

«Сухая барьерная магнитная сепарация рутила и ильменита на лабораторном сепараторе Маг-электро»

Лабораторными исследованиями показано, что титаносодержащие пески могут эффективно обогащаться методом непрерывной барьерной магнитной сепарации, при которой разделение магнитных и немагнитных частиц и их удаление из зоны разделения происходит без использования валков или каких либо других движущихся частей. Для удаления магнитных частиц, притянутых к стенкам пластин, в зазоре между пластинами создают электростатическое поле. При обогащении в два приема полученные технологические показатели превосходят показатели промышленного валкового сепаратора.

Магнитное обогащение минеральных песков осуществляют на электромагнитных валковых сепараторах. Этот метод включает притяжение магнитных частиц к валку, вынос их из магнитного поля при вращении валка и последующую разгрузку магнитных частиц в магнитный продукт сепарации. Использование вращающихся валков порождает ряд недостатков этих сепараторов. Так, потребляемая мощность валкового сепаратора 2ЭВС-36/100 составляет 25 кВт. Из них 15 кВт, то есть 60 %, идет на вращение валков и только 10 кВт тратится на создание магнитного поля. Привод и подшипники валков требуют постоянного обслуживания, значительно усложняют и удорожают сепаратор, снижают его надежность.

Известны различные конструкции барьерных магнитных сепараторов в которых разделение магнитных и немагнитных частиц и их удаление из зоны разделения происходит без использования валков или каких либо других движущихся частей. Первый такой сепаратор был запатентован еще в 1936 году (патент США №2056426). Он получил широкую известность как лабораторный изодинамический сепаратор Франца. Однако, из-за накопления магнитных частиц на стенках сепарационных каналов, промышленного применения барьерные сепараторы пока не нашли.

Нами разработан принципиально новый барьерный магнитный сепаратор для сухих зернистых материалов, лишенный указанного недостатка. Выполнены лабораторные исследования по разделению на нем смеси ильменита (магнитная фракция) и рутила (немагнитная фракция), являющейся проводниковой фракции чернового концентрата Верхнеднепровского горно-металлургического комбината.

Обогащение осуществлялись на лабораторном сепараторе, схема которого

приведена на рисунке . В межполюсном зазоре его магнитной системы 1 размещена сепарационная матрица состоящая из ферромагнитных пластин 2 установленных с зазором 3 относительно друг друга. Плоскость симметрии зазора расположена вертикально вдоль магнитного поля. Наклонные продольные грани 4 ферромагнитных пластин закруглены в поперечном сечении. К этим граням примыкают пластины 5 выполненные из немагнитного токопроводящего металла. Ферромагнитные 2 и немагнитные 5 пластины находятся между собой в электрическом контакте. Смежные пары ферромагнитных и немагнитных пластин изолированы друг от друга диэлектрическими прокладками 6 и присоединены к разноименным клеммам 7 источника высокого напряжения. Сепаратор снабжен устройством 8 для подачи обогащаемого материала.

Толщина пластин и ширина зазора между ними равны 10 мм. Длина пластин - 200 мм. Высота ферромагнитных пластин - 25, немагнитных - 15 мм. Угол наклона матрицы к горизонту равен 30°.

У продольных граней 4 действуют магнитные силы направленные из зазора между ферромагнитными пластинами. Эти силы создают магнитный барьер препятствующий опусканию магнитных зерен под действием силы тяжести в зазор между ферромагнитными пластинами. Кроме барьерной магнитной силы, в этом же месте зазора действуют магнитные силы направленные от плоскости симметрии зазора к стенкам пластин. Подробно теория формирования магнитных сил в окрестности находящихся в магнитном поле ферромагнитных тел описана в литературе, например [1].

Принцип действия сепаратора заключается в следующем. Сухой обогащаемый материал из питателя направлялся в зазор между немагнитными пластинами. Немагнитные частицы (белые кружки) под действием силы тяжести опускаются вниз и сквозь зазор между ферромагнитными пластинами удаляются в немагнитный продукт. Магнитные частицы (черные кружки) поддерживаются барьерной магнитной силой, направленной из зазора между ферромагнитными пластинами, выше скругленных кромок 4 и, под действием силы тяжести, скатываются в магнитный продукт сепарации.

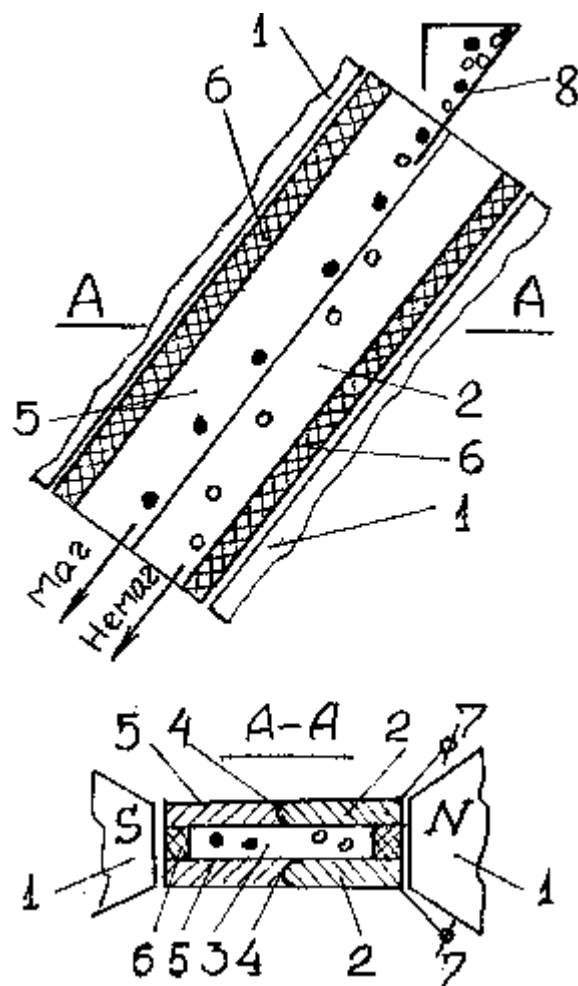


Рис. Схема лабораторного сепаратора

Магнитные частицы под действием магнитных сил, направленных от плоскости симметрии зазора, отклоняются к стенкам пластин. При принятом расположении плоскости симметрии зазора между пластинами вдоль магнитного поля величина этой силы минимальна ??, но и она может быть достаточной, чтобы частицы с повышенной магнитной восприимчивостью притягивались к пластинам и накапливались в зазоре, нарушая процесс сепарации. Для удаления этих частиц на противостоящие пластины подается высокое напряжение противоположного знака. Притянутые магнитные частицы приобретают тот же электрический заряд, что и пластина, с которой они находятся в контакте, и потому отталкиваются от нее. Двигаясь в электрическом поле заряженные частицы притягиваются к противостоящей пластине имеющей заряд противоположного знака. Войдя с ней в контакт частицы вновь меняют знак, отталкиваются и двигаются к противостоящей пластине. Во время перемещения от одной пластины к другой эти частицы поддерживаются

барьерной магнитной силой направленной из зазора между ферромагнитными пластинами и, как и все другие магнитные частицы, перемещаются в магнитный продукт сепарации. Для указания на то, что в сухом барьерном магнитном сепараторе создается электростатическое поле, в дальнейшем он будет называться «Маг-электро».

Наличие электрического поля в зоне сепарации, мощно влияющего на перемещение частиц между пластинами, не может не сказаться на показателях обогащения. Для определения степени этого влияния была проведена сепарация проводниковой фракции в присутствии электростатического поля и без него (табл. 1) при индукции магнитного поля 1.3 Тл. Обогащаемый материал подавался в зазор между пластинами с производительностью 11 г/с, что соответствует ожидаемой удельной производительности промышленного сепаратора $q = 2$ т/ч на один метр фронта подачи питания.

В таблице приняты следующие условные обозначения: М - магнитный продукт сепарации; Н - немагнитный продукт сепарации; ? - весовой выход магнитного продукта; Ру и Ил - содержание в продуктах сепарации рутила и ильменита соответственно; ?Ру и ?Ил - извлечение рутила и ильменита в продукты сепарации; ? - эффективность обогащения по Т. Г. Фоменко, определяемая как произведение извлечения ильменита в магнитный продукт на извлечение рутила в немагнитный продукт сепарации.

Таблица 1. Результаты исследования влияния электростатического поля на показатели магнитной сепарации рутила и ильменита.

Сепаратор	q, т/чхм	Продукт сепарации	Показатели обогащения, %					
				Ру	Ил	Ру	Ил	
Лабораторн барьерный	2	М	62,6	2,05	92,8		97,8	
		Н	37,4	70,9	3,5	99,3		
		И	100,0	26,7	59,4			97,1
Лабораторн барьерный с электрич. полем	2	М	64,7	6,5	88,0		95,9	93,8
		Н	35,3	74,0	6,9	97,8		

Из приведенных данных видно, что извлечение рутила в немагнитный продукт, а ильменита в магнитный продукт меньше при сепарации с электростатическим полем, чем без него. Соответственно меньше и эффективность обогащения. Визуально установлено, что количество магнитного материала, притянувшегося к стенкам пластин в процессе сепарации без электростатического поля, незначительно и он не может влиять на показатели разделения. Включение электростатического поля позволяет в менее, чем за 5 секунд полностью удалить этот материал с пластин. При промышленной эксплуатации, когда через каждый канал будут пропускаться тонны обогащаемого материала в сутки, необходимо иметь возможность их периодической очистки. Таким образом, обогащение необходимо осуществлять методом обычной барьерной магнитной сепарации с периодическим включением электростатического поля.

При принятых условиях сепарации ($q = 2 \text{ т/ч?м}$, индукция магнитного поля $B = 1,3 \text{ Тл}$) потери дорогостоящего рутила в ильменитовом концентрате меньше, чем при работе промышленного валкового сепаратора 2ЭВС-36/100 (табл. 2), но очевидно низкой является удельная производительность лабораторного сепаратора «Маг-электро». Для повышения удельной производительности без увеличения взаимного засорения продуктов разделения индукция была снижена до $1,1 \text{ Тл}$, а обогащение осуществлялось в два приема сепарации. Результаты обогащения приведены в таблице 2. В таблице приняты следующие условные обозначения: М1 и М2 - магнитные продукты первого и второго приема сепарации; Н - немагнитный продукт сепарации.

Таблица 2 Результаты барьерной магнитной сепарациипроводниковой фракции гравитационного концентрата.

Сепаратор	q, т/чм	Продукт сепарации	Показатели обогащения, %				
				Рy	Ил	Рy	Ил
Лабораторн барьерный	3	M ₁	50,8	0,75	94,0		
		M ₂	11,2	0,68	93,2		
		M ₁ + M ₂	62,0	0,73	94,0		98,1
		Н	38,0	69,1	2,9	98,2	
		И	100,0	26,7	59,4		96,3
2ЭВС-36/100	4	М	65,8	3,91	91,3		97,3
		Н	34,2	76,6	4,91	91,6	88,1
		И	100,0	28,8	61,7		

Из сравнения показателей работы лабораторного барьерного сепаратора «Маг-электро» с показателями работы промышленного валкового сепаратора 2ЭВС-36/100 видно, что извлечение ильменита в магнитный продукт в обоих случаях примерно одинаково. При этом содержание ильменита в магнитном продукте барьерного сепаратора, который является готовым концентратом, выше на 2,7%, что повышает его конкурентоспособность. В связи с лучшей очисткой магнитной фракции содержание рутила в немагнитном продукте «Маг-электро» уменьшилось из-за возросшего поступления в него циркона и дистена, которые являются проводниками. Они подлежат удалению из рутилового концентрата последующей электросепарацией.

Главным достоинством барьерной сепарации является повышение извлечения дорогостоящего рутила в немагнитный продукт на 6,6 %. Это столь большой прирост извлечения, что приобретение и установка двух новых сепараторов «Маг-электро», работающих последовательно, окупится менее, чем за два месяца.

Выводы.

Применение барьерного сепаратора «Маг-электро», не имеющего валков и привода, позволит:

- уменьшить на 60 % затраты электроэнергии;

- упростить обслуживание сепаратора;
- уменьшить простои на ремонт.

Важным достоинством барьерной сепарации является возможность повышения извлечения дорогостоящего рутила в рутиловый концентрат более, чем на 6 %.

АВТОР: ТУРКЕНИЧ А. М., д-р техн. наук