

«Барьерная магнитная сепарация марганцевой руды на лабораторном сепараторе «Гидро-Маг»

Лабораторными исследованиями показано, что марганцевая руда крупностью 4 - 0 мм может 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. При работе на одинарной барьерной матрицы удовлетворительные показатели достигаются при обогащении в два приема и индукции фонового поля 0,6 Тл во втором приеме сепарации. Двойная барьерная матрица проще в эксплуатации, чем одинарная.

Она позволяет получить удовлетворительные показатели обогащения в один прием сепарации при индукция фонового магнитного поля 0,75 Тл.

Магнитное обогащение зернистой части марганцевой руды осуществляют на электромагнитных валковых сепараторах. Процесс обогащения включает притяжение магнитных частиц к валку, вынос их из магнитного поля при вращении валка и последующую разгрузку магнитных частиц в магнитный продукт сепарации. Наличие вращающихся валков порождает ряд недостатков этих сепараторов. Например, мощность валкового сепаратора 4ЭВМ-38/250 составляет 58 кВт. Из них 44 кВт, то есть более 75 % мощности, идет на вращение четырех валков и только 14 кВт тратится на создание магнитного поля. Привод и погруженные в пульпу 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. С целью изучения возможности применения таких сепараторов для обогащения марганцевой руды были выполнены лабораторные исследования результаты которых изложены ниже.

Обогащению подвергалась марганцевая руда крупностью 4 - 0 мм Марганецкого горно-обогатительного комбината. Проведено две серии опытов.

В первой серии опытов обогащалась руда с содержанием марганца 33,1 %, свободного кварца -31,9 %. Обогащение осуществлялись на лабораторном

сепараторе (рис. 1). В межполюсном зазоре его магнитной системы 1 размещена сепарационная матрица состоящая из ферромагнитных пластин 2 установленных с зазорами 3 относительно друг друга. Продольные грани 4 ферромагнитных пластин закруглены в поперечном сечении. К этим граням примыкают пластины 5 выполненные из немагнитного материала. Угол наклона матрицы к горизонту равен 30°. Немагнитные пластины выполнены из прозрачного органического стекла, что позволяло вести наблюдением за движением разделяемых зерен.

При указанном расположении ферромагнитных пластин, когда плоскости симметрии зазоров между ними ориентированы вдоль магнитного поля, у продольных граней 4 действуют направленные из зазоров магнитные силы. Эти силы создают магнитный барьер препятствующий входу магнитных зерен под действием силы тяжести в зазор между ферромагнитными пластинами. Подробно теория формирования магнитных сил в окрестности находящихся в магнитном поле ферромагнитных тел описана в литературе, например [1].

Пульпа обогащаемого материала из питателя 6 подавалась выше кромок 4 в зазоры между немагнитными пластинами 5. Ниже кромок 4 в зазоры между магнитными пластинами из устройства 7 подавалась вода. Немагнитные частицы под действием силы тяжести опускались в зазоры между магнитными пластинами и под действием скоростного напора воды транспортировались к устройству 8 для разгрузки немагнитного продукта сепарации. Магнитные частицы не могли преодолеть магнитный барьер и, поддерживаемые магнитной силой выше кромок 4 ферромагнитных тел, транспортировались к устройству 9 для разгрузки магнитного продукта сепарации.

Предварительные исследования показали, что для получения отвальных хвостов в один прием сепарации индукция фонового магнитного поля должна быть не ниже, чем 0,6 Тл. Под фоновым понимается поле в воздушном зазоре матрицы без искажения его ферромагнитными пластинами. Индукция такого поля измерялась тесламетром в зазоре между матрицей и полюсным наконечником со стороны немагнитных пластин. При такой индукции рудные зерна с повышенной магнитной восприимчивостью притягиваются к стенкам пластин и накапливаются в зазорах нарушая процесс сепарации. В связи с этим обогащение осуществлялось в два приема. При первом приеме сепарации индукция фонового поля была 0,3 Тл.

Полученный немагнитный продукт, не содержащий зерен с повышенной магнитной восприимчивостью, перечищался при индукции фонового поля 0,6 Тл.

Результаты сепарации приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты обогащения марганцевой руды крупностью 4 - 0 мм на одинарной матрице в два приема сепарации

Производительность, т/(ч×м)	Наименование продукта	Показатели обогащения, %					
		γ	Mn	SiO ₂	ε_{Mn}	ε_{SiO_2}	η_1
1,5	M ₁	40,5	42,2	10,78			
	M ₂	35,0	43,2	11,18			
	M ₁ +M ₂	75,5	42,7	11,0	97,4		63,6
	H	24,5	3,8	84,94		65,3	
2,2	M ₁	40,0	39,9	12,22			
	M ₂	37,7	42,2	11,9			
	M ₁ +M ₂	77,7	41,0	12,1	96,2		54,9
	H	22,3	5,7	81,52		57,1	
3,3	M ₁	33,9	38,0	12,38			
	M ₂	42,2	42,7	18,18			
	M ₁ +M ₂	76,1	40,7	15,7	93,6		51,1
	H	23,9	9,0	72,78		54,6	

В таблице приняты следующие условные обозначения: M₁ и M₂ - магнитные продукты первого и второго приема сепарации; H - немагнитный продукт второго приема сепарации; \square - весовой выход продукта обогащения; Mn и SiO₂ - содержание в продуктах обогащения марганца и свободного кварца соответственно; \square_{Mn} и \square_{SiO_2} - извлечение марганца и свободного кварца в продукты сепарации; \square_1 - эффективность обогащения по Т. Г. Фоменко, определяемая как произведение извлечения марганца в магнитный продукт на извлечение свободного кварца в немагнитный продукт сепарации.

Приведенная в таблице производительность является ожидаемой удельной производительностью, то есть приходящейся на единицу длины фронта подачи питания.

В пересчете на валковый сепаратор 4ЭВМ-40/250А32, имеющий ширину фронта подачи питания 5,5 м, ожидаемые производительности сепаратора

бу-дут 8 т/ч, 12 т/ч и 18 т/ч.

Фактическая часовая производительность валкового сепаратора 4ЭВМ-40/250А32 на марганцевой руде 4 - 0 мм не превосходит 12 т/ч. В соответствии с приведенными результатами лабораторных опытов при работе барьерного сепаратора с такой ожидаемой производительностью из руды с содержанием марганца 33,1 % будет получен магнитный продукт с содержанием марганца более 41 %. Содержание марганца в хвостах будет менее 6 %, а содержание в пробе свободного кварца снизится с 31,86 % до 12,1 %, то есть почти на 20 %.

Из приведенных данных видно, что в первом приеме сепарации при низкой индукции, всего 0,3 Тл, извлекается в среднем половина магнитно-го продукта. Это обеспечивает во втором приеме сепарации беспрепятственное прохождение магнитных зерен по каналу матрицы при индукции 0,6 Тл.

Главным недостатком последовательной установки двух матриц является недоступность для наблюдения и обслуживания сверху матрицы второго приема сепарации. Кроме того, для отвода магнитного продукта перво-го приема сепарации и замещения его водой во втором приеме необходима сложна система желобов.

Указанные недостатки отсутствуют в двойной матрице. Ее отличие от предыдущей матрицы заключается только в том, что внутри немагнитных пластин 5 вставлены ферромагнитные стержни 10. Они расположены вдоль закругленных граней 4. Обогащаемый материал подается в зазоры 3 выше ферромагнитных стержней. Магнитные зерна, удерживаемые от опускания вниз магнитной силой, направленной из зазора между стержнями, перемещаются в магнитный продукт. Немагнитные зерна под действием силы тяжести опускаются вниз к зазору между ферромагнитными пластинами где от них отделяются потерянные у стержней магнитные зерна. Дальнейшее движение материала такое же, как и в предыдущей матрице. Обогащалась руда с содержанием марганца 33,4 %, свободного кварца - 29 %. Результаты обогащения приведены в таблице 2.

Необходимо отметить, что вначале были выполнены опыты при индукции 0,6 Тл с удельной производительностью 2 т/(ч□м). Немагнитный продукт сепарации содержал более 10 % марганца.

В связи с этим дальнейшие опыты осуществлялись при индукции 0,75 Тл.

В целом сепарация на двойной матрице даже более эффективна, чем на одинарной. Например, при удельной производительности 3,5 т/(ч×м) получен магнитный продукт с содержанием марганца 42,3 % и свободного кварца 11,02 %. Содержание марганца в немагнитном продукте составило 6,7 %. Это лучше, чем получено при обогащении с удельной производительности 3,3 т/(ч×м) на одинарной матрице. Однако, для достижения таких показателей требуется индукция на 25 % более высокая, чем это необходимо при использовании одинарной матрицы. Чтобы создать ее при той же магнитной системе необходимо пропорционально сократить фронт подачи питания, а, следовательно, и производительность сепаратора.

Таблица 2. Результаты обогащения марганцевой руды крупностью 4 - 0 мм на двойной матрице в один прием сепарации

Производительность Тл	Индукция Тл	Наименование продукта	Показатели обогащения, %					
			γ	Mn	SiO ₂	ϵ_{Mn}	ϵ_{SiO_2}	η_1
2,0	0,75	магнитн.	73,0	42,2	11,2	92,2	17,7	75,9
		немагнит.	27,0	4,2	88,84	7,8	82,3	
3,0	0,75	магнитн.	76,8	42,0	16,68	96,6	35,9	62,0
		немагнит.	23,2	4,9	80,16	3,4	64,1	
3,5	0,75	магнитн.	74,0	42,8	11,02	94,8	32,3	64,2
		немагнит.	26,0	6,7	75,54	5,2	67,7	
3,5	0,85	магнитн.	77,1	42,3	13,48	97,6	34,6	63,8
		немагнит.	22,9	3,5	82,82	2,4	65,4	

Выводы

- Лабораторными исследованиями показано, что марганцевая руда крупностью 4 - 0 мм может 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.

- При работе одинарной барьерной матрицы удовлетворительные показатели достигаются при обогащении в два приема и индукции фонового поля 0,6 Тл во втором приеме сепарации.
- Двойная барьерная матрица проще в эксплуатации, чем одинарная. Она позволяет получить удовлетворительные показатели обогащения в один прием сепарации при индукция фонового магнитного поля 0,75 Тл.

ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

- **J. Svoboda.** Magnetic Methods for the Treatment of Minerals. - Amsterdam.:1987. - 692 с.

АВТОР: ТУРКЕНИЧ А. М., д-р техн. наук