

## **«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 <sub>2</sub>	ε <sub>Mn</sub>	ε <sub>SiO<sub>2</sub></sub>	η <sub>1</sub>
1,5	M <sub>1</sub>	40,5	42,2	10,78			
	M <sub>2</sub>	35,0	43,2	11,18			
	M <sub>1</sub> +M <sub>2</sub>	75,5	42,7	11,0	97,4		63,6
	H	24,5	3,8	84,94		65,3	
2,2	M <sub>1</sub>	40,0	39,9	12,22			
	M <sub>2</sub>	37,7	42,2	11,9			
	M <sub>1</sub> +M <sub>2</sub>	77,7	41,0	12,1	96,2		54,9
	H	22,3	5,7	81,52		57,1	
3,3	M <sub>1</sub>	33,9	38,0	12,38			
	M <sub>2</sub>	42,2	42,7	18,18			
	M <sub>1</sub> +M <sub>2</sub>	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: M<sub>1</sub> и M<sub>2</sub> - магнитные продукты первого и второго приема сепарации; H - немагнитный продукт второго приема сепарации; □ - весовой выход продукта обогащения; Mn и SiO<sub>2</sub> - содержание в продуктах обогащения марганца и свободного кварца соответственно; □Mn и □SiO<sub>2</sub> - извлечение марганца и свободного кварца в продукты сепарации; □<sub>1</sub> - 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 первого 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, %					
			$\gamma$	Mn	SiO <sub>2</sub>	$\epsilon_{Mn}$	$\epsilon_{SiO_2}$	$\eta_1$
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**