

А.И. ЗУБАРЕВ

(Украина, Днепр, Государственное ВУЗ "Национальный горный университет")

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОБОГАЩЕНИЯ ЗЕРНИСТЫХ МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ СУХОЙ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ

Разделение магнитных и немагнитных частиц в процессе их обогащения на сухом магнитном барабанном сепараторе происходит под действием сил, оказывающих противоположные действия на них. И в любом случае происходит изменение траектории движения частиц под действием главной разделяющей силы, воздействующей на разделительный признак [1]

Рассмотренная в работе [2] физическая модель массопереноса слабомагнитных материалов под действием отклоняющего магнитного поля при криволинейном движении в рабочей зоне сухого барабанного магнитного сепаратора, показанная на рис. 1, подразумевает, что при взаимодействии магнитного поля и магнитной частицы возникает сила F_M , которая прижимает ее к поверхности барабана, и, тем самым, удерживает и отклоняет магнитную частицу от ее естественной траектории.

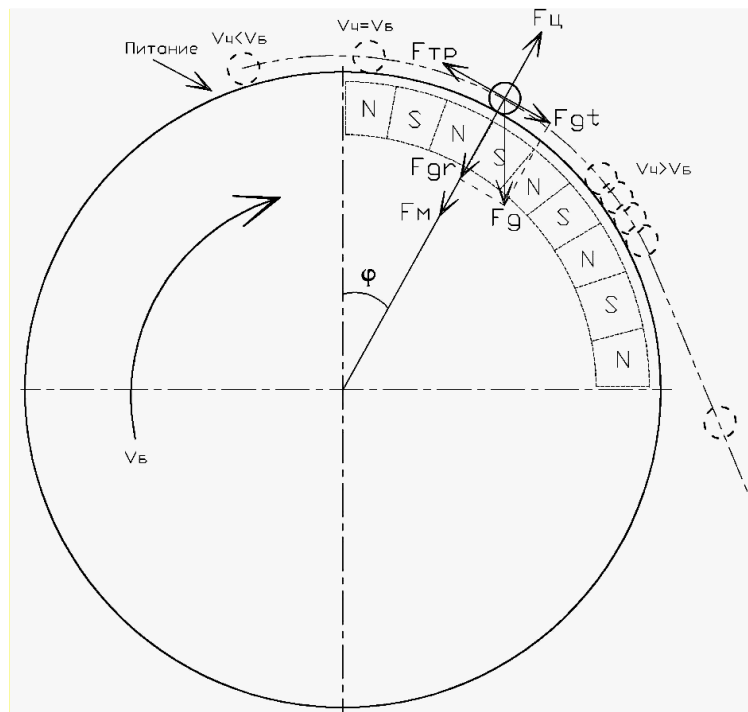


Рис. 1. Силы, действующие на частицу, помещенную на поверхность вращающегося барабанного магнитного сепаратора

При этом, движение частицы радиуса b , помещенной на поверхность сухого барабанного магнитного сепаратора радиуса R , может быть описано тремя фазами как показано на рис. 1. В начале первой фазы, частица помещенная на вращающийся барабан разгоняется под действием силы трения $F_{\text{тр}}$, и тангенциальной компоненты силы тяжести F_{gt} , которые могут быть записаны как:

$$F_{\text{тр}} = \mu_c (F_m + F_{gr} - F_{\text{ц}}); \quad (1)$$

$$F_{gt} = gm_c \sin \varphi, \quad (2)$$

где μ_c – коэффициент трения скольжения; φ – угол показанный на рис. 1.

Окончанием первой фазы станет момент, когда частица набирает скорость равную скорости вращения поверхности барабана. $V_6=V_ч$.

Таким образом, как только частица набирает скорость равную скорости вращения поверхности барабана, наступает вторая фаза движения, в которой коэффициент трения скольжения частицы μ_c в уравнении (1) заменяется коэффициентом трения покоя μ_n . Частица продолжает двигаться с постоянной скоростью равной скорости вращения поверхности барабана.

Следует отметить, что наибольшее извлечение магнитных зерен в магнитный продукт происходит в фазе 2. Таким образом, согласование скоростей подачи разделяемого материала на барабан и вращения барабана, в свою очередь, повышает продолжительность второй фазы и, соответственно, увеличивает контрастность разделения.

После того как тангенциальная составляющая силы тяжести F_{gt} станет больше чем сила трения $F_{\text{тр}}$, частица начнет скатываться с поверхности барабана, или когда частица оторвется от поверхности барабана, движение войдет в третью фазу. В конце второй фазы, соответственно:

$$F_{\text{тр}} = \mu_n (F_m + F_{gr} - F_{\text{ц}}) = F_{gt}.$$

В процессе третьей фазы движения частица начинает ускоряться относительно скорости барабана. Радиальный компонент силы тяжести уменьшается, пока центробежная сила не превышает сумму радиальной компоненты силы тяжести F_{gr} и магнитную силу F_m , и частица отрывается от барабана:

$$F_{\text{ц}} = F_m + F_{gr}.$$

Следовательно, определение расчетных значений углов, при которых частица начнет скатываться с поверхности барабана (угол скатывания) и при котором частица оторвется от него под действием центробежной силы (угол отрыва), является важным элементом в определении технологических параметров

Магнітна і електрична сепарація

процесса сухой магнитной сепарации слабомагнитных материалов.

Как известно, использование в магнитных сепараторах постоянных магнитов высоких энергий позволяет отказываться от традиционных конструкций магнитных систем с электромагнитным возбуждением и заменой их магнитными системами нового поколения, не уступающих принципиально по максимальной интенсивности магнитного поля в рабочем объеме сепаратора. Очевидные преимущества магнитных сепараторов на постоянных магнитах: отсутствие источников электроснабжения, кабельных линий, аппаратуры коммутации и защиты, средств электробезопасности, дополняются другими преимуществами, обусловленными специфическими свойствами самих постоянных магнитов. Прежде всего, это относится к возможности практически неограниченного "дробления" магнитных систем на отдельные модули, широкие пределы в формировании топологии магнитного поля как за счет разнообразия в направлении их намагниченности, формы, конструктивной компоновки в самом магнитном сепараторе

Отказ от электромагнитных систем в магнитных сепараторах ставит и новые задачи при разработке магнитных сепараторов на постоянных магнитах. При этом, весь огромный накопленный опыт в расчете, конструировании, экспериментальном исследовании, эксплуатации магнитных сепараторов с электромагнитным возбуждением не может быть автоматически перенесен на магнитные сепараторы с возбуждением от постоянных магнитов, которые должны рассматриваться как источники ограниченной мощности. Учитывая это, весьма актуальными являются задачи экспериментального исследования магнитного поля постоянных магнитов [3].

Известно также, что отклонение слабомагнитных минералов от породы в процессе сухой барабанной магнитной сепарации происходит за счет действия силы со стороны магнитного поля. Причем для отклонения магнитных частиц в воздушном потоке, под действием силы тяжести, необходимы куда меньшие усилия нежели для их извлечения [1, 2]. Поэтому, для прогнозирования поведения частиц необходимо знать величину магнитной силы в каждом сегменте объема рабочей зоны.

Получить картину распределения индукции магнитного поля в рабочей зоне сухого барабанного магнитного сепаратора возможно с помощью экспериментальных измерений или аналитическим путем. В данном исследовании приводятся результаты экспериментальных измерений.

Измерение индукции магнитного поля выполнялись с помощью миллительметра "Щ43.2214" и проводились на отдельных блоках магнитов Nd-Fe-B, а так же на имитационном элементе магнитной системы рабочей зоны сухого барабанного магнитного сепаратора (рис. 2).

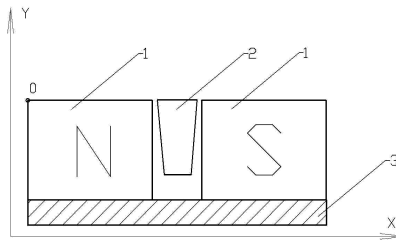


Рис. 2. Элемент магнитной системы в рабочей зоне сухого барабанного магнитного сепаратора:
1 – Магнитный блок; 2 – Концентратор; 3 – Магнитопровод

Для измерения индукции поля в различных точках рабочей зоны использовали датчик Холла, размеры рабочей зоны которого $0,75 \times 0,75 \times 0,25$ мм. Его показания фиксировались цифровым прибором. Перемещение датчика вдоль осей X и Y осуществлялось механическим устройством со шкалой, цена деления которой составляла 1 мм.

Замеры индукции магнитного поля выполнялись вдоль осевых линий X и Y . Началом системы координат выбрана точка O , расположенная на торце первого магнитного блока системы (рис. 2).

Для определения составляющей B_y плоскость датчика располагалась перпендикулярно оси OY , для составляющей B_x – датчик поворачивался на 90° , и его плоскость была перпендикулярна плоскости OX . По известным составляющим индукции магнитного поля B_x и B_y рассчитывался модуль индукции магнитного поля.

$$B = \sqrt{B_x^2 + B_y^2} . \quad (3)$$

Результаты измерений приведены на рисунках 3 и 4

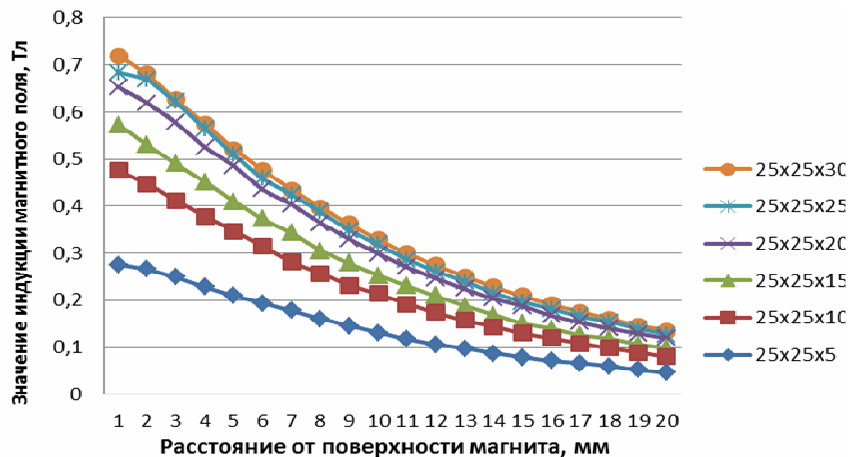


Рис. 3. График зависимости значения индукции магнитного поля от расстояния до полюса, для различных блоков магнитов

Магнітна і електрична сепарація

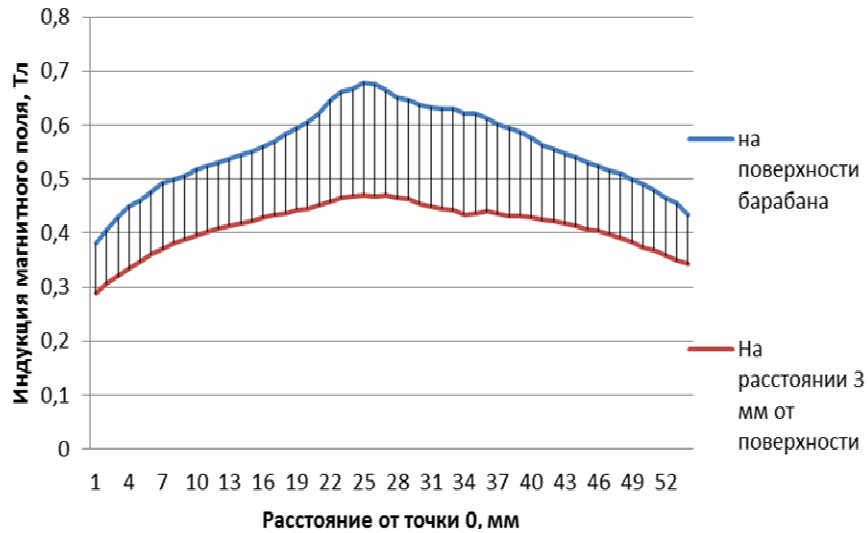


Рис. 4. Графік модуля виміряної індукції магнітного поля на поверхності барабана та на відстані 3 мм від поверхності

Результати визначення розрахункових значень кутів, при яких частина почне скатуватися з поверхності барабана (кут скатювання) та при якому частина відривається від нього під дією центробежної сили (кут відрива) показані на рис. 5.

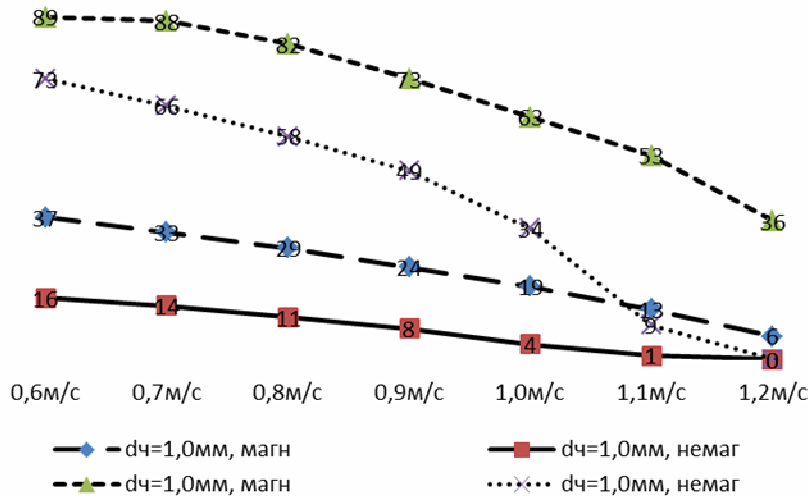


Рис. 5. Результати визначення розрахункових значень кутів скатювання та відрива для магнітних та немагнітних частинок при різних значеннях удельної магнітної вразливості та коефіцієнтів тертя

Результати фотозйомки проведених експериментів по сухому магнітному збагаченню зернистих марганцевих шлаків (рис. 6), підтверджують теоретичні розрахунки кутів скатювання та відрива, та дають можливість оцінити усереднені траєкторії руху частинок з різними властивостями.

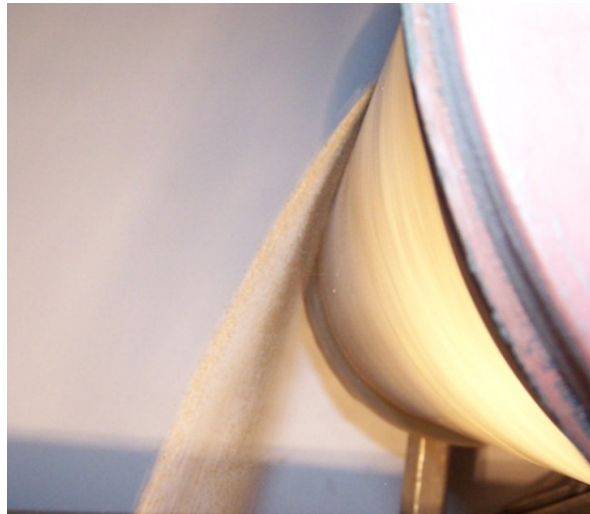


Рис. 6. Результат фотосъемки опытов по сухому магнитному обогащению зернистых марганцевых шламов с фиксацией угла отрыва магнитных и немагнитных частиц

Выводы

Проведенные экспериментальные исследования величины магнитной индукции, создаваемой постоянными магнитами на основе NdFeB, показывают возможность создания ее на поверхности сепаратора на уровне 0,3-0,4 Тл.

Полученные значения величины $H_{grad}H$ показывают теоретическую и практическую возможность создания достаточной разницы в углах отрыва магнитных и немагнитных частиц, и, следовательно, возможность обогащения зернистых марганцевых шламов на сухом центробежном магнитном сепараторе с верхним питанием.

Список литературы

1. Кармазин В.И., Кармазин В.В. Магнитные и электрические методы обогащения: Учебник для вузов. – М.: Недра, 1988.
2. Svoboda Jan. 2004. Magnetic Techniques for the Treatment of Materials. Kluwer Academic Publishers, 5-10.
3. Туркенич А.М. Движение сыпучего материала на барабане и ролике // Збагачення корисних копалин: Науч.-техн. зб. – 2009. – Вип. 38(79). – С. 94-103.

© Зубарев А.И., 2016

*Надійшла до редколегії 15.07.2016 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. Ю.С. Мاستикой*