© А.Е. Пелевин, 2008

УДК 621.928

А.Е. Пелевин

СТАДИАЛЬНОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗНОГО КОНЦЕНТРАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ МАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ

Семинар № 25

Магнетитовые руды перерабатываются по схемам с выделением хвостов после каждой стадии измельчения. Железный концентрат получается, как правило, только в последней операции магнитного обогащения. Одним из путей повышения эффективности схем обогащения магнетитовых руд является стадиальное выделение не только хвостов, но и концентрата.

Наиболее подготовленными продуктами для выделения готового концентрата являются магнитные продукты, поступающие в последнюю стадию измельчения. При обогащении этого продукта в дополнительной операции можно получить готовый концентрат (меньшая часть) и промпродукт, направляемый на дальнейшее измельчение и обогащение.

Схема стадиального выделения железного концентрата с применением магнитной сепарации приведена на рисунке. В операции ММС-III-1 (существующей) выводятся отвальные хвосты, в операции ММС-III-2 (новой) – получается готовый концентрат. Немагнитный продукт операции ММС-III-2 направляется в III стадию измельчения и на дальнейшее обогащение по существующей технологии.

Для магнитного продукта операции ММС-III ОФ КГОК «Ванадий» выполнены исследования по возможности получения из него готового железного концентрата для агломерации (массовая доля железа не менее 61 %). Этот продукт является исходным для III стадии измельчения ОФ КГОКа. Массовая доля железа в магнитном продукте операции ММС-III составляет 56-58 %, содержание класса -0,071 мм составляет 57-61 %.

Опыты по получению готового же-

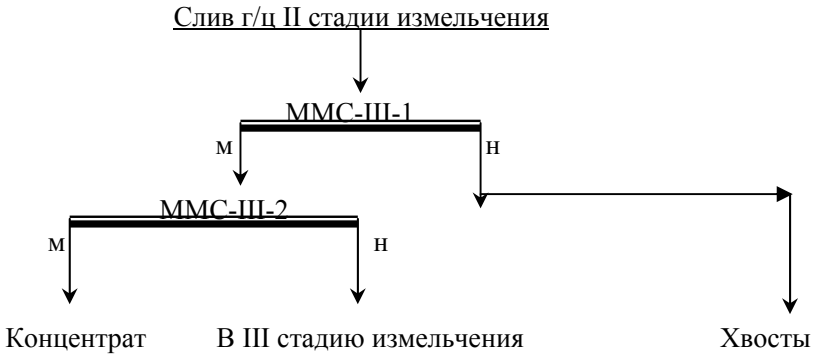

Схема стадиального выделения железного концентрата

Таблица 1

Результаты разделения магнитного продукта ММС-III в сепараторе 120Т-СЭМ при В=0,05 Тл

Продукт	Выход, %	Массовая доля Fe, %	Извлечение Fe, %
Магнитный	95,81	60,38	98,43
Немагнитный	4,19	21,92	1,57
Исходный	100,00	58,77	100,00

лезного концентрата из магнитного продукта ММС-III выполнены на различных типах лабораторных магнитных сепараторов. Результаты опытов приведены в табл. 1-5.

Обогащение в стандартном сепараторе 120Т-СЭМ

На сепараторе 120Т-СЭМ выполнены опыты при пониженной индукции магнитного поля на поверхности барабана. Результаты опыта при индукции магнитного поля на поверхности барабана 0,05 Тл приведены в табл. 1.

Даже обогащение достаточно богатого продукта на стандартном сепараторе 120Т-СЭМ при пониженной индукции магнитного поля (0,05 Тл) не позволило получить готовый концентрат. Прирост массо-вой доли железа составил 1,61 % (с 58,77 % до 60,38 %). Выход маг-нитного продукта очень высокий (95,81 %). Получать такое количе-ство готового концентрата перед последней стадией измельчения просто нереально.

По всей видимости, простым снижением магнитного поля сепаратора ПБМ без изменения конструкции его ванны вряд ли возможно получить железный концентрат даже перед последней стадией измельчения. Сепаратор ПБМ имеет нижнюю подачу исходного продукта, поэтому при прочих равных условиях извлечение более крупных частиц (более бедных) будет выше по сравнению с мелкими частицами.

Обогащение в сепараторе ПБМ-33/18-А

Сепаратор ПБМ-33/18-А изготовлен на базе сепаратора 120Т-СЭМ путем замены электромагнитной системы на систему из постоянных магнитов.

Магнитная система изготовлена из постоянных магнитов (*Nd-Fe-B*). Шаг полюсов (S) составил 23 мм, что примерно в три раза меньше, чем у сепаратора 120Т-СЭМ. При этом частота магнитного поля (магнитное перемешивание) увеличилась в три раза. Индукция магнитного поля на поверхности барабана составила 0,05 Тл, на дне ванны (при максимальной глубине) – 0,0015 Тл.

Особенностью магнитной системы сепаратора ПБМ-33/18-А является обеспечение повышенного магнитного перемешивания материала и низкая индукция магнитного поля на дне ванны.

Результаты опытов при различных режимах приведены в табл. 2.

Закономерности обогащения в сепараторе ПБМ-33/18-А достаточно стандартные – при снижении выхода концентрата (с 76,5 % до 17,5 %) происходит увеличение его качества (с 59,8 % Fe до 63,6 % Fe).

При обогащении магнитного продукта ММС-III в сепараторе с магнитной системой подобного типа можно прогнозировать выход готового концентрата до 40 % от операции, что является достаточно высоким показателем. Положительные результаты обогащения во многом определены приростом самого

Таблица 2

Результаты разделения магнитного продукта ММС-III в сепараторе ПБМ-33/18-А при В=0,05 Тл

Продукт	Выход, %	Массовая доля Fe, %	Извлечение Fe, %
Режим № 1			
Магнитный	76,5	59,8	81,0
Немагнитный	23,5	45,8	19,0
Исходный	100,0	56,5	100,0
Режим № 2			
Магнитный	52,7	60,7	56,5
Немагнитный	47,3	52,0	43,5
Исходный	100,0	56,6	100,0
Режим № 3			
Магнитный	38,5	62,1	40,9
Немагнитный	61,5	56,1	59,1
Исходный	100,0	58,4	100,0
Режим № 4			
Магнитный	17,5	63,6	19,7
Немагнитный	82,5	55,0	80,3
Исходный	100,0	56,5	100,0

богатого по железу класса крупности -0,071+0 мм в магнитный продукт (до 5 %).

Обогащение в сепараторе ПБМ-33/18-Б с повышенным магнитным полем

Сепаратор ПБМ-33/18-Б изготовлен на базе сепаратора 120Т-СЭМ путем замены электромагнитной системы на систему из постоянных магнитов.

Магнитная система изготовлена из постоянных магнитов (*Nd-Fe-B*). Шаг полюсов (S) составил 53 мм, что обеспечило индукцию магнитного поля на поверхности барабана 0,27 Тл. Особенностью магнитной системы сепаратора ПБМ-33/18-Б является повышенное магнитное поле по сравнению с магнитным полем сепараторов ПБМ. Результаты одного из опытов приведены в табл. 3.

Повышение магнитного поля сепаратора (как и предполагалось) не позволило получить готовый концентрат.

Обогащение в сепараторе с бегущим магнитным полем

В сепараторах с бегущим магнитным полем вращается магнитная система внутри барабана (неподвижного или вращающегося с меньшими оборотами). При этом повышается частота смены полярностей магнитного поля, что приводит к вращению и разрушению магнитных флокул и прядей и высвобожде-

Таблица 3

Результаты разделения магнитного продукта ММС-III в сепараторе ПБМ-33/18-Б при В=0,27 Тл

Продукт	Выход, %	Массовая доля Fe, %	Извлечение Fe, %
Магнитный	95,8	59,2	99,3
Немагнитный	4,2	9,2	0,7
Исходный	100,0	57,1	100,0

Таблица 4

Результаты разделения магнитного продукта ММС-III в сепараторе с бегущим магнитным полем

Продукт	Выход, %	Массовая доля Fe, %	Извлечение Fe, %
Магнитный	92,5	61,40	97,9
Немагнитный	7,5	16,10	2,1
Исходный	100,0	58,00	100

нию из них, запутавшихся немагнитных частиц и, как следствие, к повышению качества концентрата.

Магнитная система сепаратора изготовлена из постоянных магнитов на основе *Nd-Fe-B*. Индукция магнитного поля на поверхности барабана 0,2 Тл. В табл. 4 приведены результаты одного из опытов по обогащению в лабораторном сепараторе с бегущим магнитным полем.

Опыты показали достаточную эффективность разделения и возможность получения готового концентрата. Однако сепараторы с вращающейся магнитной системой имеют ряд недостатков, препятствующих их применению:

1 – относительно сложная конструкция, связанная с вращением магнитной системы и отсутствие промышленных сепараторов;

2 - относительно плохая транспортировка и разгрузка крупных (примерно более 0,5-1,0 мм) магнитных частиц.

Обогащение в сепараторе 120Т-СЭМ с пониженной индукцией магнитного поля и с изменённой конструкцией ванны

Среди испытанных четырёх типов магнитных сепараторов получить готовый концентрат удалость в сепараторе с бегущим магнитным полем и в сепараторе ПБМ-33/18-А. Однако эти аппараты или очень сложны по конструкции (первый сепаратор) или требуют полной замены магнитной системы (второй сепаратор). Поэтому стандартный лабораторный сепаратор 120Т-СЭМ подвергнут определённой модернизации, с целью возможности переноса внесённых изменений в конструкцию промышленных сепараторов ПБМ.

Требования к магнитному сепаратору для стадиального выделения железного концентрата сформулированы следующим образом.

1. Минимальная индукция магнитного поля на дне ванны (сепаратор не должен извлекать частицы со дна ванны).

2. Некоторое расслоение по крупности частиц исходного продукта по глубине ванны при движении потока пульпы через сепаратор. При этом в верхних слоях пульпы (в зоне повышенного магнитного поля) должны двигаться более мелкие (более богатые по железу) частицы, а в нижних слоях пульпы (в зоне низкого магнитного поля) должны двигаться более крупные (более бедные по железу) частицы.

Таким образом, сепаратор должен обогащать исходный продукт не только по магнитным свойствам, но и по гравитационным свойствам (классификация по крупности).

В табл. 5 приведены результаты опытов на модернизированном сепараторе 120Т-СЭМ при индукции магнитного поля на дне ванны 0,007 Тл. При повышении индукции магнитного поля на дне ванны происходит увеличение выхода магнитного продукта при одновременном снижении его качества.

Таблица 5

Результаты разделения магнитного продукта ММС-III в модернизированном сепараторе 120Т-СЭМ

Продукт	Выход, %	Массовая доля Fe, %	Извлечение Fe, %
Режим № 1			
Магнитный	36,3	61,2	40,3
Немагнитный	63,7	52,4	59,7
Исходный	100,0	55,9	100,0
Режим № 2			
Магнитный	38,5	61,0	42,0
Немагнитный	61,5	52,7	58,0
Исходный	100,0	55,9	100,0

При обогащении магнитного продукта ММС-III в сепараторе с модернизированной ванной и с пониженной индукцией магнитного поля можно прогнозировать выход готового концентрата до 38 % от операции, что является достаточно высоким показателем. Положительные результаты обогащения также определены приростом самого богатого по железу класса крупности -0,071+0 мм в магнитный продукт (до 5 %).

На основании проведённых исследований выполнена модернизация промышленного сепаратора ПБМ-90/250. Проведённые на ОФ КГОКа испытания подтвердили возможность выделения готового концентрата (β = 61,8 %) при выходе 22,2 % (от операции) перед последней стадией измельчения. ГИАБ

Коротко об авторе

Пелевин А.Е. – Уральский государственный горный университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 25 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. *А.А. Абрамов.*