

В.Г. МАМРЕНКО

(Україна, Дніпропетровськ, ДП "Укрндівуглезбагачення")

ОБРОБКА І ЗБАГАЧЕННЯ ВУГІЛЬНИХ ШЛАМІВ ПРИ ЗАМКНеноМУ ЦИКЛІ ОБІГОВОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Збагачення вугілля на сьогоднішній день на переважній більшості фабрик проводиться у мокрому середовищі, за винятком кількох схем з сухим відсівом низько зольної дрібноти. Рідинні відходи збагачення відправляються для складування у розташовані за межами промислової площадки фабрики мулонакопичувачі, для будівництва яких відчужуються землі природоохоронного і сільськогосподарського призначення. В останній час у мулонакопичувачі надходить до 5 млн т тонкозернистих і пилоподібних відходів щороку.

Зі зменшенням розміру збагачувальних часток знижується ефективність їх розділення на органічну і мінеральну складові, а пилоподібні частки здатні долати в'язкість середовища і розділятися або в статичних умовах, або в умовах дорогокоштуючих високоградієнтних чи флотаційних процесів. Високоградієнтні сепаратори (наприклад, MeGaSep) ще не досягли рівня, при якому можливе їх широке застосування, а використання флотації різко скоротилося як з технологічних, так і з економічних причин – збільшення в сировинній базі частки рядового вугілля з легкорозмокаючою породою, дороговизна як самого процесу флотації, так і послідувочої термічної сушки флотоконцентрату. В результаті цього вміст органічної маси у рідинних відходах досягає 25...40%, а самі мулонакопичувачі стають техногенними родовищами, які негативно впливають на екологічну обстановку в місцях розташування.

Попередній аналіз стану обробки вугільних шламів показав, що існують окремі, досить ефективні елементи технологій та обладнання для переробки шламових продуктів, але відсутня цілісна і закінчена концепція їх застосування. В технологічному плані недоліки полягають у відсутності оптимального розподілу шламу на машинні класи, низьку ефективність контролю крупності живлення флотації і недостатню ефективність флотації дуже тонких класів шламу, недостатньому застосуванні технологічних схем з замкнутим циклом обігового водопостачання. Отже ці технології потребують як нових технологічних вирішень, так і більш сучасного і ефективного обладнання.

З існуючого обладнання, яке може бути використане в перспективних технологіях обробки шламових продуктів і є конкурентоздатним треба відмітити вітчизняні: шламові центрифуги та інерційні грохоти, дугові сита, конусні грохоти, флотомашини, завантажувально-зневоднювальні пристрої; зарубіжні: гідросайзери, гвинтові сепаратори, камерні та стрічкові пресфільтри, гіпербаричні дискові фільтри, важкосередовищні гідроциклони.

В практиці переробки вугілля шламом називали продукт крупністю не більше 1 мм, отриманий в результаті мокрого збагачення вугілля [1]. Верхня гра-

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

ниця крупності шламу 1 мм до цього часу використовується для визначення гранулометричних характеристик на шахтах, але з появою флотації необхідно було визначити межу крупності ефективного збагачення вугілля методом відсадки і флотації. Ця крупність, як показали дослідження і практика роботи фабрик, дорівнює 0,5 мм, тому до шламу було віднесено зерна, крупність яких менша 0,5 мм.

У подальшому зі збільшенням у рядовому вугіллі вмісту дрібноти, в тому числі і шламової крупності, знизилася ефективність розділення дрібних класів методом відсадки у зв'язку з підвищенням в'язкості середовища розділення. Як показує аналіз роботи вуглезбагачувальних фабрик і результатів досліджень [2, 3], зольність відходів збагачення знижується починаючи з крупності 2 мм і менше, що свідчить про втрати легких фракцій з відходами. При задовільному стані ситових поверхонь зерна такої ж крупності циркулюють із потоками шламової води. Виходячи з цього можна зробити висновок, що в технологічних схемах збагачувальних фабрик присутній матеріал крупністю від 0 до 2 мм, який потребує спеціальної обробки і, при необхідності, збагачення.

Основними показниками, які характеризують шлами як продукт для подальшої обробки і збагачення, є гранулометричний і фракційний склад, ступінь окисленості.

Для оцінки шламу по крупності прийнято ступінь дисперсності a [1, 4], який можна відобразити з рівняння характерного параметра експоненти

$$\gamma = e^{ad}, \%, \quad (1)$$

де γ – вихід класу середньою крупністю d , визначається за гранулометричним складом шламу, %; a – ступінь дисперсності класу середньою крупністю d ; d – середній розмір крупності класу, який дорівнює

$$d = \frac{d_{нз} + d_{вз}}{2}, \text{ мкм}, \quad (2)$$

де $d_{нз}$, $d_{вз}$ – нижня і верхня границі крупності класу, мм.

Кожний клас крупності має свою дисперсність, тому ступінь дисперсності всього шламу можна визначити як середньо динамічну дисперсність всіх класів шламу

$$a = \frac{\gamma_1 a_1 + \gamma_2 a_2 + \dots + \gamma_n a_n}{100}, \quad (3)$$

де $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ – вихід класів шламу по крупності, %; a_1, a_2, \dots, a_n – ступінь дисперсності кожного класу крупності, яка з рівняння (1) дорівнює

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

$$a_1 = \frac{\ln 100}{d_1}; a_2 = \frac{\ln 100}{d_2}; \dots, a_n = \frac{\ln 100}{d_n}, \quad (4)$$

де d_1, d_2, \dots, d_n – середній розмір крупності кожного класу, мкм.

Загальна ступінь дисперсності шламових продуктів a у будь-якій точці водно-шламової схеми підраховується за даними гранулометричного складу по формулі (3).

Як видно з формули (4), чим менший розмір часток шламу, тим вище значення показника a , тим дисперсніший шлам, і навпаки, зі збільшенням розміру часток дисперсність знижується. Використання показника ступеня дисперсності для оцінки шламу дозволяє більш точно характеризувати шлам, як матеріал для класифікації, збагачення, зневоднення. Очевидно, що чим більш тонкий по гранулометричному складу шлам, тим важча його обробка і збагачення.

Фракційний склад шламових продуктів являється основним показником характеристик шламу, так як він визначає якісно-кількісні показники збагачення. Особливо це стосується вмісту промпродуктових фракцій – чим більший їх вміст, тим більше засмічення ними концентрату та відходів. Виділення ж промпродукту як товарного зв'язане з труднощами його реалізації.

Ступінь окисленості вугілля впливає на флотованість шламу цього вугілля. Окислення вугілля відбувається переважно в умовах родовищ і при довгому транспортуванні та зберіганні на складах. В меншій мірі окислення відбувається і при контакті шламу з розчиненим в технологічній воді киснем. Установлено [5], що чим "свіжіший" шлам, тим більшу флотаційну активність він має. Тому виділення основної кількості шламу і направлення його на збагачення флотацією повинно відбуватися на початку технологічного процесу. Вилучення горючої маси в концентрат при флотації сильно окисленого вугілля, навіть при значних витратах реагентів і тривалій флотації, значно знижується.

На вирішення проблем більш повного виділення органічної маси в товарні продукти і покращення екологічної обстановки в місцях розташування вуглепереробних підприємств направлена робота по розробці технології обробки і збагачення вугільних шламів з замиканням циклу обігового водопостачання, яка виконувалася у 2009-2010 роках інститутом "Укрндівуглезбагачення" за завданням Міністерства вугільної промисловості України.

Запропонована технологія у відповідності з галузевим стандартом СОУ 10.1.-00185755-004-2006 "Типовий технологічний регламент вуглезбагачувального підприємства" складається з наступних основних процесів: підготовка машинних класів з первинного шламу; збагачення окремими машинними класами крупнозернистого, дрібнозернистого і тонкозернистого шламу; обробка крупнозернистого вторинного шламу; освітлення обігової води.

Підготовка машинних класів проходить в межах крупності від 0 до 2 мм. Кількість машинних класів визначається з можливості якомога більшого розвантаження дорогокоштуючого процесу флотації, цільового призначення продуктів збагачення, застосованого для збагачення апаратурного оснащення.

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Зниження навантаження на флотацію можливе за рахунок зменшення верхньої межі крупності. Як відомо [1] частки крупністю 60-150 мкм (в середньому 100 мкм) неспроможні в гідродинамічних потоках подолати в'язкість середовища і не збагачуються гравітаційними процесами, єдиним процесом для збагачення вугілля такої крупності є флотація. В той же час для ефективного зневоднення флотоконцентрату фільтруванням, у ньому повинен бути присутній зернистий матеріал, крупніший за флотований в 3 рази [6]. Таким чином флотації підлягає машинний клас крупністю 300 мкм (0,3 мм) і менше – тонкозернистий і пиловидний шлам.

Шлам у границях крупності від 0,3 до 2 мм збагачується одним або кількома машинними класами в залежності від збагачуваності вугілля і вимог до якості товарної продукції.

Для виробництва енергетичного концентрату, засмічення якого сторонніми фракціями допускається більшим, ніж коксівного, достатньо видалення важких фракцій у межах одного машинного класу – 0,3-2 мм. Основним критерієм якості збагаченого енергетичного шламу є його зольність, яка за розробленим ДП "Укрндівуглезбагачення" у 2010 р. і затвердженим Міністерством вугільної промисловості "Технічним завданням на технологію обробки та збагачення вугільних шламів з замиканням циклу обігового водопостачання" ТЗ 24050910030-2010 не повинна перевищувати 23% для енергетичних марок вугілля і 25% – для антрацитів.

Для коксівного вугілля зольність збагаченого в флотомашинах шламу (пінного продукту) в середньому досягає 15%, зольність класу менше 2 мм в концентраті відсаджувальних машин – 20%. При зневодненні цих продуктів перед додаванням до загального концентрату їх зольність знижується до 8...12% і 16...18% відповідно. Сумарна зольність шламу (включаючи флотоконцентрат), який додається до загального коксівного концентрату, дорівнює 12...15% і залежить від зольності концентрату важких середовищ і відсаджувальних машин – чим нижча зольність цих концентратів, тим вищою може бути сумарна зольність шламу при умові дотримання норм якості товарної продукції.

У загальному випадку частки концентрату гравітаційних процесів і доданого шламу (включаючи флотоконцентрат) в товарному концентраті повинні відповідати співвідношенню:

$$100A_{нтк}^d \leq \gamma_{кз} \cdot A_{кз}^d + \gamma_{ш} \cdot A_{ш}^d, \% \quad (5)$$

де $A_{нтк}^d$ – нормативна зольність товарного концентрату, заданий показник, %; $\gamma_{кз}$, $\gamma_{ш}$ – частка концентрату гравітації і доданого шламу в товарному концентраті, %; $A_{кз}^d$, $A_{ш}^d$ – зольність концентрату гравітації і доданого шламу, %, або

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

$$A_{нтк}^d \leq 0,01(\gamma_{кз} \cdot A_{кз}^d + \gamma_{ш} \cdot A_{ш}^d), \% \quad (6)$$

Якщо зольність шламу перевищує вказані межі якості, він підлягає збагаченню. У більшості випадків обробки первинного шламу без застосування процесу збагачення виникають труднощі при добавлянні його до загального коксівного концентрату саме через високу зольність.

При виробництві коксівного концентрату діють більш жорсткі норми по зольності. Зі зниженням крупності вугілля знижується ефективність його розділення на концентрат і відходи у зв'язку зі зростанням впливу в'язкості середовища – водовугільної суспензії на більш дрібні зерна.

Для посилення контрасту фактора розділення – густини зерен, доцільно вести збагачення шламу з меншим співвідношенням границь машинних класів [7]. Для шламу крупністю 0,3-2 мм утворення двох машинних класів доцільне з наступних висновків: для більш крупних зерен, для яких в'язкість середовища має менше значення, використовується протипотокова гідрокласифікація у чистій технічній воді; для дрібнозернистого шламу використовується розділення на криволінійних (гвинтових) похилих поверхнях, де до сили тяжіння додаються додаткові сили, які інтенсифікують процес розділення, – відцентрова сила, сила тертя зерен з робочою поверхнею.

Границі крупності машинного класу крупнозернистого шламу для протипотокової гідрокласифікації визначаються за фактичними кінцевими швидкостями падіння в воді зерен вугілля і породи [8], які вибірково наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Кінцеві фактичні швидкості падіння в воді зерен вугілля і породи (вибірково)		
Розмір зерен, мм	Кінцева швидкість, см/с, для	
	вугілля	породи
0,3	1,05	2,30
0,75	2,51	5,65
2,0	5,51	10,20

З таблиці 1 видно, що вугільні зерна верхньої крупності шламу – 2 мм осідають зі швидкістю $V_g = 5,51$ см/с. При швидкості висхідних потоків в гідрокласифікаторі V_o , яка дорівнює швидкості осідання

$$V_o = V_g \quad (7)$$

зерна верхньої крупності знаходяться в завислому стані. При підвищенні швидкості висхідних потоків вугільні зерна крупністю 2 мм і менше виносяться в злив. Підвищення швидкості висхідних потоків V_o здійснюється до величини, яка не перевищує швидкість осідання породних зерен V_n . За цією швидкістю визначається нижня крупність зерен породи, осідаючих при виносі вугільних зерен верхньої крупності в злив. Підвищення швидкості висхідних потоків на

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

0,10-0,12 до 5,64 см/с не перешкоджатиме осіданню зерен породи крупністю 0,75 мм, швидкість осідання яких 5,65 см/с.

Виходячи з цього діапазон крупності машинного класу крупнозернистого шламу складає 0,75-2 мм, машинного класу дрібнозернистого шламу – 0,3-0,75 мм, машинного класу тонкозернистого шламу – 0-0,3 мм.

Збагачення машинного класу крупнозернистого шламу здійснюється в гідросайзерах – протипотокових гідрокласифікаторах, у висхідних потоках технічної води. Видаток води складає в середньому 1,5 м³/т вихідного шламу. Якість продуктів задається автоматично і регулюється за допомогою датчиків, розміщених в зоні накопичення відходів. При досягненні відходами заданої густини датчик подає сигнал на їх видалення з гідросайзера автоматичним розвантажувачем. Легкі фракції висхідними потоками технічної води виносяться в злив.

Збагачення машинного класу дрібнозернистого шламу здійснюється в гвинтових сепараторах при самоплинному переміщенні його від завантажувального до розвантажувального пристроїв. В результаті дії гравітаційної і відцентрової сил зерна шламу розшаровуються по висоті потоку – у верхніх шарах концентруються легкі зерна з водою, у нижніх – важкі високозольні зерна, які гальмуються силою тертя з дном жолоба і переміщуються в поперечному його перетині в напрямку вісі гвинтового сепаратора.

Легкі низькозольні зерна під дією відцентрової сили з водою переміщуються до зовнішнього борту жолоба, в результаті чого зольність в поперечному перетині жолоба зростає від зовнішнього борту в напрямку вісі сепаратора.

Розвантажувальний пристрій оснащений відсікачами з можливістю виділення трьох продуктів: концентрату, промпродукту і відходів, але у зв'язку з малим попитом на промпродукт (доля в балансі продуктів вуглезбагачення складає 0,3%), його випуск є малорентабельним і він розподіляється між концентратом і відходами.

Густина розділення в гідросайзерах і гвинтових сепараторах складає:

- для шламу коксівного вугілля 1400-1500 кг/м³;
- для шламу енергетичного вугілля 1800-1850 кг/м³;
- для антрацитового шламу 1900-1950 кг/м³.

Зневоднення концентрату гідросайзерів і гвинтових сепараторів здійснюється сумісно операціями скиду води (згущення), попереднього зневоднення на рухомих ситових поверхнях, кінцевого зневоднення центрифугуванням до вологості, яка дає можливість добавляти його загальний концентрат без термічної сушки. За вимогами ТЗ 24050910030-2010 вологість зневодненого концентрату не повинна перевищувати 12%.

Зневоднення відходів здійснюється також сумісно до вологості не більше 22%, що дає можливість транспортувати їх на породний відвал разом з відходами збагачення фабрики.

Обробка крупнозернистого вторинного шламу технологічної обігової води, яка пройшла через збагачувальне і зневоднююче концентрат обладнання, поля-

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

гає в його вилучені в процесі гідрокласифікації по розміру граничного зерна розділення 0,3 мм, попереднього і кінцевого зневоднення. У більшості випадків вторинний шлам після кінцевого зневоднення має зольність, яка задовольняє співвідношення (6), тому немає необхідності направляти на повторне збагачення, перевантажуючи збагачувальне обладнання – гідросайзери, гвинтові сепаратори і флотомашины.

Запропонована уніфікована технологічна схема дозволяє вести обробку і первинного, і вторинного шламу без збагачення, якщо в цьому немає потреби, а також передбачає збагачення вторинного шламу, якщо його зольність перевищує нормативну. Схема ланцюга апаратів (рисунок) передбачає блочну компоновку обладнання: батареї гідрокласифікаторів для підготовки машинних класів і класифікації вторинного шламу; збагачувальні відділення гравітації і флоатації; зневоднювальні дільниці для концентрату і відходів з паралельними технологічними трактами з можливістю їх використання для переробки первинного і вторинного шламу разом і окремо.

Збагачення машинного класу тонкозернистого шламу здійснюється методом флоатації по відмінності в змочуваності поверхонь органічних і мінеральних зерен з використанням реагентів – спінювача і збирача. Норми видатку реагентів приведено в табл. 2.

Таблиця 2

Видаток реагентів при флоатації вугільних шламів

Марка вугілля	Витрати реагентів, г/т					
	Спінювач				Збирач	
	масло ПОД	Т-66	КЕТГОЛ	композиційний реагент	дизпаливо	ТС-1
Г	120	80	40	40	480	
Ж	200	100	100	100		1100
К	180	120	60	60		850
А	200	100	100	100	720	

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

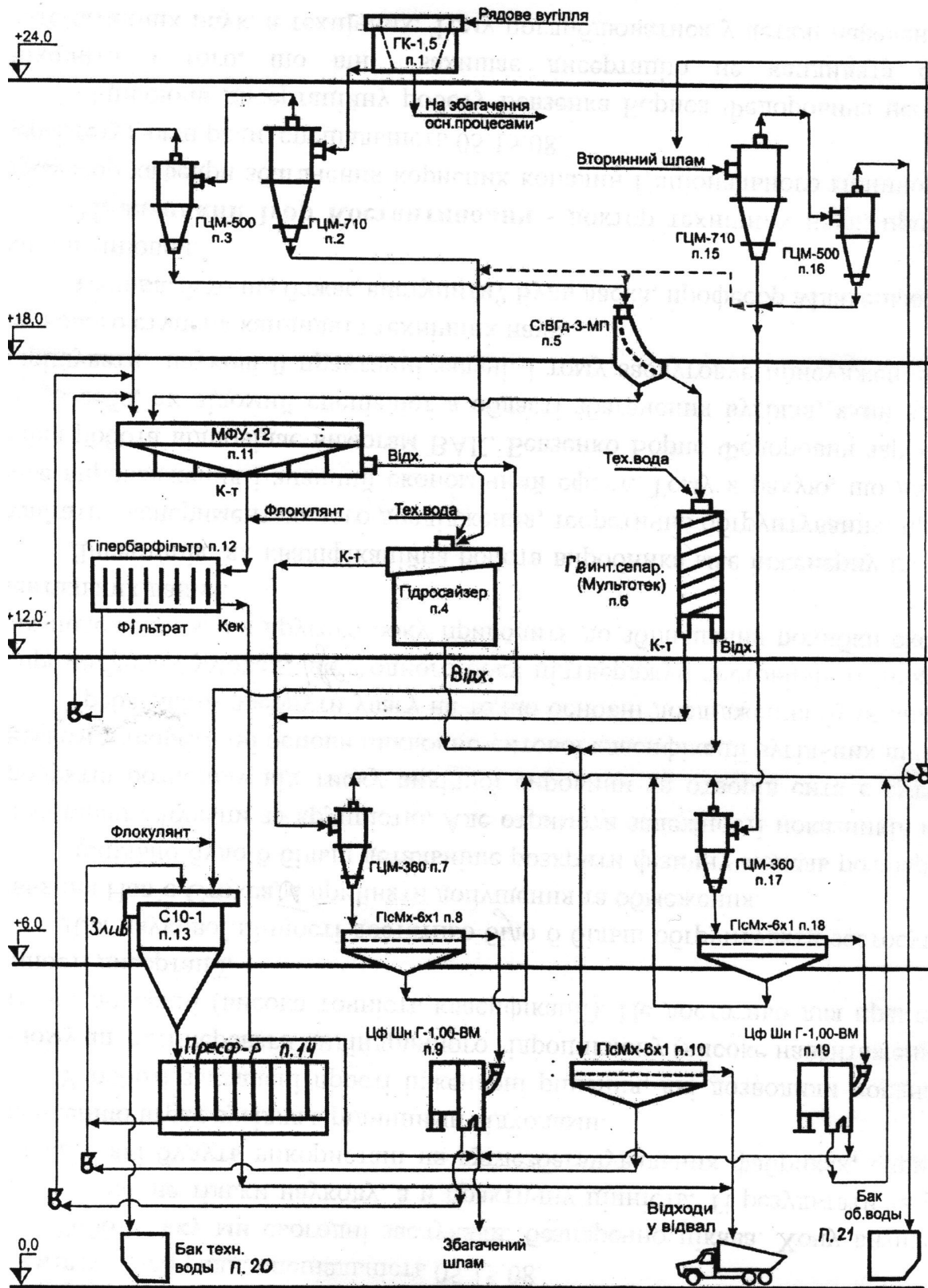


Схема ланцюга обладнання технології обробки і збагачення вугільних шламів з замиканням циклу обігового водопостачання

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Вміст твердої фази в живленні флотації враховуючи її високу дисперсність, знаходиться в межах від 80 до 120 кг/м³.

Зневоднення флоатоконцентрату відбувається на дискових фільтрах під дією надлишкового тиску до вологості 15...20%, що дає можливість додавати кек без термічної сушки до загального концентрату 0-100 мм без порушення норм якості по вологості.

Зневоднення відходів флотації здійснюється операціями їх згущення з використанням флокулянта, видаток якого складає 20-50 г/т твердого, і послідовного пресування згущеного продукту до вологості 20%, що дає можливість транспортування зневоднених відходів флотації на породний відвал разом з загальними відходами збагачувальної фабрики.

Згущення відходів флотації здійснюється у вертикальних згущувачах, де під дією флокулянта утворюється освітлений, без вмісту твердого, шар води, яка направляється в злив і використовується в якості технічної.

Операції згущення рідинних відходів і отримання при цьому чистого зливу, який використовується в якості технічної води, і зневоднення відходів флотації до транспортабельного механічними засобами стану забезпечують замикання циклу обігового водопостачання в межах будівель збагачувальної фабрики, виключити з експлуатації мулонакопичувачі. Використання операції пресування забезпечує високу надійність отримання тонких відходів збагачення в твердому вигляді. Надійність базується на автономному принципі роботи пресувального відділення, що виключає вплив коливань вихідного навантаження і показників роботи технологічного обладнання фабрики.

Апаратне оснащення технологічної схеми визначалося з врахуванням наявних технологічних операцій, а також виходячи з як можна більшого використання обладнання вітчизняних виробників, його уніфікації на різних технологічних операціях, високої питомої продуктивності, забезпечення роботи водно-шламової схеми без використання зовнішніх гідропоруд.

Виділення рядового шламу відбувається при дешламації живлення відсаджувальних машин в конусних грохотах типу ГК (КЦГД) під дією відцентрової сили, як інтенсифікуючого фактора.

Класифікація рядового шламу на машинні класи і вторинного шламу при його виділенні з обігової води здійснюється в гідроциклонах ГЦМ-710, ГЦМ-500 і ГЦМ-360.

Збагачення крупнозернистого шламу в діапазоні 0,75-2 мм проходить в гідросайзерах Floatex, дрібнозернистого шламу 0,3-0,75 мм на гвинтових сепараторах Мультитек. Перед збагаченням дрібнозернистий шлам підлягає обов'язковому знемулюванню за розміром граничного зерна розділення 0,3 мм на вібраційних дугових ситах СтВГд-3,0-МП.

Спільне зневоднення концентрату гідросайзерів і гвинтових сепараторів здійснюється послідовно згущенням і скидом води в гідроциклонах малого діаметру ГЦМ-360, попереднього зневоднення на вібродинамічних високочастотних грохотах ГІсМх-6×1, кінцевого зневоднення в шламових центрифугах

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

ЦфШнГ-1,00-ВМ або в осаджувально-фільтруючих центрифугах ОГШ-461Л, – 751Л, ЦОФШГ-0,9×2,4 з шнековим розвантаженням осаду.

Для зневоднення відходів гідросайзерів і гвинтових сепараторів використовуються високочастотні грохоти ГІсМх-6×1.

Збагачення тонкозернистого шламу крупністю 0-0,3 мм здійснюється в механічних флотомашинах МФУ-12 з двошаровою по висоті камери аерацією пульпи. Зневоднення флотоконцентрату проходить в гіпербаричних фільтрах Andritz HBF-S-96/8-2L з видатком флокулянта 80-100 г/т твердого в пінному продукті.

Відходи флотації згущуються в згущувачах С10-1 з осадоущільнювачем в безперервному режимі з отриманням чистого зливу і згущених до щільності не менше 400 кг/м³ тонких відходів. Згущені відходи зневоднюються в камерних пресфільтрах PF-ROW-1/570.

Висновки

1. Запропонована технологія передбачає роздільну обробку первинного родового і вторинного частково збагаченого шламу, але при необхідності зниження зольності на збагачення подається і вторинний шлам.

2. Верхня границя крупності шламу, який необхідно видалять з живлення відсаджувальних машин, складає 2 мм.

3. Для підвищення ефективності розділення з шламу крупністю від 0 до 2 мм утворюється кілька машинних класів: при збагаченні шламу енергетичного вугілля і антрацитового найменша кількість машинних класів – два, при збагаченні шламу коксівного вугілля – три, в тому числі в обох випадках збагачення машинного класу тонкозернистого шламу 0-0,3 мм методом флотації.

4. Отриманий при збагаченні вузькими діапазонами крупності низькозольний шлам зневоднюється на високоефективному обладнанні – шламових горизонтальних і осаджувально-фільтруючих центрифугах, дискових гіпербарфільтрах. Низькозольні фугати центрифуг направляються разом з флотоконцентратом в живлення гіпербарфільтрів, що забезпечує найбільш повне уловлення шламу і значне зниження циркулюючих навантажень.

5. Зневоднення тонких відходів операціями їх згущення і пресування дає можливість отримати при згущенні чистий злив, який використовується у якості технічної води, і зневоднені тонкі відходи у твердому вигляді з можливістю їх транспортування з крупними відходами на породний відвал.

6. Можливість автономної роботи відділення зневоднення тонких відходів, що виключає вплив коливань вихідного навантаження і показників роботи технологічного обладнання фабрики, а також використання для зневоднення пресфільтрів забезпечують високу надійність роботи фабрики з замкнутим циклом обігового водопостачання.

Список літератури

1. **Фоменко Т.Г., Бутовецкий В.С., Погарцева Е.М.** Водно-шламовое хозяйство углеобогатительных фабрик. – М.: Недра, 1974. – 270 с.

Збагачення корисних копалин, 2011. – Вип. 44(85)

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

2. **Кирнарский А.С., Артемов С.В., Гаевой В.В.** Мокрая винтовая сепарация зернистого угольного шлама // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 1998. – Вип. 2(43). – С. 70-73.

3. Выполнить анализ работы технологической схемы УПЦ-1 ОАО Авдеевский КХЗ: звіт по НДР під кер. Мамренко В.Г. – Луганськ: ДП "Укрндівуглезбагачення", 2009. – 40 с.

4. **Андреев С.Е., Товаров В.В., Перов В.А.** Закономерности измельчения и исчисления характеристик гранулометрического состава. – М.: Metallurgizdat, 1959. – 185 с.

5. **Фоменко Т.Г., Бутовецкий В.С., Погарцева Е.М.** Технология обогащения углей. – М.: Недра, 1976. – 299 с.

6. **Клешнин А.А., Кейтельгиссер И.Н., Рабинович Ю.М.** Наладка, регулировка и эксплуатация фильтровальных отделений углеобогатительных фабрик. – М.: Недра, 1985. – 135 с.

7. **Полулях А.Д.** Обогащение рядового угля пятью машинными классами // Уголь Украины. – 1999. – № 5. – С. 49-50.

8. **Фоменко Т.Г.** Гравитационные процессы обогащения полезных ископаемых. – М.: Недра, 1966. – 332 с.

© Мамренко В.Г., 2011

*Надійшла до редколегії 27.02.2011 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом*