

земель: иттрия - 0,05 %, иттербия - 0,002-0,005 %. Апатитовый концентрат представлен апатитом от 94,3 до 98,2. Как примеси присутствуют плагиоклаз 0,6-2,1 %, пироксен 0,9-2,2 %, оливин 0,1-1,2 %.

Таким образом, в результате обоснования элементов топологии технологических схем обогащения руды Кропивенского месторождения Украины, предложена технология комплексного обогащения, согласно которой исходную руду необходимо дробить в три стадии до 16(10)-0 мм, измельчать до крупности 0,25-0,2 мм и делить на четыре технологических блока. Технологический блок получения титаномагнетитовых концентратов включает два блока: блок сухой магнитной сепарации и блок магнитной технологии в слабом поле с дополнительной стадией измельчения. Блок выделения ильменитового концентрата осуществляется по гравитационно-магнитно-электростатической технологии. Так как эти руды содержат и еще один ценный минерал апатит и получение апатитового концентрата возможно только по флотационной технологии, то технологическая схема обязательно содержит флотационную цепочку получения апатитового концентрата с дополнительным измельчением промпродуктов.

Список литературы

1. Надежность технических систем // **Е.В. Сугак, Н.В. Василенко, Г.Г. Назаров** и др. – Красноярск: МГП «РАСКО». – 2001.
 2. ГОСТ 27.003-90. Надежность в технике. Состав и общие требования по надежности. М.: Изд-во стандартов. - 1990.
 3. **Олійник М.О., Михно С.В.** Повышение надежности технологической схемы обогащения титаносодержащей руды Кропивенского месторождения // Збагачення корисних копалин. - Дніпропетровськ, 2012. - Вип. 48(89). - С.31-37.
 4. **Олійник Т.А., Поліщук О.В., Олійник М.О.** Закономірності магнітної сепарації титаномагнетиту комплексних руд корінних родовищ України // Вісник Криворізького технічного університету, 2008. - Вип.21. - С.66-71.
- Рукопись поступила в редакцию 12.02.12

УДК 622.7.012

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

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ЗБАГАЧЕННЯ ВОГНЕТРИВКОЇ СИРОВИНИ ПРАВДИНСЬКОГО РОДОВИЩА

Визначено характеристики дробимості та подрібнюваності різних мінеральних різновидів сировини. Проведено аналіз флотацийних та магнітних властивостей різновидів із визначенням оптимальної крупності матеріалу. Розроблено орієнтовні схеми збагачення із переробкою за двома окремими технологічними лініями.

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. Згідно Закону України «Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року» передбачено забезпечення потреб національної економіки у мінеральних ресурсах за рахунок власного видобутку, зменшення залежності України від імпорту мінеральних ресурсів та збільшення експортного потенціалу країни за рахунок власного видобутку корисних копалин, що мають великий попит на світовому ринку. Зокрема це стосується тальку та магнезиту. На сьогодні в Україні розвідано значні поклади тальк-магнезитів у 40 км на захід від м. Дніпропетровськ, так зване Правдинське родовище. яке може бути основною промисловою базою вогнетривкої сировини України [1,2]. Аналізуючи якісний склад тальк-магнезитів зазначеного родовища та приймаючи до уваги нормативи на талькову та магнезитову продукцію, можна зробити висновок, що для найбільш ефективного та раціонального використання цього виду сировини у різних галузях промисловості необхідно застосовувати збагачення вихідної руди. Тому розробка технології збагачення тальк-магнезитової сировини Правдинського родовища є доцільною та вмотивованою.

Аналіз досліджень та публікацій. Як показує світова практика, ще 20-25 років тому талькові породи використовувалися тільки в їх природному стані, тобто без попереднього збагачення. Так у 80-х роках ХХ століття ще застосовувалося тільки ручне сортування, а потім сировина піддавалася або тонкому подрібненню (іноді з магнітною сепарацією) для отримання

порошку, або механічній обробці (розпилювання, обточування, різання).

Сьогодні при переробці талькових сланців, коли не потребується високоякісна продукція (виробництво пестицидних препаратів, наповнювачів для покрівельних матеріалів) може застосовуватися суха технологія перероблення цієї сировини, яка включає такі операції: сушку, дроблення, грохочення, подрібнення, пневматичну класифікацію й упаковку. В окремих випадках вводяться операції ручного розбирання та збагачення за кольором.

Однак останніми роками талькова промисловість стала застосовувати більш складні методи первинної обробки талькових порід, головним чином, фотометричне сортування, флотацію, іноді в комбінаціях з концентрацією на столах. Збагаченню піддаються руди з відносно малим вмістом тальку 50 % і менше. Це дозволяє вводити в експлуатацію родовища комплексної сировини, що бідніша тальком і отримувати попутно з тальком інші корисні копалини, що входять до складу талькових породи (магнезит, нікель) [3].

Фотометрична сепарація тальку заснована на різниці відбивної здатності мінералів, що розділяються, і особливо поширена за кордоном. Гравітаційні методи застосовуються рідко, у зв'язку з тим, що тальк є жирним мінералом і замазує поверхню інших мінералів.

Флотаційний метод для отримання чистого тальку з тальк-магнезитового каменю шляхом розділення його на дві фракції - талькову і магнезитову вперше був запропонований і розроблений в СРСР інститутами «ГИНЦветмет», «ВИМС» і «Уралмеханобр». Однак практичне здійснення він отримав спочатку в Судані, а потім у США. У результаті дослідження було доведено, що тальк внаслідок своєї природної гідрофобності легко флотується і майже повністю відділяється від магнезиту. У Росії, на Шабровському комбінаті як реагент при флотації талькових порід для лускатих талькітів застосовується тільки піноутворювач (соснова олія, ДС РАС, Т-66, Т-80 та ін), а для флотації щільних різновидів (волокнистих) - ще й колектори: олеат натрію, омилена талова олія (ОТО), кубові залишки вищих жирних спиртів (КЗ ВЖС) або аміни майже з будь-якою довжиною ланцюга при підходящій величині рН. Для депресування порожньої породи і супутніх мінералів застосовується рідке скло і формальдегідний крохмаль. Хороші результати дає використання суміші омиленого талового масла, кубових залишків вищих жирних спиртів і технічних лігносульфонатів (ТЛС). Співвідношення ТЛС, КЗ ВЖС і ОТМ становить 1:2:3÷1:4:13. Можна підвищити технологічні показники збагачення тальку за рахунок посилення селективності процесу. Використовуються ОТО, Т-66 і КЗ ВЖС. При цьому їх співвідношення коливається від 1:1:0,5 до 1:1:2.[3]

Постановка завдання. Отже, на підставі виконаного аналізу практики перероблення вогнетривкої сировини сформульовано основну мету дослідження: розробка сучасної технології збагачення тальк-магнезитового сирцю за рахунок встановлених закономірностей розкриття мінеральних фаз, різниці в змочуваності різних поверхонь та магнітних властивостей.

Виклад матеріалу та результати. Для проведення досліджень зі збагачення, сировину за допомогою макроскопічного аналізу розділено на такі мінеральні різновиди карбонатизовані серпентиніти і амфіболові породи глибинної зони (1), карбонат-талькові породи глибинної зони (2), тальк-карбонатні породи глибинної зони (3), карбонатизовані серпентиніти й амфіболові породи - зона інфільтрації (4), тальк-карбонатні породи - зона інфільтрації (5).

Різновиди піддавалися дробленню у дві стадії В результаті математичного аналізу залежностей розподілення сировини за класами крупності характеристику після I стадії дроблення було описано за допомогою рівняння Розина-Рамлера.

Гранулометричну характеристику різновидів після II стадії дроблення описано за допомогою рівняння Андреева-Годена, що має максимальну збіжність результатів у крупності 0-4,5 мм. Зазначене рівняння для різновидів проб Правдинського родовища має вигляд:

- (1) $\gamma = 29,67d^{1,061}$ величина достовірності апроксимації становить 0,996
- (2) $\gamma = 30,10d^{1,061}$ величина достовірності апроксимації становить 0,996
- (3) $\gamma = 35,69d^{1,064}$ величина достовірності апроксимації становить 0,995
- (4) $\gamma = 14,77d^{1,05}$ величина достовірності апроксимації становить 0,998
- (5) $\gamma = 18,00d^{1,053}$ величина достовірності апроксимації становить 0,998.

З метою встановлення оптимальної крупності подрібнення було проведено ряд досліджень з встановлення показників подрібнюваності попередньо дробленої сировини. Досліди проводились за методикою інституту Механобр. У результаті математичного аналізу залежностей кінетику подрібнення сировини було представлено за допомогою експоненціальних кривих, які

можна оцінити за допомогою рівняння Товарова.

Для 1 різновиду, при подрібненні до крупності $-0,074$ мм рівняння має вигляд $R^+ = 88,43e^{-0,06t}$, величина достовірності апроксимації становить $0,981$. При подрібненні до крупності $-0,044$ мм $R^+ = 89,28e^{-0,06t}$, величина достовірності апроксимації $0,980$.

Для 2-го - при подрібненні до крупності $-0,074$ мм рівняння має вигляд $R^+ = 82,20e^{-0,06t}$, величина достовірності апроксимації становить $0,971$. При подрібненні до крупності $-0,044$ мм $R^+ = 77,97e^{-0,04t}$, величина достовірності апроксимації $0,913$.

3-й різновид, при подрібненні до крупності $-0,074$ мм, описується рівнянням $R^+ = 67,40e^{-0,05t}$, достовірність апроксимації складає $0,874$, при подрібненні до крупності $-0,044$ мм $R^+ = 76,51e^{-0,03t}$, величина достовірності апроксимації $0,925$.

Для 4-го при подрібненні до крупності $-0,074$ мм. рівняння має вигляд $R^+ = 87,05e^{-0,04t}$, величина достовірності апроксимації становить $0,964$. При подрібненні до крупності $-0,044$ мм $R^+ = 84,67e^{-0,06t}$, величина достовірності апроксимації $0,977$.

5-й різновид при подрібненні до крупності $-0,074$ мм, описується рівнянням $R^+ = 56,83e^{-0,04t}$, достовірність апроксимації складає $0,724$, при подрібненні до крупності $-0,044$ мм $R^+ = 68,08e^{-0,02t}$, достовірність апроксимації складає $0,672$.

Для підвищення достовірності апроксимації у даних рівняннях можливо введення додаткового степеневого коефіцієнту «n»

Відповідно з попередніми аналізами для збагачення тальк-магнетитів рекомендується використовувати комбіновану флотаційно-магнітну технологію. При цьому магнітне збагачення в сильному полі використовується для виділення магнетитового продукту і знезалізнення талькових продуктів, флотаційне збагачення - для отримання талькових продуктів. З метою спрощення реагентного режиму і управління процесом збагачення використовується лише один реагент - вспінювач Т-80 (витрати $100-150$ г/т). Залежність виходу пінного продукту та масової частки нерозчиненого залишку в різних різновидах від крупності подрібнення наведено на рис. 1.

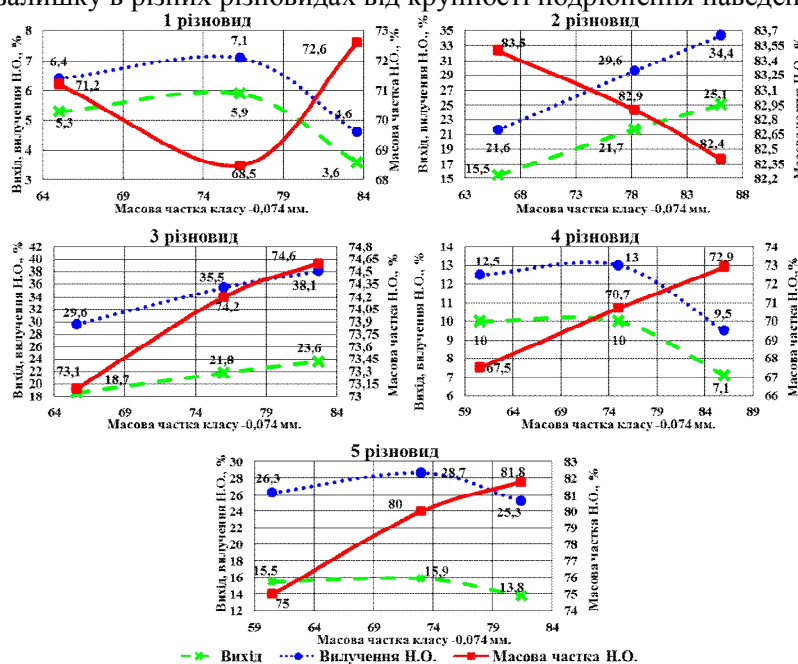


Рис. 1. Залежність показників флотаційного збагачення сировини від крупності подрібнення

З точки зору селективності флотаційного розділення мінералів для виділення тальку з різновидів, що досліджуються, оптимальною є крупність, при якій вилучається максимальна кількість товарного тальку: (1) $76,3$ % класу $-0,074$ мм; (2) $86,1$ % класу $-0,074$ мм; (3) $82,7$ % класу $-0,074$ мм; (4) 75 % класу $-0,074$ мм; (5) 73 % класу $-0,074$ мм. Збільшення тонини подрібнення не приводить до значного покращення якості пінного продукту (різновиди №2, №3), а несе за собою зниження виходу цього продукту з одночасним зниженням вилучення (різновиди №1, №4, №5).

Підвищення якості талькових продуктів можливе за рахунок операцій зниження масової частки заліза у пінних продуктах флотації. З метою оцінки якості продуктів операції знезалізнення побудовано залежності показників розділення сировини від крупності подрібнення матеріалу (рис. 2).

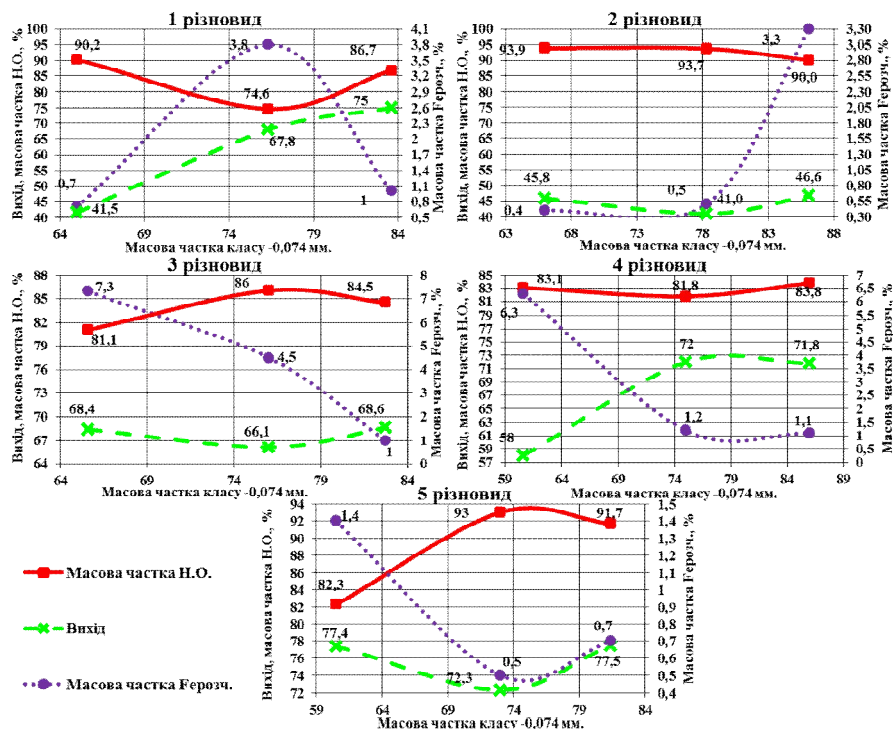


Рис. 2. Залежність показників знезалізнення сировини від крупності подрібнення

Оптимальною крупністю подрібнення виділених мінеральних різновидів, з огляду максимального видалення заліза з пінних продуктів флотації тальку є: для 1-го - 83,6 % класу - 0,074 мм; для 2-го - 78,3 % класу - 0,074 мм; для 3-го - 82,7% класу - 0,074 мм; для 4-го - 86 % класу - 0,074 мм; для 5-го - 73 % класу - 0,074 мм.

Для виділення магнезитового продукту використовується магнітне збагачення в сильному полі. У продуктах розділення оцінювались не тільки масова частка заліза і нерозчинного залишку, але і масова частка MgO розчинного, що є показником масової долі магнезиту в продуктах. Аналіз результатів досліджень дозволяє зробити висновок, що зі збільшенням тонини подрібнення знижується масова частка нерозчинного залишку у магнітному продукті з одночасним підвищенням масової долі окису магнію. Оптимальною для виділення магнезитового продукту, незалежно від різновиду, є крупність 90-95 % класу 0,074 мм

Для виділення магнезитового продукту використовується магнітне збагачення в сильному полі. У продуктах розділення оцінювались не тільки масова частка заліза і нерозчинного залишку, але й масова частка MgO розчинного, що є показником масової долі магнезиту в продуктах. Аналіз результатів досліджень дозволяє зробити висновок, що зі збільшенням тонини подрібнення знижується масова частка нерозчинного залишку у магнітному продукті з одночасним підвищенням масової долі окису магнію. Оптимальною для виділення магнезитового продукту, незалежно від різновиду, є крупність 90-95 % класу 0,074 мм

На підставі проведених досліджень було встановлено, що карбонатизовані серпентиніти і амфіболові породи глибинної зони (43-163 м) та карбонатизовані серпентиніти й амфіболові породи зони інфільтрації (0-43 м) володіють близькими властивостями та можуть бути збагачені спільно. Ці різновиди тальк-магнезитової сировини, віднесено до важко-збагачувальних порід. Орієнтовну технологічну схему збагачення карбонатизованих серпентинів, наведено на рис. 3.

Карбонат-талькові породи глибинної зони, тальк-карбонатні породи глибинної зони та тальк-карбонатні породи зони інфільтрації, на підставі результатів досліджень віднесено, до середньо-збагачуваної сировини, що піддається спільному збагаченню у другій технологічній лінії. Технологічні операції, яким підлягають при збагаченні тальк-карбонатні породи, та їх стадійність не відрізняється від схеми збагачення карбонатизованих серпентинів, різницю у технологічних лініях становлять лише технологічні показники.

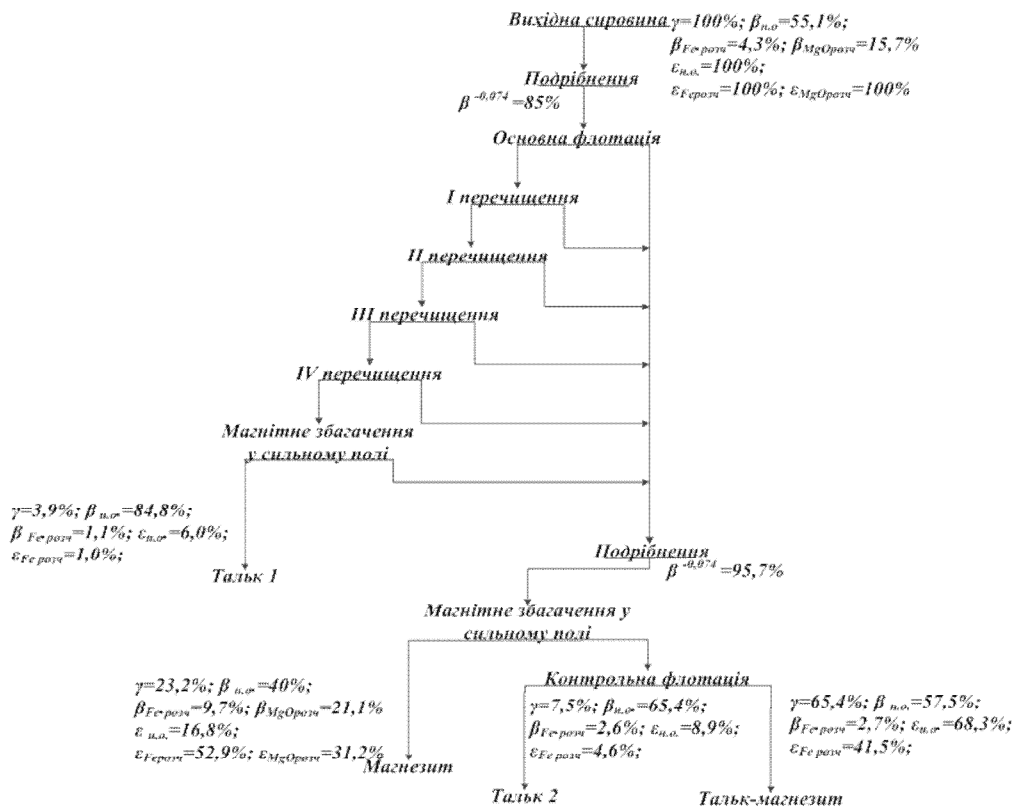


Рис. 3. Орієнтовна схема переробки карбонатизованих серпентинітів Правдинського родовища

Баланс продуктів збагачення тальк-карбонатних порід Правдинського родовища наведено у табл. 1

Баланс продуктів збагачення тальк-карбонатних порід Правдинського родовища

Таблиця 1

Продукт	Показники, %						
	γ	$\beta_{н.о.}$	$\beta_{Fe-розч.}$	$\beta_{MgOрозч.}$	$\epsilon_{н.о.}$	$\epsilon_{Fe-розч.}$	$\epsilon_{MgOрозч.}$
Тальк 1	12,2	89,4	0,7	не визн.	20,9	1,5	не визн.
Магnezит	22,8	29,6	12,3	21,6	13,0	49,1	29,3
Тальк 2	23,7	72,6	2,5	не визн.	33,0	10,4	не визн.
Тальк-магnezит	41,3	41,7	5,4	не визн.	33,1	39,0	не визн.
Вихідна сировина	100	52,1	5,7	16,8	100	100	не визн.

Висновки та напрямок подальших досліджень. У результаті проведених досліджень встановлено, перспективність використання комбінованої флотаційно-магнітної технології для збагачення тальк-магnezитової сировини Правдинського родовища, визначено оптимальну крупність подрібнення матеріалу, розглянуто варіанти принципової технологічної схеми перероблення сировини з застосуванням селективної добучі різновидів. Подальші дослідження слід продовжити у напрямку підвищення якості кінцевого магnezитового продукту

Список літератури

1. Шрубович Ф.В., Гаєв І.А., Астраханцев В.П., Краузе В.Н. О промислових перспективах Правдинского месторождения тальк-магnezитовых пород // Геолого-мінералогічний вісник, 2005.-№1.- С. 70-75.
2. Олійник Т.А., Скляр Л.В., Ларченко П.О., Олійник М.О. Розробка комбінованої технології збагачення тальк-магnezитових руд // Вісник КТУ, 2010.-№26.- С 261-265.
3. Брагіна, В. И. Технология обогащения и переработки неметаллических полезных ископаемых : Учебн. пособие – Красноярск :ИПК СФУ, 2009. – 228 с.

Рукопис подано до редакції 04.04.12