

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2025-50-20-23>

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАГНИТНЫХ БАРАБАННЫХ СЕПАРАТОРОВ ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ МАГНИТНОЙ СУСПЕНЗИИ ИЗ ПРОДУКТОВ ТЯЖЕЛОСРЕДНОГО ОБОГАЩЕНИЯ

Минайло А.И., Лозовая С.Ю.

*Белгородский государственный технологический университет
им. В.Г. Шухова, Белгород, Россия*

Ключевые слова: магнитная сепарация, железорудный концентрат, барабанные сепараторы, феррито-бариевый магнит, неодимовый магнит, извлечение магнитных частиц, постоянное магнитное поле.

Аннотация. Основная идея статьи заключается в критическом анализе существующих технологий магнитной сепарации и поиске новых путей повышения их эффективности, что является актуальной задачей в условиях современного горнодобывающего производства. В статье рассмотрены основные сепараторы, используемые для регенерации магнитной суспензии из продуктов тяжелосредного обогащения, предложены направления их развития.

IMPROVEMENT OF MAGNETIC DRUM SEPARATORS FOR REGENERATION OF MAGNETIC SUSPENSION FROM HEAVY MEDIUM ENRICHMENT PRODUCTS

Minaylo A.I., Lozovaya S.Yu.

*Belgorod state technological university named after V.G. Shukhov, Belgorod,
Russia*

Keywords: magnetic separation, iron ore concentrate, drums separators, ferrite-barium magnet, neodymium magnet, magnetic particle extraction, constant magnetic field.

Abstract. The main idea of the article is to critically analyze existing magnetic separation technologies and search for new ways to improve their efficiency, which is an urgent task in modern mining production. The article discusses the main separators used for regenerating magnetic suspension from heavy medium enrichment products and suggests directions for their development.

В настоящее время в Российской Федерации производится добыча большого количества ископаемых, где существует необходимость в разделении полезных минералов от пустой породы методом магнитной сепарации [1]. Он используется, например, при регенерации магнитной суспензии из продуктов тяжелосредного обогащения угля, добыча которого составляет 440 млн. тонн в год [2]. В качестве оборудования для извлечения магнитных частиц используются барабанные сепараторы, которые из общего угольного и породного промпродукта извлекают чистый железорудный концентрат, состоящий из воды и сильномагнитного минерала – магнетита. После операции регенерации железорудный концентрат может быть использован повторно неограниченное количество раз, тем самым понижая себестоимость обогащения угля. Магнитные сепараторы можно разделить на две основные группы [3]: электромагнитные; с постоянными магнитами, к которым относятся феррито-бариевые и неодимовые.

Феррито-бариевые сепараторы (рис. 1, а) [4] в основе магнитной системы содержат постоянные магниты из феррита с гексагональной кристаллической структурой ($BaFe_{12}O_{19}$). Показатель извлечения магнитной фракции сильномагнитных минералов составляет 95-98%. Основными недостатками сепараторов являются:

- естественная скорость размагничивания магнитов составляет 15 % за 10 лет, что требует их замены после 10-15 лет работы;
- слабая сила магнитного поля, не позволяющая увеличить зазор между барабаном и дном ванны (5 см и менее), который определяет производительность сепаратора;
- большие потери дорогостоящего железорудного концентрата ввиду недостаточной степени извлечения магнитных частиц;
- магниты большого размера и массы требуют усиление опорных рам барабана.

Главным их преимуществом является цена магнитов, они самые простые и дешевые в производстве.

Неодимовые сепараторы (рис. 1, б) [4] используют постоянные магниты из сплавов неодима, бора и железа с тетрагональной кристаллической структурой ($Nd_2Fe_{14}B$).

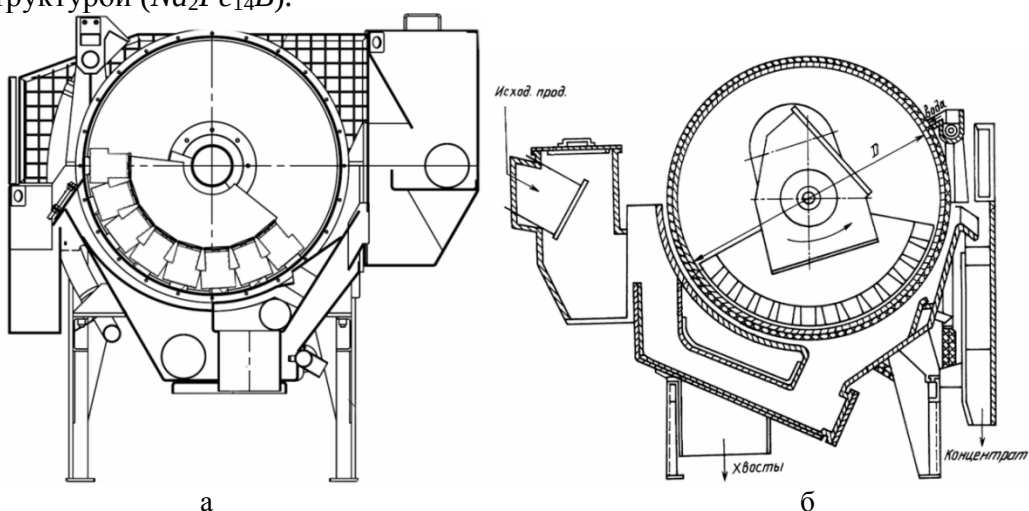


Рис. 1. Схемы барабанного сепаратора с феррито-бариевой (а) и неодимовой (б) магнитной системой

Несмотря на то, что неодимовые сепараторы обладают рядом значительных преимуществ, их главным недостатком является более высокая стоимость изготовления магнитной системы. Тем не менее, вложенные в них средства оправдывают такие достоинства, как:

- скорость естественного размагничивания составляет 1% за 10 лет, что в 15 раз дольше показателя феррито-бариевых магнитов;
- напряженность создаваемого магнитного поля превосходит феррито-бариевые в 10 и более раз, при одинаковом размере магнитов;

– повышенная сила магнитного поля при регенерации продуктов тяжелосредного обогащения позволяет извлекать до 99,9% сильномагнитных минералов;

– возможность увеличения зазора между дном и поверхностью барабана, что повышает объемную производительность сепараторов.

Тип постоянных магнитов при выборе магнитной системы для барабанного сепаратора обуславливается его технологической задачей, физическими свойствами магнитных минералов или частиц, и его экономической рентабельностью [5].

Ко второй группе относятся электромагнитные сепараторы (рис. 2) [6], создающие магнитное поле путем прохождения электрического тока через катушки намагничивания.

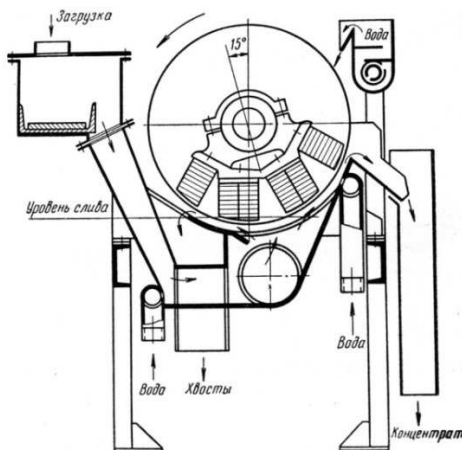


Рис. 2. Схема электромагнитного барабанного сепаратора

Главным недостатком электромагнитных сепараторов является высокое потребление электроэнергии для создания и поддержания магнитного поля, в отличие от постоянных магнитов, потребляющих энергию только на механическое вращение барабана. Их отличительными преимуществами над постоянными магнитами являются: отсутствие естественного размагничивания электромагнитов; возможность изменять напряженность магнитного поля во время работы, изменяя силу тока, подаваемого на катушки.

Для совершенствования барабанного сепаратора необходимо объединение конструктивных и технологических преимуществ действующих моделей; исправление недостатков, с учетом его экономической рентабельности. Например: в магнитной системе желательно использовать постоянные неодимовые магниты, т.к. за счет скорости их естественного размагничивания отсутствует необходимость в замене. Их повышенная напряженность магнитного поля позволяет увеличить расстояние от дна сепаратора до поверхности барабана до 7 см и более, тем самым повышая объемную производительность в 1,5-2 раза, в сравнении с феррито-бариевыми сепараторами аналогичного типоразмера. Преимуществом электромагнитных

сепараторов является возможность изменения напряженности магнитного поля во время работы без остановки, для реализации подобного с постоянными магнитами можно использовать систему совместного движения ярма и магнитов внутри барабана, что обеспечит их перемещение, как к внутренней поверхности барабана, так и от неё. Подобные изменения повысят эффективность извлечения магнитных частиц, объемную производительность сепаратора, срок службы магнитной системы и надежность конструкции, за счет снижения массы барабана.

Список литературы

1. Технология горно-обогатительного производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.severindevelopment.ru/competenties/tekhnologiya-gorno-obogatitelnogo-proizvodstva/>.
2. Добыча угля в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/industries/coal/main-indicators/coal-mining>.
3. Карамзин В.В., Карамзин В.И. Магнитные и электрические методы обогащения. – М.: Недра, 1988. – 304 с.
4. Арнольд Р.Р. Расчет и проектирование магнитных систем с постоянными магнитами. – М.: Энергия, 1969. – 175 с.
5. Грамм В.А., Николаенко К.В., Федотов А.Г. Машинист магнитных сепараторов. – М.: Недра, 1990. – 143 с.
6. Ганзбург Л.Б., Федотов А.И. Проектирование электромагнитных и магнитных механизмов. – Л.: Машиностроение, 1980. – 364 с.

References

1. Technology of mining and processing production [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.severindevelopment.ru/competenties/tekhnologiya-gorno-obogatitelnogo-proizvodstva/>.
2. Coal mining in Russia [Electronic resource]. – Access mode: <https://minenergo.gov.ru/industries/coal/main-indicators/coal-mining>.
3. Karamzin V.V., Karamzin V.I. Magnetic and electrical methods of enrichment. – M.: Nedra, 1988. – 304 p.
4. Arnold R.R. Calculation and design of magnetic systems with permanent magnets – M.: Energy, 1969. – 175 p.
5. Gramm V.A., Nikolaenko K.V., Fedotov A.G. Operator of magnetic separators. – M.: Nedra, 1990. – 143 p.
6. Ganzburg L.B., Fedotov A.I., Design of electromagnetic and magnetic mechanisms. – L.: Mechanical engineering, 1980. – 364 p.

Минайло Артур Игоревич – аспирант	Minaylo Artur Igorevich – postgraduate student
Лозовая Светлана Юрьевна – доктор технических наук, профессор кафедры механического оборудования	Lozovaya Svetlana Yuryevna – doctor of technical sciences, professor of the Department of mechanical equipment
dallas-11@mail.ru	

Received 28.10.2025