

А.С. КИРНАРСКИЙ, д-р техн. наук
(Германия, Мёнхенгладбах, «Инжиниринг Доберсек ГмбХ»)

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ФОСФОКОНЦЕНТРАТОВ

1. Вещественный состав фосфоконцентрата

Объект настоящего исследования – фосфоритовый концентрат, полученный при обогащении бедных фосфоритовых руд одного из североафриканских месторождений стран Магрибского содружества. После обогащения рядовой руды полученный концентрат сгущался до 58% по твердому и поршневыми насосами перекачивался на обезвоживание перед химической его обработкой. Удаление обогатительной фабрики от химического завода – 18,5 км.

Цель лабораторных исследований – получение влажности фосфоконцентрата не более 15%.

На первом этапе опытов определили вещественный состав исследуемого продукта. Химический состав исследуемого фосфоконцентрата представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав фосфоконцентрата			
Компонент	Содержание, %	Компонент	Содержание, %
P ₂ O ₅	28,5	Fe ₂ O ₃	0,3
CO ₂	7,6	Al ₂ O ₃	0,5
CaO	49,2	Na ₂ O	1,4
SO ₃	3,5	K ₂ O	0,1
MgO	0,9	Cl	0,1
SiO ₂	3,4	Cd ppm	24-60
F	3,3	Органика	1,2

Из таблицы 1 видно, что концентрат имеет высокое качество, о чем свидетельствует содержание P₂O₅ на уровне 28,5%, умеренное значение карбонатного модуля (CaO / P₂O₅ = 1,73) и значительное значение реакционного показателя (CO₂ = 7,6%). Концентратная пульпа слабощелочная (pH = 7,57). Гранулометрический состав данного продукта показан в таблице 2.

Таблица 2

Гранулометрический состав фосфоконцентрата			
Крупность, мм	Выход, %	Крупность, мм	Выход, %
+2,0	2,24	0,125-0,16	19,44
1,0-2,0	5,29	0,10-0,125	5,69
0,8-1,0	2,88	0,09-0,10	0,74
0,63-0,8	3,83	0,071-0,09	0,99
0,5-0,63	4,44	0,05-0,071	0,77
0,315-0,5	10,29	0,04-0,05	0,23
0,2-0,315	26,30	0,00-0,04	0,04
0,16-0,2	16,83	Итого	100,00

2. Фільтрування сгущеного фосфоконцентрата

На другому етапі експериментів проба фосфоритового концентрату масою 3 кг направлялась в лабораторію фільтрації, де була підвргнута вакуумному фільтруванню, а потім прес – фільтруванню. Проба була підготовлена по крупності, для чого мокрим розсевам віділили необхідний клас крупності розміром -0,5 мм. Крупнозерниста частина +0,5 мм не фільтрувалась.

Вакуумне фільтрування здійснювалось в звичайній воронці Бюхнера, обладнаній фільтротканню з двохшарового каліброваного моноволокна з поліпропілена при різній її проникателі. Площа фільтрації – 0,01 м². Глибина вакуума в процесі експериментів складала 0,6 бар. По завершенню формування осаду була передбачена його продувка стислим повітрям при витраті 5 л/хв. (рис.1 б).



а



б

Рис. 1. Лабораторна установка прес (а) і вакуумного (б) фільтрування

Результати експериментального вакуум – фільтрування фосконцентрату сведені в таблицю 3.

Таблиця 3

Результати вакуумного фільтрування фосконцентрату

№ опыта	Тип фільтроткани	Удельная нагрузка, кг/(м ² · час)	Влажность осадка %	Толщина осадка, мм
1	MARCO S50	945	24,00	22
2	MARCO S30	525	23,00	12
3	ARTO S11	445	21,00	9

Максимальна продуктивність була досягнута в першому експерименті, але отриманий осадок відрізнявся значущою обводненістю і рихлістю, а фільтрат – сильним забрудненням, при цьому фільтроткань важко очищався.

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

от обезвоженного продукта и даже после удаления последнего на фильтре оставался илистый слой толщиной 1 мм. Во втором опыте применялась фильтроткань пониженной проницаемости, но фильтрат оставался грязным, при этом влажность осадка уменьшилась только до 23 мм, а его толщина сократилась с 22 до 12 мм. В третьем случае, когда ячейка фильтроткани сократилась в пять раз, влажность составила 21%, а производительность уменьшилась почти вдвое по сравнению с опытом № 1. Фильтрат, по – прежнему, оставался сильно загрязненным при содержании твердого на уровне 15 г/л. Таким образом, вакуумное – фильтрование фосконцентрата не позволило выполнить поставленную задачу исследований, поэтому перешли к пресс – фильтрованию фосконцентрата на пилотной установке Larox®PF-25 (рис. 1 а). Содержание твердого в питании пресс – фильтра составляло 70% по твердому. Площадь фильтрования указанного пресс – фильтра составляла 0,0025 м². Время полного цикла фильтрования – 7,5 минут. Результаты пресс – фильтрования фосконцентрата сведены в таблицу 4.

Таблица 4

Результаты пресс – фильтрования фосконцентрата				
№ опыта	Тип фильтроткани	Удельная нагрузка, кг/(м ² ·час)	Влажность осадка, %	Толщина осадка, мм
5	AINOT 31	380	18,00	34
7	AINOT 13	200	17,00	19
10	AINOK 11	145	21,00	9

Из трех серий опытов наиболее предпочтительной по пропускной способности оказалась серия № 5, так как здесь была достигнута максимальная производительность 380 кг/(м²·ч) при умеренной влажности осадка (18%) и чистоте фильтрата на уровне 53 г/л, что неприемлемо по качеству оборотной воды и требует осветления в сгустителях с применением флокулянтов. В то же время с сокращением проницаемости фильтроткани в три раза для сетки AINOK 11 содержание твердого в фильтрате понизилось до необходимого уровня 640 мг/л, но влажность осадка возрасла на 3%, а удельная нагрузка упала почти в два раза. Чистый фильтрат получили здесь за счет того, что илистые частицы оказались закупоренными в осадке, негативным последствием чего стало повышение его обводненности и резкое снижение пропускной способности фильтровальной сетки.

3. Центрифугирование сгущенного фосфоконцентрата

На третьем этапе исследований проба натурального материала массой 5 кг была направлена в лабораторию центрифугирования, где она подверглась обезвоживанию в центробежном поле высокой интенсивности (250-1000 G). Содержание твердого в питании декантера равнялось 962 г/л. Результаты центробежного обезвоживания фосконцентрата сведены в таблицу 5.

Результати центробежного обезвоживання фосконцентрата

Время, сек	G – фактор	Толщина кека, мм	Влажность кека, %
15	250	10	10,56
15	500	10	9,89
15	1000	10	9,35
15	250	18	10,82
15	500	18	9,83
15	1000	18	9,60

Данные таблицы 5 свидетельствует о том, что поставленная цель – достижение влажности осадка менее 15% – достигнута, но здесь необходимо принимать во внимание утилизацию разбавленных фугатов осадительной и фильтровальной камер промышленного декантера и значительный расход электроэнергии. Так, для обезвоживания 40 т фосконцентрата потребуются осадительно – фильтрующая центрифуга, мощность приводного двигателя которой составляет 315 кВт, т.е. удельный расход электроэнергии достигает 7,88 кВт·ч/т.

4. Разработка технологии стадийного обезвоживания фосфоконцентрата

На заключительном этапе настоящих исследований разработано технологическое решение обезвоживания фосконцентрата, которое включает следующие операции: центрифугирование исходного продукта в декантере с получением осадка и фугатов, которые сгущаются в гидроциклоне до 70%, а слив гидроциклонов направляется самотеком в питание декантера. Сгущенный продукт обезвоживается на пресс – фильтре с получением осадка влажностью 21% и фильтра, чистота которого должна быть менее 680 мг/л, который используется в водно – шламовой схеме в качестве оборотной воды. В этом случае регенерация моечной оборотной воды достигается механически без использования флокулянтов. Для сокращения энергозатрат и повышения надежности работы декантеров крупнозернистую часть фосконцентрата 1-6 мм целесообразно обезвоживать в фильтрующей центрифуге, мощность приводного электродвигателя которой составляет 22 кВт, т.е. удельный расход электроэнергии на превышает 0,42 кВт·ч/т исходного материала. Таким образом, в условиях разработанного технологического решения обозначены три машинных класса: крупнозернистый продукт крупностью 1-6 мм, обрабатываемый на фильтрующей центрифуге, мелкозернистый продукт крупностью 0,1-1 мм, поступающий на декантер, и тонкозернистый продукт крупностью 0-0,1 мм, обезвоживаемый при помощи пресс – фильтра. Как следствие, в голове схемы должен быть предусмотрен вибрационный гидрогрохот, работающий по граничному зерну разделения 1 мм. Надрешетный продукт 1-6 мм при содержании твердого 70-75% направляется на фильтрующую центрифугу, подрешетный продукт 0-1 мм вместе с фугатом фильтрующей центрифуги сбрасывается в зумпф, откуда пульпа центробежным насосом подается на гидроциклоны, назначение которых состоит в поддержании заданного содержания твердого в питании декантера и обес-

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

шламливанні матеріала по граничній крупності 0,1 мм, після чого слив гідроциклонів разом з фугатами декантера насосами високого тиску подається в камерний прес – фільтр, на виході якого отримуємо шламовий осадок і фільтрат, направляється в оборот. Частота обертання ротора декантера діаметром 1120 мм змінюється в діапазоні від робочого 1400 об/хв до максимального рівня 1800 об/хв, при цьому інтенсивність центробежного поля зростає від робочого 1220 G до максимального значення 2200 G, що вказує на технологічні можливості даного апарату при зниженні крупності харчування до 0,1-1,0 мм.

Як бачимо, теперішнє значення швидкості в центробежному полі – це швидкість осадження в гравітаційному полі з прискоренням g , помножене на фактор розділення $\left[\frac{rw^2}{g}\right]$, який і визначає інтенсивність центробежного поля.

Збільшуючи частоту обертання, ми посилюємо напруженість або інтенсивність центробежного поля, за аналогією, як це має місце в магнітному або електричному полі. Зменшуючи радіус обертання і, як наслідок, збільшуючи кривизну траєкторії розділення, ми підвищуємо градієнт поля за рахунок посилення його неоднорідності, т.е. $gradH > 0$, що сприяє підвищенню ефективності основних і допоміжних процесів збагачення мінерального сировини.

Висновки

1. Встановлено принципову можливість механічного обезводження фосфоритового концентрату з отриманням осадку вологістю менше 15% і оборотної води з рівноважним вмістом твердого на рівні 680 мг/л.
2. Для практичної реалізації такого технологічного рішення необхідно використовувати грохот, декантери, гідроциклони і прес – фільтр.
3. Для зниження енергоємності і експлуатаційних витрат доречно застосовувати фільтруючі центрифуги для обезводження крупнозернистої частини вихідного продукту крупністю 1-6 мм.
4. Для підвищення надійності і ефективності обезводження на декантері передбачено гідроциклонізація його харчування по граничній крупності 0,1 мм, в результаті чого на декантер подається мелкозернистий машинний клас 0,1-1 мм.
5. Тонкозернистий шламовий продукт 0-0,1 мм обезводжується на прес – фільтрі з отриманням оборотного фільтрату і осадку, приєднуваного до основної маси концентрату, обезвоженого в центрифугах.

© Кирнарський А.С., 2019

*Надійшла до редколегії 30.10.2019 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*