

УДК 622.778.4

**А.А. БЕРЕЗНЯК (канд. техн. наук)**

**Е.А. БЕРЕЗНЯК (ассистент)**

**А. АЛМЕЙДА (ассистент)**

Национальный горный университет, Днепропетровск

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КЛАССИФИКАЦИИ РАЗМАГНИЧЕННОГО МАГНЕТИТА**

В статье приведены экспериментальные результаты классификации намагниченной и размагниченной суспензии магнетитового концентрата и показана высокая степень ее размагничивания в импульсном режиме. Применение размагничивающего аппарата позволяет снизить циркулирующую нагрузку мельницы и в целом повышает ее эффективность, что позволяет снизить затраты энергии. Внедрение способа импульсного размагничивания магнетита в технологическую схему обогащения магнетитовых кварцитов позволит в целом повысить ее эффективность и снизить затраты энергии.

**Ключевые слова:** магнетит, размагничивание, классификация, крупность, флокуляция, эффективность, индуктивность, восприимчивость.

Для раскрытия зерен магнетита при обогащении магнетитовых кварцитов их необходимо измельчать до крупности менее 50 мкм. Этот процесс осуществляется в шаровых мельницах с центральной разгрузкой в три стадии. Содержание готового класса в зоне измельчения уменьшает скорость процесса, приводит к нежелательному переизмельчению магнетитовых зерен и, как следствие, увеличивает стоимость обогащения магнетитовых кварцитов. Вывод готового класса осуществляется посредством внешних устройств, таких как спиральные классификаторы в первой стадии измельчения и гидроциклоны во второй и третьей стадиях. От эффективности работы классифицирующих устройств зависит величина коэффициента циркулирующей нагрузки мельницы, который в действующих схемах обогащения превышает 200%. Эффективность классификации гидроциклонами ГЦ-500 частиц магнетита крупностью 50 мкм не превышает 80% без учета их магнитной флокуляции.

После каждой стадии измельчения применяется магнитная сепарация, что приводит к намагничиванию частиц магнетита, поскольку магнетит обладает остаточной намагниченностью. Магнитная флокуляция, возникающая в суспензии намагниченных частиц, приводит к увеличению эффективного размера частиц магнетитовой суспензии, что еще больше снижает эффективность их классификации и увеличивает величину коэффициента циркулирующей нагрузки.

Кроме того, магнетит крупностью менее 74 мкм широко применяется в углеобогащении в качестве утяжелителя при тяжелосредней сепарации. Магнитная флокуляция частиц утяжелителя приводит к более быстрому расслоению суспензии, что увеличивает нижний предел крупности обогащаемого угля и повышается погрешность сепарации.

В целом можно считать, что остаточная намагниченность магнетита играет отрицательную роль в обогащении полезных ископаемых и ее уменьшение, или размагничивание, является актуальной задачей.

В большинстве случаев для размагничивания применяются специальные аппараты, принципиальная схема которых представлена на рис. 1. Конструктивно он представляет собой трубу из немагнитного материала, на которой расположены секции специально сконструированного электромагнита, который обеспечивает плавное уменьшение индукции переменного магнитного поля при движении час-

тиц магнетита по трубе в направлении, показанном стрелкой, при этом соленоид постоянно подключен к источнику переменного тока. Размагничивание происходит согласно кривым гистерезиса. Для уменьшения потребляемой мощности параллельно соленоиду подключается конденсатор, обеспечивающий резонанс токов при частоте питающей сети. Добротность образованного колебательного контура должна быть более 10, поэтому катушки изготавливаются из дорогостоящей меди. Например, ее вес при диаметре трубопровода 450 мм достигает 500 кг.

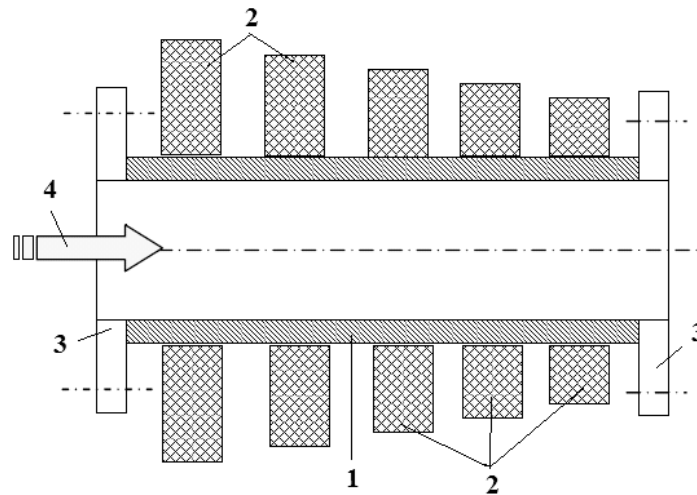


Рис.1. Размагничивающий аппарат: 1 – труба из немагнитного материала; 2 – катушки электромагнита; 3 – фланцы; 4 – направление потока суспензии магнетита

Размагничивание энергетически и конструктивно целесообразно осуществлять в импульсном режиме. При таком способе в простой катушке соленоида возбуждаются затухающие колебания тока, причем число колебаний должно быть больше 5, что обеспечивается соответствующей добротностью колебательного контура. В этом случае размагничиванию подвергнутся все частицы, находящиеся внутри соленоида и в местах, где максимальная индукция магнитного поля больше остаточной намагниченности частицы.

Была разработана и изготовлена лабораторная установка для размагничивания суспензии магнетита. Составной частью установки является соленоид простой конструкции, в котором возбуждаются затухающие колебания и через который пропускается магнетитовая суспензия. Наружный и внутренний диаметры соленоида равны 20 и 12 мм соответственно, а его длина – 130 мм. Соленоид намотан в три слоя медным проводом диаметром 1,2 мм и содержит 300 витков. Его индуктивность равна 220 мкГн, а активное сопротивление – 0,5 Ом.

Затухающие колебания в соленоиде возбуждались с помощью генератора, принципиальная схема которого представлена на рис. 2. Генератор работает следующим образом. В начальный момент времени тиратрон U1 закрыт, и конденсатор C1 заряжается до напряжения источника E1 через зарядную индуктивность L1, разрядную индуктивность L2 и соленоид L3. Индуктивность L1 намного больше индуктивности L2. При поступлении управляющего импульса на электрод У тиратрона U1 он открывается и конденсатор C1 разряжается через разрядную индуктивность L2, тиратрон U1 и колебательный контур, состоящий из конденсатора C2 и соленоида L3. При смене полярности напряжения на тиратроне он закрывается, а в колебательном контуре C2 L3 возбуждаются затухающие колебания за счет запасенной в нем при разряде C1 энергии. Применение тиратрона позволяет получать импульсы напряжения величиной в несколько киловольт при длительности фронта

нарастания импульса менее 1 мкс. В настоящей установке емкость конденсатора C2 составляла 109 нФ, а амплитудное значение напряжения в колебательном контуре равнялось 3600 В. Графически изменение индукции магнитного поля в центре соленоида во времени представлено на рис. 3.

Исследование размагничивания суспензии проводилось с магнетитовым концентратом Полтавского ГОКа после флотации. Предварительно намагниченная в постоянном магнитном поле с индукцией 0,35 Тл и перемешанная суспензия магнетита с содержанием твердого 350 кг/м<sup>3</sup> пропусклась через стеклянную трубку внутренним диаметром 6 мм, которая находилась внутри соленоида.

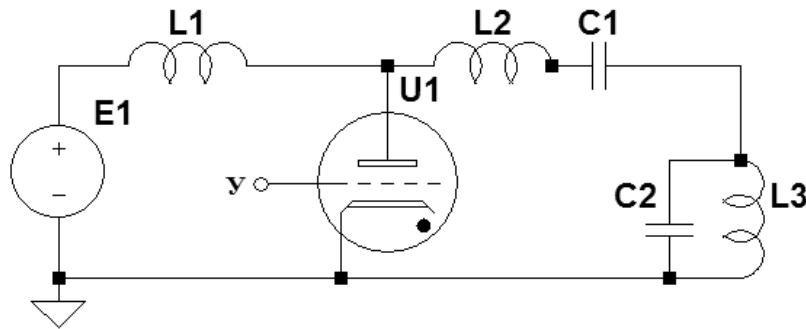


Рис.2. Принципиальная схема импульсного генератора затухающих колебаний на тиратроне

Подача суспензии в трубку осуществлялась через воронку. Объемный расход суспензии составлял  $1,5 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/с, при этом скорость ее движения в соленоиде равнялась 0,53 м/с. Таким образом, время нахождения частиц магнетита внутри соленоида составляло 245 мс. Период следования импульсов равнялся 120 мс, поэтому каждая частица магнетита подвергалась размагничиванию за время прохождения через соленоид не менее двух раз.

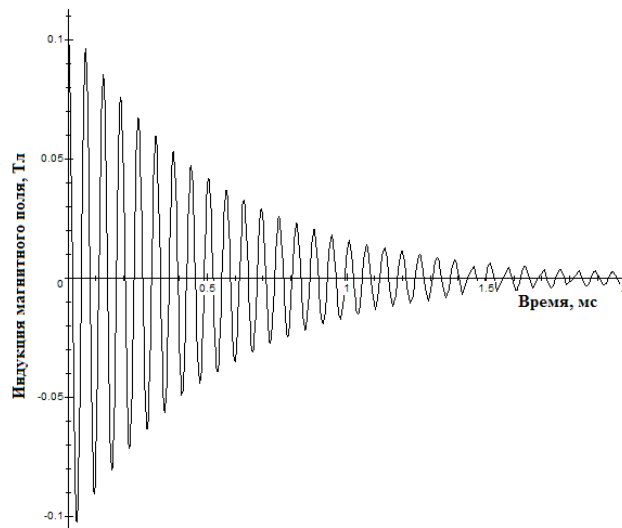


Рис. 3. Зависимость индукции магнитного поля в центре соленоида от времени

Исследование классификации намагниченной и размагниченной суспензии магнетита, приготовленной из концентрата Полтавского ГОКа, осуществляли на лабораторной модели гидросайзера, представленной на рис. 4. Содержание магнетита в концентрате равнялось 69%, а содержание частиц крупностью менее 50 мкм – более 94%. Предварительное намагничивание суспензии осуществлялось в постоянном магнитном поле с индукцией 0,35 Тл

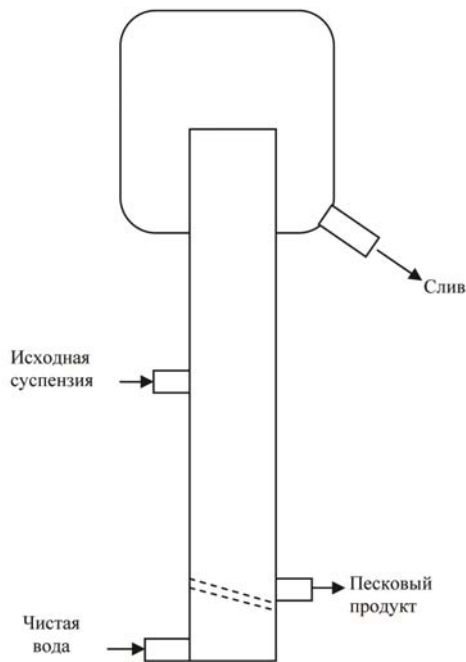


Рис. 4. Схема лабораторного гидросайзера

Гидросайзер представляет собой прозрачную пластмассовую трубку с внутренним диаметром 23 мм и высотой 320 мм. В нижней части трубки над патрубком подачи чистой воды расположена сетка с размером ячейки 40 мкм, которая служит для выравнивания скорости потока воды в поперечном сечении трубки и удаления пескового продукта.

Для удаления сливного продукта служит кольцевой желоб, установленный на верхней части трубки, и снабженный патрубком. Исходная суспензия поступает коаксиально в среднюю часть трубки по высоте. Изменение скорости восходящего потока чистой воды осуществляется путем изменения напора воды, подаваемой в нижнюю часть аппарата. Частицы со скоростью витания, меньшей скорости потока, попадают в сливной продукт, а остальные – в песковый продукт.

Результаты исследований представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Размер граничного зерна минералов в зависимости от скорости потока в гидросайзере

Минерал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Скорость потока, мм/с	Расчетный размер граничного зерна, мкм
магнетит	5400	17,4	85,2
		6,63	52,6
кварц	2700	17,4	137,1
		6,63	84,6

Таблица 2 – Распределение магнетитовой суспензии при сепарации в гидросайзере

Расчетный размер граничного зерна для магнетита, мкм	Выход продукта, %			
	Намагниченный		Размагниченный	
	Сливной	Песковый	Сливной	Песковый
85,2	51,2	48,8	93,1	6,9
52,6	23,1	76,9	79,7	20,3

Суспензия классифицировалась при двух скоростях восходящего потока. Как следует из табл. 1, при скорости 17,4 мм/с практически все частицы кварца и магнетита должны попадать в сливной продукт, однако после намагничивания суспензии выход сливного продукта составил 51,2%. Учитывая, что почти все частицы кварца выносятся в слив (за исключением небольшого количества заземленных в магнитных флокулах зерна), можно заключить, что более половины частиц магнетита образует флокулы размером более 85 мкм. После размагничивания выход сливного продукта составил более 93%, что свидетельствует о достаточно полном размагничивании частиц магнетита.

При скорости потока 6,63 мм/с более половины частиц магнетита и все частицы кварца должны попадать в слив, но в результате магнитной флокуляции в слив попадает менее 20% частиц магнетита. Как следует из таблицы 2, после размагничивания количество магнетита крупности менее 53 мкм попадает в сливной продукт в 3,75 раза больше, чем в случае намагниченного магнетита, что также свидетельствует о достаточно полном размагничивании частиц магнетита.

Если размагничивающий аппарат поставить перед операцией классификации измельченного продукта, то можно значительно уменьшить циркулирующую нагрузку мельницы, поэтому внедрение способа импульсного размагничивания магнетита в технологическую схему обогащения магнетитовых кварцитов позволит в целом повысить ее эффективность и снизить затраты энергии.

### Список использованной литературы

1. Березняк А.А. Расчет необходимых параметров процесса размагничивания магнетита / А.А. Березняк, Е.А. Березняк, М.Э. Гумеров // Збагачення корисних копалин: Науково-технічний збірник. – 2012. – №48(89). – С. 105-109.
2. Экспериментальные результаты размагничивания магнетита в импульсном режиме / А.А. Березняк, Е.А. Березняк, М.Э. Гумеров, Д.А. Польша // Збагачення корисних копалин: Науково-технічний збірник. – 2012. – №50(91). – С. 111-114.

*Надійшла до редакції 27.12.2013*

О.О. Березняк, О.О. Березняк, А. Алмейда

#### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ РЕЗУЛЬТАТИ КЛАСИФІКАЦІЇ РОЗМАГНІЧЕНОГО МАГНЕТИТУ

У статті наведено експериментальні результати класифікації намагніченої та розмагніченої суспензії магнетитового концентрату та показано високу ступінь її розмагнічування в імпульсному режимі. Застосування розмагнічуючого апарату дозволяє понизити циркулююче навантаження млина і в цілому підвищує її ефективність, що дозволяє понизити витрати енергії. Впровадження способу імпульсного розмагнічування магнетиту в технологічну схему збагачення магнетитових кварцитів дозволить в цілому підвищити її ефективність і понизити витрати енергії.

Ключові слова: магнетит, розмагнічування, класифікація, великість, флокуляція, ефективність, індуктивність, сприйнятливність.

A. Bereznyak, Ye. Bereznyak, A. Almeida

#### EXPERIMENTAL RESULTS OF CLASSIFICATION OF DEMAGNETIZED MAGNETITE

The paper presents experimental results of the classification of magnetized and demagnetized suspension of magnetite concentrate and shows a high degree of demagnetization in a pulsed mode. Application of the demagnetizing apparatus reduces circulating load mill. This increases efficiency and reduces the energy costs. Implementation of the pulsed demagnetization in magnetite beneficiation in a magnetite quartzite flowsheet will improve its efficiency and reduce energy costs.

Keywords: magnetite, demagnetization, classification, fineness, flocculation, efficiency, inductance, susceptibility.