

УДК 622-76-52

Е.В. Кочура, д-р техн. наук, проф.,
Жамиль Абеделрахим Жамиль Альсаййде

Государственное высшее учебное заведение „Националь-
ный горный университет“, г. Днепропетровск, Украина,
e-mail: Kochura E@gmail.com

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАГНИТНОГО СЕПАРАТОРА ПО МАГНИТНОМУ ПРОДУКТУ

Ye.V. Kochura, Dr. Sci. (Tech.), Professor,
Zhamil Abedelrakhim Zhamil Alsayayde

State Higher Educational Institution “National Mining University”,
Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: Kochura E@gmail.com

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF METHOD OF THE AUTOMATIC MONITORING OF THE PRODUCTIVITY OF MAGNETIC SEPARATOR BY MAGNETIC PRODUCT

Предложен метод автоматического контроля производительности магнитного сепаратора по магнитному продукту. Приведены теоретические формулы для обоснования зависимости электродвижущей силы в замкнутом контуре на поверхности магнитной системы сепаратора от его производительности по магнитному продукту. Получены расчетные зависимости между электродвижущей силой, производительностью сепаратора и плотностью слива классификатора, которые могут быть использованы при автоматизации процесса магнитного обогащения руд.

Ключевые слова: автоматический контроль, обогащение, магнитный сепаратор, производительность

Введение. Горно-обогатительные комбинаты по переработке железных руд являются основой сырьевой базы горно-металлургического комплекса Украины. Достижение высоких технико-экономических показателей производства железорудного концентрата невозможно без автоматизации технологических процессов рудоподготовки и магнитного обогащения руд. Основным обогатительным аппаратом на магнитообогатительных фабриках являются барабанные магнитные сепараторы сухого и мокрого обогащения. Устойчивое протекание технологического процесса обогащения возможно только при стабилизации материальных потоков рудного сырья в технологических линиях обогащения. Важнейшим параметром автоматического контроля и регулирования на магнитообогатительных фабриках является производительность магнитных сепараторов по магнитному продукту. Поэтому тема работы является актуальной.

Состояние вопроса. Для автоматического контроля и регулирования процесса обогащения магнитных руд необходимо контролировать производительность по магнитному продукту каждого магнитного сепаратора. Так как на современной обогатительной фабрике сотни магнитных сепараторов, то наиболее рациональный способ – контролировать производительность магнитного сепаратора по электрическим сигналам самого магнитного сепаратора. Так в работе [1] предложено автоматически контролировать производительность магнитного сепаратора по магнитному продукту по величине активной мощности приводного электродвигателя барабана сепаратора. Однако этот метод обладает низкой чувствительностью и точностью из-за влияния состояния механического редуктора и ванны магнитного сепаратора.

Целью статьи является теоретическое обоснование метода повышения точности автоматического контроля производительности магнитного сепаратора по магнитному продукту по электрическим сигналам магнитного сепаратора.

Основная часть. Схема магнитного сепаратора для мокрого обогащения руд представлена на рис. 1.

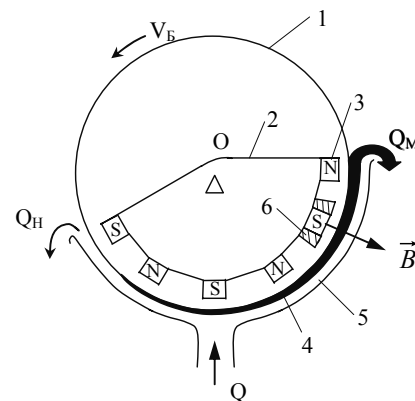


Рис. 1. Схема магнитного сепаратора: 1 – барабан сепаратора; 2 – ярмо магнитной системы; 3 – постоянные магниты; 4 – слой концентрата; 5 – корпус сепаратора; 6 – измерительная катушка; V_B – линейная скорость вращения барабана; Q – производительность по питанию сепаратора; Q_M – производительность по магнитному продукту; Q_H – производительность по немагнитному продукту; \vec{B} – вектор магнитной индукции.

Питание магнитного сепаратора Q разделяется на магнитный продукт Q_M и немагнитный продукт Q_H . При вращении барабана сепаратора, как установлено

в работе [1], в слое магнитного продукта образуется бегущее магнитное поле с частотой пульсации

$$f = \frac{V_B}{2h},$$

где V_B – линейная скорость барабана сепаратора; h – шаг между полюсами магнитной системы сепаратора.

Вектор магнитной индукции является пульсирующим, поэтому в измерительной катушке b наводится электродвижущая сила.

Для описания метода автоматического контроля магнитного сепаратора по магнитному продукту используем схему рабочей зоны сепаратора, представленную на рис. 2.

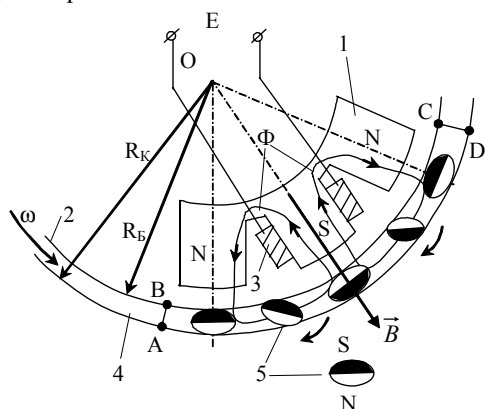


Рис. 2. Схема рабочей зоны сепаратора: 1 – ярмо магнитной системы; 2 – барабан сепаратора; 3 – измерительная катушка; 4 – слой концентрата сепаратора; 5 – магнитные флоккулы; ω – угловая скорость вращения барабана; R_B – радиус барабана сепаратора; R_K – радиус слоя концентрата; Φ – магнитный поток; \vec{B} – вектор магнитной индукции; E – электродвижущая сила, наведенная в измерительной катушке; $ABCD$ – рабочая зона сепаратора

Магнитная пульпа, поступающая в ванну сепаратора, под воздействием магнитного поля флокулирует. Образуются магнитные флоккулы 5, представляющие собой двухполюсные намагниченные объемы концентрата. При вращении барабана 2 магнитные флоккулы 5 в соответствии с механизмом, описанным в [1], перемещаются в рабочей зоне сепаратора $ABCD$, совершая вращательные движения и перемагничиваясь. Это приводит к пульсации вектора магнитной индукции \vec{B} и магнитного потока Φ , проходящего через измерительную катушку 3, размещенную на конце полюсного наконечника.

Рассмотрим процесс массопереноса магнитного продукта в виде флоккулы в зоне между южным (S) и северным (N) полюсами магнитной системы сепаратора.

Производительность по магнитному продукту в рассматриваемой зоне

$$Q_M = \frac{M_M}{t}, \quad (1)$$

где M_M – масса магнетита в рассматриваемом объеме V ; t – время прохождения объема V между полюсами.

Масса магнитного продукта в объеме V

$$M_M = \alpha \cdot \delta \cdot V, \quad (2)$$

где α – массовая доля магнетита в пульпе; δ – плотность пульпы.

Время прохождения объема V между полюсными наконечниками

$$t = \frac{h}{V_B}. \quad (3)$$

С учетом того, что круговая частота поля $\omega_{\Pi} = 2\pi f$,

$$t = \frac{h2\pi}{2h\omega_{\Pi}} = \frac{\pi}{\omega_{\Pi}}. \quad (4)$$

Подставляя выражения (2), (3), (4) в (1), получим

$$Q_M = \frac{\alpha \cdot \delta \cdot V \cdot \omega_{\Pi}}{\pi}. \quad (5)$$

Известно [3], что амплитуда переменной электродвижущей силы в катушке, находящейся в переменном магнитном поле, равна

$$E_A = -W \cdot S \cdot B \cdot \omega_{\Pi}, \quad (6)$$

где W – количество витков в катушке; S – площадь поперечного сечения катушки; ω_{Π} – круговая частота колебаний магнитной катушки.

$$\omega_{\Pi} = \frac{E_A}{W \cdot S \cdot B};$$

$$Q_M = \frac{\alpha \cdot \delta \cdot V \cdot E_A}{\pi \cdot W \cdot S \cdot B}.$$

С учетом того, что вдоль барабана сепаратора можно установить N измерительных катушек, как показано на рис. 3, которые позволяют судить об общей производительности магнитного сепаратора по магнитному продукту

$$Q_{MC} = \frac{N \cdot \alpha \cdot \delta \cdot V \cdot E_A}{\pi \cdot W \cdot S \cdot B}. \quad (7)$$

С учетом результатов работы [2], массовая доля железа α в слое концентрата и магнитная индукция B в рабочей зоне сепаратора связаны пропорциональной зависимостью

$$B = a \cdot \alpha, \quad (8)$$

где a – коэффициент пропорциональности, который определяется конструкцией магнитного сепаратора и для данного сепаратора является постоянной величиной.

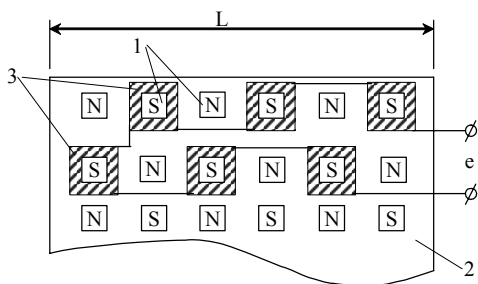


Рис. 3. Схема установки измерительных катушек

С учетом (8) выражение (7) будет иметь вид

$$Q_{MC} = \frac{\delta \cdot V \cdot E_A}{a \cdot \pi \cdot N \cdot W \cdot S} \quad (9)$$

Анализ выражения (9) показывает, что производительность магнитного сепаратора по магнитному продукту, при постоянной плотности питания магнитного сепаратора, связана пропорциональной зависимостью с амплитудным значением переменной электродвижущей силы, возникающей в электрической катушке, размещенной на полюсном наконечнике магнитной системы сепаратора.

Из выражения (9) можно получить зависимость $E_A = f(Q_{MC})$

$$E_A = k(Q_{MC}), \quad (10)$$

где

$$k = \frac{a \cdot \pi \cdot N \cdot W \cdot S}{\delta \cdot V}$$

Для барабанного магнитного сепаратора ПБМ-ПП выполнен пример расчета по формуле (10) с учетом данных, представленных в [2]. Результаты расчета представлены в виде графика на рис. 4.

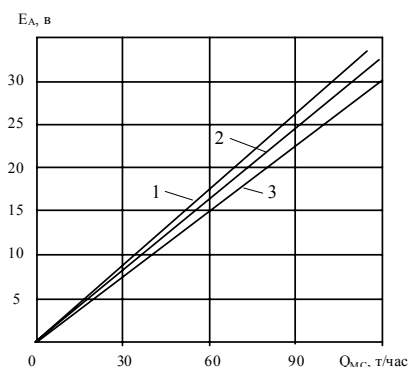


Рис. 4. Зависимость амплитудного значения электродвижущей силы (E_A) от производительности (Q_{MC}) магнитного сепаратора по магнитному продукту: 1 – $\delta=1400 \text{ кг/м}^3$; 2 – $\delta=1300 \text{ кг/м}^3$; 3 – $\delta=1200 \text{ кг/м}^3$

На основании вышеизложенного можно сделать следующий **вывод**.

Амплитудное значение переменной электродвижущей силы, возникающей в последовательно соединенных электрических катушках, размещенных

на полюсных наконечниках магнитной системы сепаратора в зоне выделения магнитного продукта при постоянной плотности пульпы в ванне сепаратора, пропорционально производительности магнитного сепаратора по магнитному продукту.

Перспективы дальнейших исследований заключаются в разработке и экспериментальных исследованиях в промышленных условиях системы автоматического контроля производительности магнитных сепараторов по магнитному продукту, основанной на рассмотренном эффекте.

Список литературы / References

1. *Справочник по обогащению руд: основные процессы* / Под ред. О.С. Богданова. – М.: Недра 1994.– т.2. – 337 с.
Referens book on the ore-dressing: basic processes / Edited by O.S. Bogdanova. –M.: Nedra 1994.–v.2. – 337 p.
2. *Кочура Е.В.* Метод автоматического контроля массовой доли железа в концентрате магнитного сепаратора / Кочура Е.В., Ислам Абдельхамид Юсеф Аль Бостанжи //Науковий вісник НГУ. – Днепропетровск: 2005. – №10. –с 86–89.
Kochura Ye.V. Method of automated control of iron mass fraction in the concentrated product of the magnetic separator / Kochura Ye.V., Islam Abdelkhamid Yusef Al Bostanzhi // Naukovyi visnyk NGU. – Dnepropetrovsk: 2005. – No.10. – P. 86–89.
3. *Кузьмичев В.Е.* Законы и формулы физики./ Кузьмичев В.Е. – К.: Наукова думка, 1999. –864 с.
Kuzmichev V.Ye. Physics laws and formulas. / Kuzmichev V.Ye. – K.: Naukova dumka, 1999. –864 p.

Запропоновано метод автоматичного контролю продуктивності магнітного сепаратора за магнітним продуктом. Наведено теоретичні формули для обґрунтування залежності електрорушійної сили, що наводиться у замкнутому контурі на поверхні магнітної системи сепаратора, від його продуктивності за магнітним продуктом. Одержано розрахункові залежності між електрорушійною силою, продуктивністю сепаратора та щільністю зливу класифікатора, що можуть бути використані при автоматизації процесу магнітного збагачення руд.

Ключові слова: автоматичний контроль, збагачення, магнітний сепаратор, продуктивність

The automatic method of control of the productivity of magnetic separator is offered. It has been deduced theoretical dependences of electrical moving forces of electric closed circuit of the magnetic system of separator and his productivity by the magnetic product. There have been derived certain dependences between the electrical moving forces productivity of separator and the density of classifier overflow that can be used in the automation of the process of magnetic ore dressing.

Keywords: automatic control, enrichment, magnetic separator, productivity

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.В. Слесарєвим. Дата надходження рукопису 16.03.11