванная влиянием минерального состава пробы.

Список литературы:

1. **Марюта А.Н.** Контроль качества железорудного сырья, Киев, 1976г.
2. **Шумиловский Н.Н., Ярмольчук Г.Г., Грабовецкий В.П.** Метод вихревых токов, // -М.-Л.: из-во «Энергия» 1966.