

А. ДОБЕРСЕК, канд. техн. наук,

А.С. КИРНАРСКИЙ, д-р техн. наук

(Германия, фирма "Инжиниринг Доберсек ГмБХ"),

У. ШОТЕК

(Германия, фирма "Шотек ГмБХ")

ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ГИПСОВОЙ СУСПЕНЗИИ, ОБРАЗУЮЩЕЙСЯ ПРИ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

Образующийся при сжигании мазута диоксид серы во избежание загрязнения окружающей среды в районе курортного города Одесса удаляют из дымовых газов путем его орошения исходным известковым раствором в абсорбционных колоннах и последующим химическим образованием двухводного сульфата кальция или синтетического гипса, называемого ДДС-гипсом, который в виде суспензии поступает на обезвоживание. Обезвоживаемая гипсовая суспензия по результатам химического анализа на 95% состояла из гипса ($\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$) и на 3% из известняка (CaCO_3). Остальная часть приходилась на сульфат магния ($\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$), твердые инертные компоненты и органические примеси в виде сажи, смолы и несгоревшего масла. Наличие последних объясняется тем, что на выходе из топки для очистки горячих дымовых газов не предусмотрены циклоны и электрофилтры. Гранулометрический состав кристаллов гипса приведен в таблице 1.

Таблица 1

Гранулометрический состав твердой фазы гипсовой суспензии

Крупность, мкм	Выход, %	Крупность, мкм	Выход, %
250-315	0,2	30-40	9,1
125-250	6,7	20-30	7,3
100-125	5,9	10-20	8,3
63-100	24,3	5-10	6,6
50-63	12,5	2-5	4,8
40-50	9,9	0-2	4,4

Отработанный гипсовый раствор поступал из отделения десульфурации дымовых газов через 6-8 часов работы установки первой технологической линии в количестве 30 м^3 с концентрацией твердой фазы 118...165 г/л или 11,06...15,1%. Плотность гипса составляет $2,3 \text{ т/м}^3$. Два часа спустя такое же количество гипсовой суспензии поступало на обезвоживание со второй технологической линии. Практика эксплуатации аналогичных установок свидетельствует о том, что цикл насыщения циркулирующего в абсорбционных колоннах рабочего раствора может быть значительно меньше, например, три-четыре часа, при этом показателем "зрелости" гипсовой суспензии есть концентрация в ней водородных ионов. Обычно $\text{pH} < 5$, но не более 6. В противном случае возрастает содержание карбоната кальция CaCO_3 . В некоторые моменты содержание

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

известняка достигало 40% против 2...3% по норме, что и наблюдалось в процессе приемочных испытаний. Другим технологическим следствием превышения установленного уровня рН есть повышение содержания сульфита кальция. Учитывая эти специфические особенности технологического процесса, пришли к выводу о периодической работе оборудования обезвоживания отработанного раствора по мере его поступления из отделения десульфурации дымовых газов. Обезвоживание гипсовой суспензии происходило в две стадии: в гидроциклонах и на ленточном вакуум-фильтре (см. фотографию). На первой стадии имеет место предварительное сгущение суспензии, для чего применяются гидроциклоны диаметром 75 мм, технические характеристики которых представлены в таблице 2.

Таблица 2

Технические характеристики гидроциклонов малого диаметра		
Показатели	Единица измерения	Численное значение
Производительность	м ³ /час	10,0
Содержание твердого	%	13-15
Давление на входе	Бар	1,5
Диаметр гидроциклона	мм	75
Размеры питающего патрубка	мм	32×14
Диаметр сливной насадки	мм	27
Диаметр песковой насадки	мм	12
Удельная нагрузка на песковую насадку	т/(см ² ·час)	1,106
Материал		полиуретан

При работе двух гидроциклонов уплотнение гипсовой суспензии достигало 51,22% или 1050 г/л, при этом гранулометрический состав сгущенного продукта отличался значительным сокращением в нем по сравнению с исходным продуктом содержания тонких классов крупностью менее 10, 20 мкм, хотя эффективность гидроклассификации по указанным классам не превышала 10%, что объясняется работой гидроциклонов в режиме сгущения, а не классификации. Степень сгущения суспензии, вычисляемая как отношение содержания твердого в сгущенном и исходном продуктах гидроциклонирования, составила 8,9. Содержание твердого в сливе по данным опробования не превышало 35 г/л. Гранулометрический состав сгущенного продукта гидроциклонов представлен в таблице 3.

Таблица 3

Гранулометрический состав твердой фазы сгущенной гипсовой суспензии			
Крупность, мкм	Выход, %	Крупность, мкм	Выход, %
250-315	0,2	30-40	11,9
125-250	6,3	20-30	7,7
100-125	5,4	10-20	4,2
63-100	27,6	5-10	2,1
50-63	16,0	2-5	2,8
40-50	13,1	0-2	2,7

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Работа гидроциклонной установки протекала в автоматическом режиме с использованием системы "Conticlass[®]", обеспечивающей непрерывное, равномерное и однородное питание гидроциклонов и, как следствие, согласование гидравлических параметров центробежного насоса типа 3/2CY-АН фирмы WARMAN и сепарационных характеристик гидроциклонов диаметром 75 мм. Нагрузка на гидроциклонную установку в среднем составляла по твердому – 4,3 т/час, а по пульпе – 30 м³/час.

Технические данные указанного центробежного насоса сведены в табл. 4.

Таблица 4

Технические характеристики насоса 3/2CY-АН фирмы WARMAN

Показатели	Единица измерения	Численные значения
Подача	м ³ /час	30
Напор	м вод.ст.	41
Содержание твердого	%	13
Плотность суспензии	т/м ³	1,08
Производительность	т/час	4,30
Скорость в напорном трубопроводе	м/сек	2,51
Критическая скорость	м/сек	2,00
Частота вращения рабочего колеса насоса	об/мин	2075
Установочная мощность на валу электродвигателя	кВт	15,00
Частота вращения ротора электродвигателя	об/мин	2950
Рекомендуемое давление на входе в гидроциклоны	кПа	150

После сгущения гипсовой суспензии в гидроциклонах высокодисперсные твердые частицы переходят в слив, сюда же попадают органические компоненты типа сажи, масла и смолы, в то время как зернистая часть материала разгружается в составе сгущенного продукта через песковую насадку. В результате перехода тонких инертных частиц в состав сливного продукта имеет место изменение химического состава сгущенной гипсовой суспензии в сторону увеличения содержания полезной части твердой фазы раствора.

Эксплуатация ленточного вакуум-фильтра осуществлялась в периодическом режиме. При каждом пуске-остановке фильтра производилась промывка фильтровальной ткани в условиях холостого хода на чистой оборотной воде при пониженной глубине вакуума. Количество оборотной воды, подаваемой на промывку фильтровальной ткани, не превышает 4,0 м³/час. Условием эффективного обезвоживания на ленточном вакуум-фильтре есть достижение необходимой глубины вакуума порядка 0,7 атв и поддержания оптимальной скорости движения ленты. Скорость продольного перемещения фильтровального полотна составила в период испытаний 0,67 м/мин.

Технические характеристики ленточного вакуум-фильтра приведены в таблице 5.

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Таблиця 5

Технические характеристики ленточного вакуум-фильтра 12В060V

Показатели	Единица измерения	Численные значения
Производительность	м ³ /час	5,6
Содержание твердого в питании фильтра	%	51,00
Производительность	т/час	3,30
Скорость движения ленты	м/мин	0,5-6,00
Продолжительность цикла фильтрования суспензии	сек	60-180
Номинальная площадь фильтрования	м ²	6,3
Давление всасывания	мбар	0,3-0,35
Установочная мощность приводного электродвигателя	кВт	3,0
Расход воздуха при давлении 3 Бара	м ³ /час	2,00
Расход воды на промывку фильтровального полотна	м ³ /час	4,00
Расход воды на уплотнение фильтровального полотна	м ³ /час	0,60
Материал фильтроткани	нитрил-каучук	NBR

Общая производительность ленточного вакуум-фильтра в период приемочных испытаний определялась по уравнению массового расхода при условии, что насыпная плотность обезвоживаемого материала составляла 1,5 т/м³, скорость движения ленты – 40,2 м/час, а влажность кека – 10...15%. Высота слоя обезвоженного осадка на ленте фильтра замерялась вручную. По данным опробования высота обезвоженного гипса равнялась 38 мм. Удельная производительность фильтра в среднем составила при этом 0,52 т/(м²·час). Фильтрат ленточного вакуум-фильтра при содержании твердого не более 12 г/л из гидрозатвора насосом направляется в сборную емкость оборотной воды, которая в дальнейшем применяется для приготовления известкового раствора. Для предотвращения оседания гипсовых частиц в емкости оборотной воды установлена мешалка.

Атрибутом фильтровального агрегата есть вакуумная система, которая обеспечивает нужную глубину вакуума и конструктивно состоит из вакуум-насоса, ресивера, барометрической трубы, гидрозатвора и вспомогательного оборудования.

Получаемый гипсовый осадок разгружается скребковым конвейером в промежуточный бункер и далее отгружается в цех производства портландцемента.

Непременным условием надежной работы обезвоживающей установки есть осветление и сгущение хвостовой пульпы после гидроциклонирования и фильтрования гипсовой суспензии.

Слив гидроциклонов, содержащий основную часть инертных высокодисперсных частиц, направляются как на осветление с применением флокулянта, так и прямо в емкость оборотной воды. В качестве флокулянта применяется 0,1%-ый раствор анионоактивного полимера типа HENGEFLOC 6414, удельный расход которого составлял 17 г/т твердого вещества. При таком расходе флокулянта скорость осаждения частиц диспергированной твердой фазы равна 0,004 м/сек. Процесс осветления и сгущения протекал в радиальном сгустителе

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

діаметром 2,9 м и высотой 1,5 м при площади осаждения 5 м². Общий объем гипсовой суспензии, подаваемой на осветление в сгуститель, колебался в пределах 15...25 м³/час. При значительном загрязнении слива сгустителя уменьшали нагрузку по исходной суспензии и повышали расход флокулянта.



После сгущения шлам до 50%, они обезвоживались на ленточных вакуум – фильтрах при условии одновременной подачи на фильтр зернистой присадки в виде сгущенной гипсовой суспензии после гидроциклонов. Назначение такой зернистой присадки состоит в интенсификации обезвоживания высокодисперсного материала за счет формирования фильтрующего слоя на самой фильтроткани. В таком технологическом режиме в эксплуатации находился только один гидроциклон.

Удлиненная коническая часть сгустителя позволяла получать и пастообразные осадки при содержании твердого в них на уровне 65% и более. Такие сгущенные продукты являли собой устойчивые высоконцентрированные гели, которые не растекаются по фильтрующей поверхности и отдают воду даже при сгущении более 65%. Транспортирование такого пастообразного продукта затруднительно ввиду его налипания на поверхности конвейеров, а при попадании его в накопительный бункер возникает опасность забивания последних. В отличие от кека влажностью до 25% пастообразный сгущенный продукт на есть сухой осадок. Ввиду перечисленных причин сгущение осуществлялось только до 50...55% с последующим обезвоживанием на ленточном вакуум-фильтре с использованием зернистой присадки.

Удельная производительность ленточного вакуум-фильтра при обезвоживании шлам уменьшилась вдвое и равнялась 0,11 т/(м²·час).

Збагачення корисних копалин, 2010. – Вип. 43(84)

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Обезвоженный гипс складується в сборном бункере и может применяться при производстве портландцемента. Осветленная оборотная вода (слив радиального сгустителя) направляется самотеком в промежуточную буферную емкость вместимостью 50 м³. Слив предназначен для приготовления рабочего известкового раствора, подаваемого непосредственно в абсорбционные колонны. Для перекачки осветленного раствора из промежуточной емкости предусмотрены центробежные насосы.

Таким образом, в настоящей установке реализована водно-шламовая схема с неглубоким осветлением шламовых вод. В результате циркуляции сливов гидроциклонов и сгустителя имеет место переход системы в установившееся состояние с равновесным содержанием твердой фазы в оборотной воде.

Выводы

1. Гипсовая суспензия, получаемая при очистке дымовых газов мокрым известняковым методом, обезвоживается в две стадии: в гидроциклонах и на ленточном вакуум-фильтре.

2. Сгущенный продукт гидроциклонов имеет содержание твердого на уровне 51%, а влажность кека после ленточного вакуум-фильтра колеблется в пределах от 10 до 15%.

3. Удельная производительность ленточного вакуум-фильтра при обезвоживании зернистой части гипса составила 0,52 т/(м²·час).

4. Для обеспечения необходимой чистоты оборотной воды применяется водно-шламовая схема с неглубоким осветлением шламовых вод в высокоскоростном сгустителе диаметром 2,9 м.

© Доберсек А., Кирнарский А.С., Шотек У., 2010

*Надійшла до редколегії 12.10.2010 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*