

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

СГУЩЕНИЕ ХВОСТОВ НА ДЕМУРИНСКОМ ГОКе

Введение

Обогатительная фабрика Демурина ГОКа перерабатывает титано – циркониевые пески Волчанского месторождения по традиционной технологии с предварительной гравитационной концентрацией комплексной тяжелой фракции и последующей селекцией коллективного концентрата электрическими, магнитными и гравитационными методами. В минералогическом отношении настоящие пески сложены преимущественно устойчивыми в природных условиях транспортировки и химического выветривания минералами. Главными рудными минералами являются ильменит, рутил, лейкоксен, циркон, силлиманит, дистен и ставролит. Основные нерудные минералы – кварц, каолин, турмалин и хромшпинелид. По гранулометрическому составу пески являются мелкозернистыми, при этом основная их масса находится в интервале крупности – 0,25+0,063 мм. Рудоподготовительными операциями, обеспечивающими дезинтеграцию и их отмывку от каолиновой глины, являются размыв рядовых песков гидромонитором в карьере, гидротранспорт рудной пульпы, гидрогрохочение и обесшламливание в дешламаторах и гидроциклонах, сливы которых направляются на сгущение. Внедрению сгустительной установки предшествовали лабораторные и пилотные испытания на натурной пробе хвостовой пульпы, на основании результатов которых был выполнен технологический расчет и выбор сгустителя, его изготовление, поставка и монтаж.

1. Лабораторные и пилотные испытания

Лабораторные исследования проводились на натурной пробе хвостовой пульпы, отобранной на Демурина ГОКе в цехе первичного обогащения рудных песков. Гранулометрический состав твердой фазы хвостовой пульпы определялся мокрым способом на ситах размером: 0,2; 0,1; 0,08 и 0,063 мм, а также на классификаторе для дисперсионного анализа путем последовательного естественного осаждения классов крупностью менее 0,063 мм. Результаты ситового анализа хвостов Демурина ГОКа приведены в таблице 1.

Гранулометрический состав хвостов Демурина ГОКа	
Класс крупности, мм	Выход классов, %
0,1 – 0,2	2,93
0,08 – 0,1	0,29
0,063 – 0,08	0,23
0,05 – 0,063	0,21
0,04 – 0,05	5,31
0,02 – 0,04	7,77
0,01 – 0,02	13,00
0,005 – 0,01	11,00
0,0 – 0,005	59,26
Итого	100,00

Плотность твердой фазы хвостовой пульпы определялась пикнометрическим методом и составила 2650 кг/м³. Содержание твердого определялось методом выпаривания и равнялось 4,15 %. Седиментационные исследования проводились в стеклянных цилиндрах с использованием флокулянтов фирмы «Кемира» (А137 и К 4832) и фирмы BASF (Magnaflock MF-1011, MF-338). Концентрация рабочего раствора составляла 0,005%. Содержание твердого в сгущенном продукте достигала 23,5 %. Расход флокулянтов изменялся в пределах от 164 до 902 г/т, оптимальный расход – 303 – 356 г/т. Наиболее эффективным по результатам испытаний оказался флокулянт MF 1011, который был рекомендован для промышленного употребления при условии подтверждения данных лабораторных исследований на пилотной установке непосредственно на хвостовой пульпе Демурина ГОКа. Полупромышленные испытания сгущаемости хвостовой пульпы на пилотной установке проведены в августе 2016 года на натурной пробе хвостов обогащения Демурина ГОКа. Пилотная установка высокопроизводительного сгустителя включает стакан диаметром 94 мм с конусным дефлектором, валом с граблинами и редукторным электродвигателем. Пилотная установка для проведения динамических испытаний. Хвостовая пульпа подавалась из хвостового трубопровода в усреднительную промежуточную емкость, оборудованную мешалкой, откуда посредством шлангового насоса пульпа перекачивалась в питающий стакан. Оптимальное содержание твердого в питании сгустителя – 1,57%. Скорость питающего насоса составляла 40 об/мин., что соответствует средней подаче по исходному продукту – 389 мл/мин. Рабочий раствор флокулянта подавался дозировочным насосом в питающий трубопровод до попадания материала в питающий стакан. Слой твердых осевших частиц постепенно нарастал, пока не достиг уровня нижней части питающего стакана. Шланговый насос был отрегулирован таким образом, чтобы удаление сгущенного продукта осуществлялось со скоростью, при которой процесс протекает в установившемся равновесном состоянии (рис. 2).



Рис. 1. Пілотна установка для проведення динамічних испытаній

Іменно в це время отбираються проби продуктів розділення, при цьому чистота слива наблюдалась як при використанні мутномера, так і візуально, в то время як содержание твердого в сгущенном продукте определялось только гравиметрически. В процесі полупромышленных испытаній сгущаемости хвостовой пульпы на пілотній установці використовувався флокулянт Магнафлок М-1011 при удельном расходе от 300 до 350 г/т. Удельная нагрузка составила 0,04-0,05 т/(м² час), при этом содержание твердого в сливе не превышало 150 мг/л, а в сгущенном продукте 32 %. Скорость восходящего потока равнялась 2,8 м/ч.

2. Технологический расчет и выбор сгустителя

Полученные результаты исследований стали основой для технологического расчета и выбора сгустителя, при этом заданной считалась его производительность по исходному продукту – 20 т/ч. Выбран был высокоскоростной сгуститель HRT-24, технические характеристики которого приведены в таблице 2. Сгуститель был изготовлен фирмой Tenova, станция приготовления и дозирования флокулянта поставлена фирмой Alebro, арматура и насосное оборудование – украинского производства. Весь проект реализован под ключ фирмой Engineering Dobersek GmbH.

Технические характеристики сгустителя HRT-24

Характеристики	Размерность	Численное значение
Производительность	т/ч	20
	м ³ /ч	550
Площадь осаждения	м ²	444
Диаметр чана	м	24
Удельная нагрузка	т/(м ² ·ч)	0,045
Скорость восходящего потока	м/ч	2,8
Частота вращения граблин	об/мин	0,13
Крутящий момент, макс.	Н·м	25230
Мощность электроприводов	кВт	2,2 + 15
Масса сгустителя с чаном	т	82
Габаритные размеры:		
– длина	мм	29 000
– высота	мм	10 00

3. Запуск в эксплуатацию высокоскоростного сгустителя HRT-24

Монтаж сгустителя завершился в ноябре 2018 года, а в декабре месяце был произведен пробный запуск сгустителя в режиме «сухого холостого хода». В период с 28 марта по 20 апреля 2019 года были проведены работы по наладке и запуску в эксплуатацию комплекса сгущения Демурина ГОКа с участием специалистов обогатительной фабрики, а также фирм Engineering Dobersek GmbH, Tenova и Alebro.

На первом этапе была осмотрена и запущена в эксплуатацию станция приготовления и дозирования флокулянта, который хранится в складе в мешках, каждый мешок массой 25 кг. Флокулянт анионоактивный Магнафлок MF 1011 представлял собой сыпучий порошок из тонкозернистых гранул, налипших и не загрязненных посторонними материалами. Флокулянт пневмотранспортом загружался в приемный бункер в автоматическом режиме и разбавлялся до базовой концентрации 0,2%. Вода для первичного разбавления отбиралась из скважин и подавалась вспомогательным насосом, оборудованного Заказчиком. Объем воды для первичного разбавления флокулянта составлял 3,5 м³. После созревания базового раствора в промежуточной емкости в течение 1 часа он перетекал в расходную емкость станции приготовления и дозирования раствора вместимостью 5 м³, откуда базовый раствор флокулянта поступал в систему дополнительного разбавления MixLine MX7, где он должен разбавляться до рабочей 0,05 – ной концентрации, для чего требовалось 10,5 м³ чистой воды. Насос подавал на разбавление фактически 6 м³ воды, поэтому фактическая концентрация рабочего раствора флокулянта в начальный период работы сгустителя составляла 0,0734%. После замены вспомогательного водяного насоса на более мощный по подаче (25 м³/час) и напору (50 м.вод.ст.) концентрация рабочего раствора соответствует заданной – 0,05%. При переходе на автоматический режим работы станции приготовления и дозирования флокулянта были устранены помехи, связанные с программным обеспечением, а именно с наличием

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

ем нескольких управляющих сигналов от датчика давления постели, датчика уровня постели, мутномера и датчика скорости оседания контролера флокуляционного процесса FC 500. Было принято решение: расход флокулянта регулировать контролером FC 500, который управляет работой станции приготовления и дозирования флокулянта в автоматическом режиме.

После приезда механика фирмы Tenova при участии бригады монтажников была проведена механическая наладка сгустителя: затянуты болтовые соединения, отрегулированы траверсы, выставлены зазоры и проверены их изменения в процессе «сухого холостого хода» гребкового устройства. Чан и сливной желоб сгустителя были очищены от строительного мусора, болтов, гаек, щепы, инструментов, электродов. Был запущен привод сгустителя и проверена работа гребкового устройства в режиме «сухого холостого хода». Граблины вращались по часовой стрелке со скоростью 0,13 об/мин. Контакта граблин с дном сгустителя не наблюдалось. Затем несколько раз осуществлялся подъем и опускание граблин, при этом выставлялся верхний и нижний концевые выключатели. Также была проверена смазка. После завершения работ по механической наладке сгуститель был заполнен чистой водой из пруда – отстойника (рис. 2).



Рис.2 Высокоскоростной сгуститель HRT-24 на Демурином ГОКе

После заполнения чана сгустителя было принято решение: первый запуск осуществить на глинистой пульпе с содержанием твердого 1,5-2,0%. 1 апреля 2019 года сгуститель запущен в эксплуатацию на глинистой суспензии. Производительность сгустителя – 400 м³/час. В процессе работы сгустителя отбирались пробы слива и сгущенного продукта, которые доставлялись в лабораторию ОФ, где определялось содержание твердого. Данные опробования продуктов сгущения в период времени с 15 до 23 часов 1 апреля 2019 года приведены в таблице 3.

Таблиця 3

Результаты опробования продуктов сгущения		
Дата отбора пробы	Содержание твердого, %	
2019 г.	слив	сгущенный продукт
17 ⁰⁰ 01.04.	0,0	11,1
20 ⁰⁰ 01.04.	0,0	28,0
22 ³⁰ 01.04.	0,0	35,0

Как видно из таблицы 3, намыв постели до номинального 28 % – ного уровня произошел в течение четырех часов вместо ожидаемых 48 часов, что объясняется наличием в питании сгустителя песчаной фракции, кварцевые зерна которой служили и центрами флокулообразования и одновременно ускорителями процесса осаждения сформировавшихся флокул. Величина крутящего момента в процессе эксплуатации сгустителя составляла 0,8-1,1 мПа, уровень постели не превышал 29%. В 23⁰⁰ сгуститель был остановлен после восьми часов непрерывной работы. Причина останова – необходимость уменьшить уровень масла в гидромоторах течь W64049087 и W64049070. После останова сгустителя и подъема граблин остановили станцию приготовления и дозирования флокулянта. После 3 часов работы первого насоса отключился частотный преобразователь, после чего перешли на откачку вторым центробежным насосом. Откачку производили до достижения уровня постели менее 25%.

В процессе первичного запуска были откалиброваны приборы контроля плотности сгущенного продукта, уровня и давления постели. 4 апреля в 14⁴⁵ сгуститель был запущен в эксплуатацию вторично. Во время работы сгустителя отбирались пробы продуктов разделения. Результаты опробования сведены в таблицу 4.

Таблиця 4

Результаты опробования продуктов сгущения		
Дата отбора пробы	Содержание твердого, %	
2019 г.	слив	сгущенный продукт
16 ⁰⁰ 04.04.	0,0	11,1
19 ⁰⁰ 04.04.	0,0	16,0
20 ¹⁵ 04.04.	2,5	35,0
22 ³⁰ 04.04.	2,5	33,0
2 ⁰⁰ 05.04.	2,5	26,0

4 апреля в 20¹⁵ слив сгустителя потерял прозрачность (содержание твердого в сливе – 2,5%) , при этом наблюдался резкий скачок в плотности сгущенного продукта и уровне постели, который стал приближаться к критическому уровню 31%. Сгуститель был перегружен по твердому и объему, о чем свидетельствовал избыточный перелив суспензии в сливной желоб, а также выброс исходной пульпы из вертикального стояка на питающей трубе. Содержание твердого в питании далеко не отвечало заданному уровню (2-4,5%). Произошло взмучивание намытой глинистой постели избыточным количеством зернистой фракции. В этих условиях уменьшили нагрузку по питанию, увеличили расход

флокулянта, но добиться восстановления осветленного слоя не удалось, поэтому сгущенный продукт был откачан и произведена перезагрузка сгустителя.

В последующем сгуститель перешел в установившееся равновесное состояние. При достижении равновесного состояния сгустителя слив был чистым (100-250 мг/л), а сгущенный продукт уплотнялся до 25-30% твердого. В процессе пуска – наладочных работ установлено, что оптимальное содержание твердого в питании составляет 2-4,5%, что достигалось за счет системы авто-разбавления исходного продукта.

Выводы

1. При работе сгустителя на глинистой пульпе при заданной нагрузке по объему и содержанию твердого, получаем чистый слив и сгущенный продукт с содержанием твердого 25-30%.

2. При переходе на работу с избыточной примесью зернистой фракции в условиях повышенного содержания твердого в питании сгустителя имеет место взмучивание намытой постели, что приводит к ухудшению качества слива.

3. Работа сгустителя технологически связана с работой водно – шламового комплекса, в частности с эффективностью разделения в дешламаторах и гидроциклонных установках.

© Кирнарский А.С., 2019

Надійшла до редколегії 03.09.2019 р.

Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим

УДК 622.794

<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.34295.85929>

А.Н. ВОРОНОВ,

А.Д. ПОЛУЛЯХ, д-р техн. наук

(Украина, Днепр, ОП «Укрниуглеобогащение» ГП «НТЦ «Углеинновация»)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННО-КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ДИСКОВЫХ ВАКУУМ-ФИЛЬТРОВ ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ УГОЛЬНОГО ФЛОТОКОНЦЕНТРАТА

Введение. На углеобогатительных фабриках обезвоживанию на дисковых вакуум-фильтрах подвергаются в основном легко фильтрующиеся суспензии флотационных концентратов. Твердая фаза таких суспензий представляет собой обогащенный тонкозернистый материал зольностью 6-18%.

Флотоконцентрат, плотность которого колеблется в пределах 1300-1500 кг/м³, является полидисперсным материалом со средним диаметром частиц 0,1-0,4 мм, содержащим 20-60% частиц крупностью меньше 0,05 мм и 5-10% больше 0,5 мм. Концентрация твердой фазы составляет 200-400 кг/м³.