

Разработана структура и математическая модель мехатронной системы подачи стреловидного исполнительного органа проходческого комбайна, которая представлена 3-мя взаимоувязанными подсистемами (механизма перемещения исполнительного органа, гидропривода и адаптивного управления), реализация которой позволяет совместить во времени два режима обработки забоя (зарубку и боковой рез).

Список литературы

1. Характеристика угольного потенциала Украины. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://industryall.biz/article/promyshlennost/105/ukraines-coal-industry> - Опубликовано 30.11.2011 г.
2. **Шабаев О.Е., Семенченко А.К., Хиценко Н.В.** Адаптивная оптимизация цикла обработки и параметров режима разрушения забоя проходческим комбайном избирательного действия по критерию темпа проходки // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Междунар. сб. научных трудов, Вып. 39. – Донецк, 2010. - С.210-219.
3. **Шабаев О.Е., Семенченко А.К., Хиценко Н.В.** Адаптивная оптимизация цикла обработки и параметров режима разрушения забоя проходческим комбайном избирательного действия по критерию ресурса // Науковий вісник Національного гірничого університету. № 6, 2010.- С. 36-42.
4. **Шабаев О.Е., Семенченко А.К., Степаненко Е.Ю., Хиценко Н.В.** Оценка эффективности проходческого комбайна с интеллектуальной системой "управление-подача" исполнительного органа. - Вісті Донецького гірничого інституту: Всеукраїнський науково-технічний журнал гірничого профілю, №1, 2009. - С. 207-218.
5. **Шабаев О.Е., Семенченко А.К., Хиценко Н.В., Степаненко Е.Ю.** Мехатронная система подачи исполнительного органа проходческого комбайна с интеллектуальным модулем воспроизведения контура выработки. - Проблеми експлуатації обладнання шахтних стаціонарних установок: Збірник наукових праць. - Донецьк: ВАТ "НДІГМ імені М.М. Федорова", 2008-2009. - Вип. 102-103. - С. 404-414.
6. **Шабаев О.Е., Семенченко А.К., Хиценко Н.В., Семенченко Д.А., Степаненко Е.Ю.** Повышение ресурса проходческих комбайнов с аксиальными коронками на основе регулятора нагрузки в системе подачи исполнительного органа. - Наукові праці Донецького національного технічного університету, Вип. 16 (142), Серія: Гірничо-електромеханічна, Донецьк, 2008. - С. 265-274.
Рукопись поступила в редакцию 25.03.12

УДК 622.733:622.774913.1: 622.765

ОЛІЙНИК Т.А., д-р техн. наук, проф., КРАСУЛЯ О.В., магістрант
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБАГАЧЕННЯ КАОЛІНОВОЇ СИРОВИНИ УКРАЇНИ

Проведено дослідження та опрацьовано наукові результати з підготовки каолінової сировини до збагачення, і флотажного збагачення кварцового продукту. Розроблена технологічна схема комплексного збагачення каолінової сировини України з отриманням концентратів товарної якості.

Проблема та її зв'язок з науковим і практичним завданням. Україна володіє найбільшими запасами каолінів серед країн СНД (70% запасів і 80% здобичі) та являється однією з провідних країн світу за обсягами виробництва каоліну, але через відсутність підприємств з сучасною технологією збагачення сировини, продає каоліни низької якості за середньою ціною біля 40 дол. США.

Державним балансом запасів України в даний час враховуються ресурси 35 родовищ. З них розробляються 27 родовищ, а на 8 здобич тимчасово припинена. Всього в Україні запаси каолінів всіх типів складають біля 1100 млн т. За типами і підтипами вони розподіляються так: первинний каолін, який утворюється в результаті хімічного вивітрювання польвошпатово-слюдяних порід (гранітів, гнейсів, сланців.) та містить значну домішку кварцу й інших мінералів (до 60-65 %): основний, - 933 млн т; лужний - 91 млн т і вторинний каолін (каолінові глини) продукт перевідкладення (природного збагачення) первинних каолінів, що складаються майже цілком з каолініту з невеликою домішкою кварцу й інших мінералів - 76 млн т. Отже більше 1 млрд т каолінової сировини потрібно піддавати збагаченню [1].

Одним із шляхів вирішення проблем, що зв'язані з отриманням високоякісного каолінового концентрату є розробка комплексної технології збагачення каолінової сировини, яка базується на якісному методі підготовки сировини до збагачення, та застосуванні високоселективного методу переробки, що дозволить отримати товарні каолінові, кварцові та польвошпатові концентрати.

Аналіз досліджень і публікацій. У більшості випадків каолін піддається збагаченню на фабриках, зазвичай розташованих поблизу родовищ каоліну. Якісні показники каолінових концентратів визначаються вмістом кварцу та домішками чорних металів. Проблематичним є вилучення оксидів заліза та титану, за рахунок їх малого вмісту, а також розділення каоліну та кварцу в зв'язку з їх близькими властивостями. Збагачений каолін за вимогами промисловості повинен містити не більше 0,3-1,0 % оксидів заліза і титану (залежно від сорту) і бути вільним від піску та інших домішок, особливо розчинних у воді і слабких кислотах.

Як показав аналіз літературних джерел, існує багато відомих способів переробки каолінової сировини. У світовій практиці застосовуються як мокрі, так і сухі способи збагачення. Проте переважаючим залишається мокрий спосіб збагачення. У більшості випадків збагачення каолінової сировини складається у відділенні методом класифікації в повітряному або водному середовищі тонкодисперсних частинок каолініту і гідрослюд розміром менше 0,056 мм від більш великих зерен кварцу, польових шпатів, слюди і інших мінералів, які утримуються в каолінітовій породі [2].

Принципова схема збагачення каолінової сировини включає дезинтеграцію вихідної сировини, грубу класифікацію для видалення зернистих абразивних частинок, а після повторної класифікації (фракціонування) - тонких абразивних частинок. Для відбілювання використовують сильні реагенти-відновники, наприклад гідросульфат цинку, а при наявності анафаза - проводять ультрафлотацію з реагентами, придатними для видалення вапняку (сода, жирні кислоти, аполярне масло). Кінцеві операції включають зневоднення, сушіння і упаковку продукції.

Очищена від піску каолінова суспензія із вмістом води 75-85 % (за вагою) після добавки коагулянту (1-2 % розчину вапняного молока або хлористого кальцію) зневоднюється на фільтрпресах. Отримані тут так звані каолінові коржі із вмістом вологи 32-35% висушуються в тунельних сушарках або сушильних барабанах.

Суттєвим досягненням в розвиток техніки мокрого збагачення каоліну стало використання стабілізаторів, CaCl_2 розчини дає можливість різко знизити в'язкість каолінової суспензії і успішно працювати з більш концентрованими суспензіями [2].

Повітряне збагачення каоліну здійснюється шляхом виборчого подрібнення каолінової породи. У дробарках і млинах ударного дії і подальшої повітряної класифікації подрібненої породи в сепараторах різного типу.

При сухому методі збагачення подрібнений на валковій дробарці сирець поступає в барабанну сушарку, де висушується до 1-2% вологи, після чого розпушується у відцентровому млині. За допомогою вентилятора в млині створюється повітряний потік, що захоплює каолін і дрібні домішки та направляє їх в спеціальній трубі до повітряного сепаратора. Крупні домішки механічно видаляються з млина. У повітряному сепараторові частинки діаметром більше 0,06 мм осідають і поступають знов у відцентровий млин, а дрібний каолін виноситься повітряним потоком до другого сепаратора, де відбувається виділення дрібних домішок, які ще залишилися. Звільнений від домішок каолін поступає в циклони, де осідає і поступає в мішкотару.

Сухий спосіб збагачення каоліну забезпечує вилучення 80-82% цінних фракцій з сирого каоліну. Його доцільно використовувати при збагаченні каолінів, що містять грубозернисті домішки розміром більше 0,06-0,08 мм. Сухий спосіб збагачення каолінів простіше мокрого, проте якість каоліну, збагаченого цим методом, знижується за рахунок видалення найбільш цінної тонкої фракції, яку не вдається уловити при повітряній класифікації, що погіршує пластичність і здатність каоліну пов'язувати. До недоліків також слід віднести неоднорідність властивостей збагаченого каоліну, що подовжує процес змішування його при приготуванні маси на заводах [3].

Постановка завдання. Для розробки технології збагачення первинного каоліну польовошпатової сировини України необхідно вивчити речовинний склад сировини одного з найбільш характерних для цього типу родовищ; проаналізувати технологічні властивості каолінових глин; провести лабораторні дослідження.

Викладення матеріалу та результати. Для досягнення поставленої мети були проведені мінералогічний та гранулометричний аналізи вихідної сировини.

Ситова характеристика вихідного матеріалу (рис. 1) підпорядковується степеневому рівнянню крупності (достовірність апроксимації 0,9389)

$$y = 87,666e^{-2,561x}$$

де y - сумарний вихід за «+», %; x - розмір класу, мм

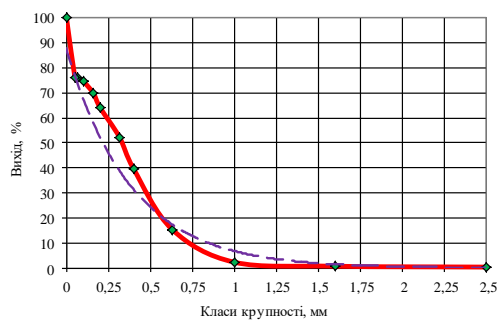


Рис.1. Сумарна ситова характеристика вихідної сировини

подрібнення.

Відмучування каолінів і глин, процес очищення їх шляхом дезинтеграції водою від механічних домішок, що складаються переважно з піску, слюди, польового шпату, а також (у глинах) частини вапняку і сірчаного колчедану (піриту). Відмучування засноване на відсортуванні різних фракцій продукту за величиною зерна і практично ведеться до отримання мінімального залишку на стандартних металевих ситах з довжиною отворів 0,06 мм. При відмучуванні глини застосовують електроліти. Електроліти у відомих концентраціях сприяють пептизації глини і стійкості суспензії. Вибирається щільність суспензії повинна забезпечувати максимальне випадання піску і мінімальну втрату каоліну.

При дослідженнях в лабораторії було застосовано електроліти NaOH та рідке скло. Для відмучування застосовувалась центрифуга, оскільки було встановлено, що при діаметрі центрифуги 20 см яка робить 50 об/с, у 1000 разів збільшує швидкість відділення піску в порівнянні з осадженням під впливом своєї ваги. Також встановлено, що в крупному класі +0,6 мм накопичується основна маса кварцових, каолінових, глинисто-дисперсногематитових і глинисто-дисперсногетитових стяжін і агрегатів оксидів і гідрооксидів марганцю.

Використовуючи при класифікації сита з крупністю чарунок 0,6 і 0,05 мм, були отримані кварц-польовошпатовий продукт (фракція -0,315 +0,05) та концентрат бентонітових глин (фракція -0,05 мм).

При процесі селективного подрібнення каолінової сировини у повітряному середовищі, каолін подрібнюється та переходить в дрібні фракції, а кварцовий пісок - не подрібнюється та залишається у крупних фракціях. В зв'язку з утвореною різницею в крупності при подальшій повітряній сепарації можливо розділити сировину на каолін і кварцовий пісок.

При виконанні досліджень в лабораторіях кафедри збагачення корисних копалин частина висушеної проби подрібнювалась у млинах з металевими кулями розміром від 5 до 15 мм при їх об'ємному завантаженні 10 %. Подрібнення проводилося протягом 10 і 20 хв. Подрібнений матеріал далі класифікувався за зерном 0,1 мм.

Вміст кварцу в тонкому продукті визначався відмучуванням і фільтруванням на ситі 0,050 мм. Аналіз результатів мінералогічного складу залишку на ситі 0,050 мм показав, що він представлений пластинчастими кварцовими частками. Вільного кварцу в цьому продукті - 75,0 %. В тонкому продукті вміст кварцу склав 11,7 %.

В результаті досліджень було отримано з сировини, з масовою часткою Al_2O_3 - 22 % та $SiO_{2в}$ - 48,43 %, каоліновий концентрат (тонкий продукт) за виходом 42 %, з масовою часткою SiO_2 - 11,7 %, Al_2O_3 -34,82 % та кварцовий концентрат(грубий продукт) 58 % за виходом з масовою часткою $SiO_{2в}$ -75,04 %, Al_2O_3 -12,16 %. Вилучення Al_2O_3 в каоліновий концентрат склало 66,47 %. Вилучення $SiO_{2в}$ в кварцовий концентрат склало 90,6 %.

За результатами досліджень було встановлено, що такий метод підготовки руди до збагачення як селективне подрібнення, має значні переваги ніж процес відмучування. Оскільки при використанні цього методу знижується витрата водних ресурсів на 50%, вирішується проблема флокуляції та зменшується за рахунок цього об'єм шламосховища майбутньої фабрики.

За показниками масової частки Al_2O_3 та $SiO_{2в}$ каоліновий концентрат можна використовувати для виробництва керамічних виробів, згідно вимогам ДСТУ 21286-82 «Каолін збагаче-

ний для керамічних виробів». Кварцовий концентрат не відповідає вимогам промисловості і тому потребує подальшої переробки.

Подальше перероблення кварцового концентрату, який представлено кварц-польовошпатовим продуктом, проводилось у лабораторії флотаційним методом збагачення. Розділення кварцу та польового шпату здійснювались в режимі прямої флотації польового шпату із застосуванням катіонного колектора [4].

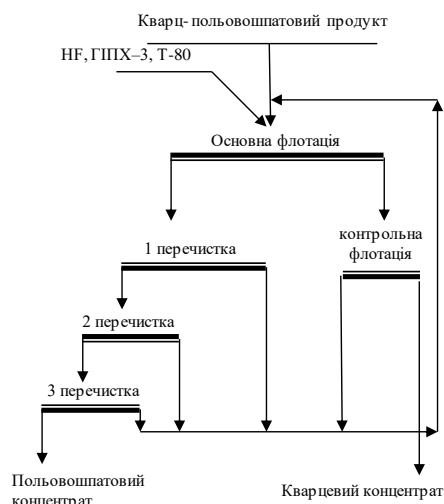


Рис. 2. Схема флотації

При цьому хвости флотації були представлені кварцовим концентратом. Схема флотації надана на рис. 2

Аналіз показників розділення показав, що на флотацію польового шпату великий вплив має масова частка твердого в суспензії при контактуванні. Із збільшенням щільності суспензії збільшується ефективність розділення, і кращі показники досягнуті при масовій частці твердого 60% [5].

Проте, як показав гранулометричний склад концентратів, при цьому погіршується флотаційні властивості крупних частинок польового шпату і відбувається флотація тонких класів кварцу. Тому в технологічній схемі передбачається три перешітні та одна контрольна флотації польового шпату при масовій частці твердого близько 20 - 30 %.

Найкращі технологічні показники були досягнуті при реагентному режимі з витратами, г/т: плавикової кислоти - 1500, ГПХ-3 - 150, Т-80 - 45 (основна флотація), HF - 900 і ГПХ-3 - 150 (контрольна флотація).

З аналізу результатів досліджень було виявлено, що із збільшенням концентрації плавикової кислоти підвищується селективність процесу, а також, що при рН 2-3 швидкість флотації польових шпатів найвища, тоді як кварц повністю депресується.

Результати дослідів наведено в табл.

Таблиця

Найменування продукту	Результати флотаційних досліджень				
	вихід	Показники флотаційного розділення, %			
		масова частка		милучення	
		SiO _{2B}	Al ₂ O ₃	SiO _{2B}	Al ₂ O ₃
Польовошпатовий концентрат	23,33	8,78	47,9	2,73	88,7
Кварцовий концентрат (камерний продукт)	76,67	95	1,86	97,07	11,3
Вихідний продукт	100	75,04	12,16	100	100

У результаті флотаційного збагачення кварц - польовошпатового продукту з застосуванням кислого середовища отримано польовошпатовий концентрат 23,33 % за виходом з масовою часткою SiO₂ вільного 8,78 %, Al₂O₃ - 47,9 % та кварцовий концентрат - 76,67 % за виходом з масовою часткою SiO_{2B} - 95% та вилученням SiO_{2B} - 97,07 %.

За показниками масової частки Al₂O₃ та SiO_{2B} кварцовий концентрат можна використовувати для виробництва тонкої кераміки, згідно вимогам ДСТУ 7031-75 «Кварцовий пісок для тонкої кераміки». Польовошпатовий концентрат можна використовувати для виробництва художнього та електротехнічного фарфору, згідно вимогам ДСТУ 7030-75 «Матеріали польовошпатові та кварц-польовошпатові для тонкої кераміки. Технічні умови», таких марок як ПШМ 0,30-2 та ПШМ 0,20-2.

Висновки та напрямки наукових досліджень. В результаті аналізу проведення досліджень та синтезу отриманих наукових результатів, була розроблена технологічна схема збагачення первинного каоліну яка складається з двох технологічних циклів: підготовки руди до збагачення та флотаційного збагачення кварцового продукту катіонним колектором. Цикл підготовки руди до збагачення рекомендовано виконувати в повітряному середовищі у вібраційному млині, а класифікацію у відцентровому сепараторі (наприклад, фірми «Ламел» Білорусія). Флотація повинна здійснюватись у пневмомеханічних машинах при витратах

катионного колектору (лілафлот, флотігам - аналоги ГПХ-3) біля 150 г/т у кислому середовищі, що створюється обов'язково плавиковою кислотою.

Список літератури

1. Металічні та неметалічні корисні копалини України. Том II. Неметалічні корисні копалини // Гурський Д.С. Єспичук К.Ю. Калінін В.І. та ін.. – Київ-Львов: «Центр Європи», 2006. -552 с.
2. Неметалічні корисні копалини України: Підручник / В.А. Михайлов, Г.Ф. Виноградов, М.В. Курило, Л.С. Михайлова, В.В. Шунько, В.І. Шевченко, О.В. Грінченко, О.Л. Гелета, Д.М. Щербак. Видання 2-е, виправлене і доповнене. К.: ВЦ «Київський університет», 2007.- с.
3. Еремін, Н. И. Неметаллические полезные ископаемые /Н. И. Еремін. /– М. : МГУ. – 2004.
4. Олейник Т.А. Современные проблемы производства полевошпатовых концентратов и пути их решения /Губин Г.В., Олейник Т.А. // Новые технологии и техника для переработки руд черных металлов. Сб. статей/ Механобрчмет. – Часть 2 –Кривой Рог. – 1998. – С.97-105.
5. Олейник Т.А. Сравнительные испытания катионной и анионной флотации кварц-полевошпатовых хвостов флюоритовой флотации руд Бахтынского месторождения /Олейник Т.А., Воробьева Л.С., Тасиц П.Б., Воробьев Н.К.// Новые технологии и техника для переработки руд черных металлов. Сб. статей/ Механобрчмет. – Часть 3 – Кривой Рог. – 19998. – С.53-58.

Рукопис подано до редакції 25.03.12

УДК 622.7.012

Т.А. ОЛІЙНИК, д-р техн. наук, проф., Л.В. СКЛЯР, канд.техн.наук, доц.,
М.А. ПІСКУНОВА, студентка, ДВНЗ «Криворізький національний університет»

АНАЛІЗ РИНКУ ТАЛЬК-МАГНЕЗИТОВОЇ СИРОВИНИ

Визначено основні властивості тальку і магнезиту, основні галузі їх застосування. Проведено аналіз зовнішнього і внутрішнього ринку тальк-магнезиту, проведено аналіз цін на готову продукцію. Проаналізовано стан талько-магнезитової промисловості в Україні.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. На сьогоднішній день Україна є одним з найбільших металургійних центрів у світі. Тому потреба у вогнетривкій сировині в країні є майже невичерпною. Сьогодні ця потреба задовольняється імпортом тальку і магнезиту. Тому виникає потреба у аналізі ринку талько-магнезитової сировини.

Аналіз досліджень та публікацій Тальк являє собою поширений метаморфогенний мінерал підкласу шаруватих силікатів, хімічний склад якого відповідає формулі $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$. До основних властивостей тальку відносяться: питома вага 2,7-2,8; висока дисперсність, жирність, м'якість, прилипаємість, високі електроізоляційні властивості, стійкість проти дії кислот, лугів, води, повітря; добре обробляється і подрібнюється в тонкий порошок; сніжно-білий колір; твердість від 1 до 1,5.

Магнезит - карбонат магнію - $Mg(CO_3)$, основні властивості: вміст MgO - 47,8 %, висока температура розплавлення, абразивність, в'язкість.

Тальк використовують у таких галузях промисловості, як керамічна, лакофарбова, паперова, вогнетривка, резинотехнічна, текстильна, будівельних матеріалів. Також він застосовується при виробництві косметики та інсектицидів.

Приймаючи до уваги властивості магнезиту, його використовують у таких галузях промисловості, як: вогнетривка, металургійна, хімічна, промисловість в'язучих матеріалів [1].

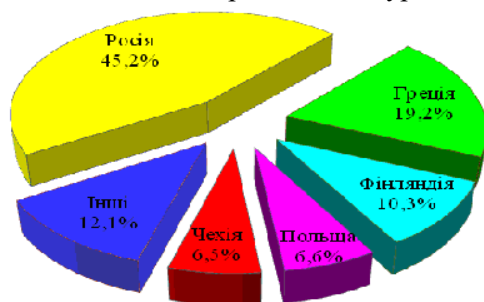


Рис. 1. Основні держави - імпортери тальку в Україні

Стосовно України, можна зазначити, що на даний час розробка власних родовищ, та збагачення талько-магнезитової сировини не практикується. Талько-магнезитова продукція поставляється закордонними виробниками. Доля їх участі в об'ємі поставок приведена на рис. 1 [2].

Постановка завдання. Для визначення доцільності використання української сировинної бази необхідно розглянути кількісні показники видобутку та запасів тальку та магнезиту, провести дослідження цінової політики по відношенню до даного виду сировини.