

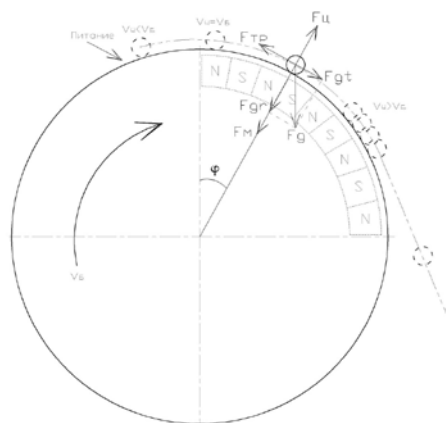
## ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОБОГАЩЕНИЯ ЗЕРНИСТЫХ МАРГАНЦЕВЫХ ШЛАМОВ МЕТОДОМ СУХОЙ БАРАБАННОЙ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ

Д.т.н., проф. Мостыка Ю.С., асп. Зубарев А.И., ГВУЗ «Национальный горный университет», г.Днепропетровск, Украина [azubarenko@gmail.com](mailto:azubarenko@gmail.com)

Рассмотрены силы и характер движения марганецсодержащей частицы на поверхности рабочей зоны сухого барабанного магнитного сепаратора. Проведены экспериментальные исследования по определению величины индукции магнитного поля системы, из магнитов на основе Nd-Fe-B. Выполненные расчеты по определению углов отрыва частицы с поверхности вращающегося барабана совпадают с проведенными опытами по сухому магнитному обогащению данного типа сырья, с получением промышленных сортов марганцевых концентратов.

**Ключевые слова:** магнитное поле, магнитная индукция, сухой магнитный барабанный сепаратор, марганцевый минерал, угол отрыва частицы.

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 показана на рис.1



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

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  $F_{тр}$ , и тангенциальной компоненты силы тяжести  $F_{gt}$ , которые

могут быть записаны как:

$$F_{тр} = \mu_c * (F_m + F_{gr} - F_c) \quad (1)$$

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

где  $\mu_c$  – коэффициент трения скольжения,  
 $\varphi$  – угол показанный на рис.1.

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

Следует заметить, что в данной статье рассматривался упрощенный вариант расчёта, предполагающий, что частица уже находится на поверхности вращающегося барабана в его верхней точке ( $\varphi=0$ ) и имеет скорость равную скорости его вращения.

Таким образом, как только частица набирает скорость равную скорости вращения поверхности барабана, наступает вторая фаза движения, в которой коэффициент трения скольжения частицы  $\mu_c$  в уравнении (1) заменяется коэффициентом трения покоя  $\mu_n$ . Частица продолжает двигаться с постоянной скоростью равной скорости вращения поверхности барабана. После того как тангенциальная составляющая силы тяжести  $F_{gt}$  станет больше чем сила трения  $F_{тр}$ , частица начнет скатываться с поверхности барабана, или когда частица оторвется от поверхности барабана, движение войдет в третью фазу. В конце второй фазы, соответственно:

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

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:

$$F_{ц} = F_m + F_{gr}$$

Следовательно, определение расчётных значений углов, при которых частица начнёт 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 процесса сухой магнитной сепарации слабомангнитных 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].

В настоящее время не выявлены основные технологические параметры процесса сухой барабанной магнитной сепарации зернистых марганцевых шламов, которые бы повышали качество получаемого концентрата. Для определения данных параметров, которые существенно влияют на повышение качества концентрата, необходимо изучить условия отклонения слабомангнитных частиц в рабочей зоне сухого барабанного магнитного сепаратора с магнитной системой на основе магнитов Nd-Fe-B.

Известно также, что отклонение слабомангнитных минералов от породы в процессе сухой барабанной магнитной сепарации происходит за счёт 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].

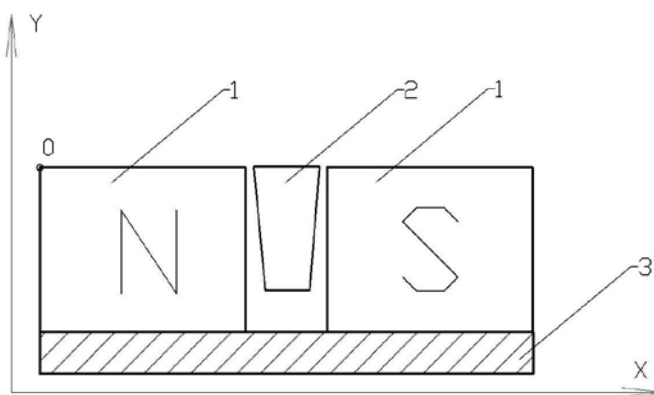
Поэтому, для прогнозирования поведения частиц необходимо знать величину магнитной силы в каждом сегменте объема рабочей зоны.

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 миллитесламетра «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).

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).

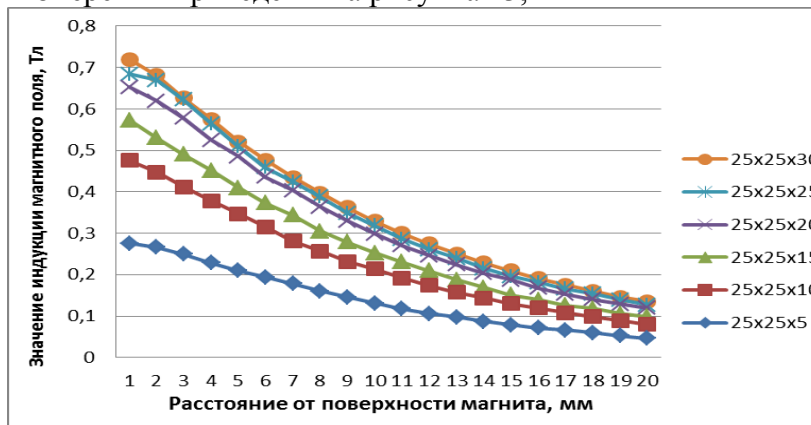


**Рис.2.** - Элемент магнитной системы в рабочей зоне сухого барабанного магнитного сепаратора. 1 – Магнитный блок; 2 – Концентратор; 3 – Магнитопровод

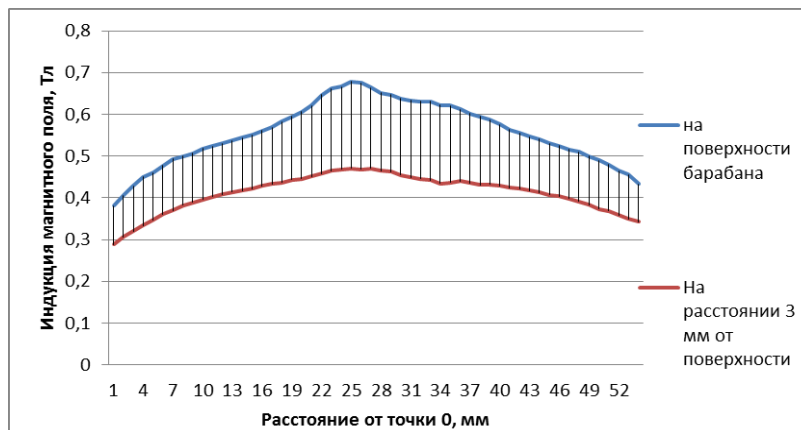
Для определения составляющей  $B_y$  плоскость датчика располагалась перпендикулярно оси  $OY$ , для составляющей  $B_x$  – датчик поворачивался на  $90^0$ , и его плоскость была перпендикулярна плоскости  $OX$ . По известным составляющим индукции магнитного поля  $B_x$  и  $B_y$  рассчитывался модуль индукции магнитного поля.

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

Результаты измерений приведены на рисунках 3,4

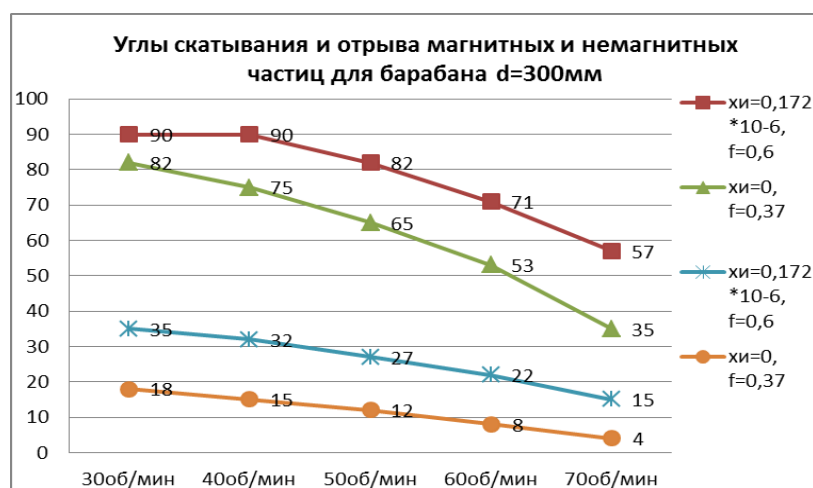


**Рис.3.-** График зависимости значения индукции магнитного поля от расстояния до полюса, для различных блоков магнитов.



**Рис.4.-** График модуля измеренной индукции магнитного поля на поверхности барабана и на расстоянии 3мм от поверхности.

Результаты определения расчётных значений углов, при которых частица начнёт скатываться с поверхности барабана (угол скатывания) и при котором частица оторвется от него под действием центробежной силы (угол отрыва) показаны на рисунке 5.



**Рис.5.-** Результаты определения расчётных значений углов скатывания и отрыва для магнитных и немагнитных частиц, при различных значениях удельной магнитной восприимчивости и коэффициентов трения.



**Рис. 6** – Результат фотосъемки опытов по сухому магнитному обогащению зернистых марганцевых шламов с фиксацией угла

Результаты фотосъемки проведенных опытов по сухому магнитному обогащению зернистых марганцевых шламов (рис.6), подтверждают теоретические расчёты углов скатывания и отрыва, и дают возможность оценить усредненные траектории движения частиц с различными свойствами.

Проведенные опыты по обогащению зернистых марганцевых шламов на сухом барабанном магнитном сепараторе в один прием, показали возможность получения промышленных сортов марганцевых концентратов, с содержанием марганца не менее 36%, при извлечении на уровне свыше 90%.

### **Библиографический список:**

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. Лозин А.А., Арсенюк В.М., Петровский Я.Б. «Использование информационно-аналитических технологий при расчете и моделировании стационарных магнитных систем в конструировании сепараторов на постоянных магнитах». Горный журнал" №5 2004г.