

В.І. МУЛЯВКО, Т.А. ОЛІЙНИК, д-ри техн. наук,
Л.В. СКЛЯР, канд. техн. наук,
М.О. ОЛІЙНИК, С.В. МІХНО
(Україна, Кривий Ріг, Криворізький національний університет)

ЗАСТОСУВАННЯ В СХЕМАХ ЗБАГАЧЕННЯ ТОНКОПОДРІБНЕНОЇ СИРОВИНИ УДОСКОНАЛЕНОГО МАГНІТНОГО ГІДРОЦИКЛОНУ

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. Необхідна ступінь подрібнення руди перед її переробленням визначається характером вкраплення рудних мінералів, використанням різних методів збагачення сировини, вимогами до якості концентратів, послідовністю технологічних процесів, що застосовуються у схемах переробки корисних копалин. Чим тонше кінцева крупність подрібнення руди, тим менше залишається мінеральних зростків і тим більше вірогідність отримання якісних концентратів. Однак, тонке подрібнення руди викликає ускладнення у збагачувальних процесах: збільшує витрати на подрібнення, знижує продуктивність апаратів і призводить до втрат цінних мінералів зі шламами, які не піддаються розділенню механічними методами, включаючи флотацію. При цьому створення оптимальної технологічної схеми підготовки руди до збагачення – головний фактор нормальної роботи технологічної схеми, де класифікація відіграє одну з основних функцій. Недостатня ефективність класифікації, а також нестабільна робота гідроциклонів в циклах не дозволяють здійснити оптимальне розкриття мінералів. Тому підвищення ефективності класифікації та стабільності роботи гідроциклонів є актуальною задачею, рішення якої буде сприяти підвищенню показників збагачення руди.

Аналіз досліджень та публікацій. Для класифікації тонкоподрібнених матеріалів за гідравлічною крупністю та для збагачення дрібно- та середньозернистих руд у водних суспензіях застосовуються гідроциклони, в яких розділення відбувається у магнітно-відцентровому полі, яке створюється в результаті обертального руху пульпи.

Відомий цілий ряд конструктивних моделей гідроциклонів і обладнання гідроциклонного типу, що відрізняються друг від друга співвідношенням геометричних розмірів, кутом конусної частини, способом подачі живлення і вилучення зливу, конструкцією корпусу та матеріалом футеровки [1].

Недоліками відомих гідроциклонів є мала продуктивність, велика енергоємність і низька експлуатаційна надійність під час збагачення тонкоподрібненого матеріалу, до складу якого входять як мілкі так і крупні частинки продукту, а також великий знос нижньої частини, яка знаходиться поряд з піськовою насадкою, сама піскова насадка, патрубок живлення і стінка циліндричної частини корпусу (в місті надходження всієї пульпи) та зливний патрубок. Знос тим більше, чим крупніша тверда фаза пульпи та більше її вміст.

Найбільш близьким до удосконаленого нами гідроциклону за технічною

Гравітаційна сепарація

сутністю та досягнутому результату є гідроциклон, який складається з робочої камери, завантажувального і розвантажувального патрубків та конусної частини [2].

Недоліком відомої конструкції гідроциклону є мала продуктивність, збільшення якої призводить до надмірного зносу його конструкції, низька ефективність вилучення фракцій, з різною подрібненістю матеріалу, завдяки інтенсивному турбулентному перемішуванню пульпи у нижній частині конусу апарату, де розташовані один або два піскових патрубки. Цей процес становиться значно помітнішим, якщо сепарується матеріал у склад якого входять як слабо- так і сильномагнітні частинки з різною гідравлічною крупністю. А також застосування складних засобів регенерації полюсів магнітної системи.

Постановка завдання. Метою нашої роботи є удосконалення відцентрового класифікатора (гідроциклону) за рахунок роздільного вилучення з матеріалу спочатку крупного та частини сильномагнітного продукту, а потім класифікація останнього продукту на піски та зливи, що дозволить підвищити продуктивність і ефективність сепарації, та знизить ймовірність попадання в зливи магнітних частинок.

Викладення матеріалу та результати. Поставлене завдання вирішується за рахунок того, що робоча камера виконана з концентричних циліндрів, закріплених з деяким зміщенням друг відносно другого по вертикалі, зовнішній циліндр має скошене дно, яке закінчується першим зливним патрубком, а внутрішній циліндр переходить у конусну частину апарату, при цьому внутрішній поверхні вхідного патрубка та верхня частина більшого по діаметру циліндру футеровані постійними магнітами – коагуляторами мілких магнітних частинок матеріалу, які самофутерують поверхні гідроциклону, що піддаються зносу [3].

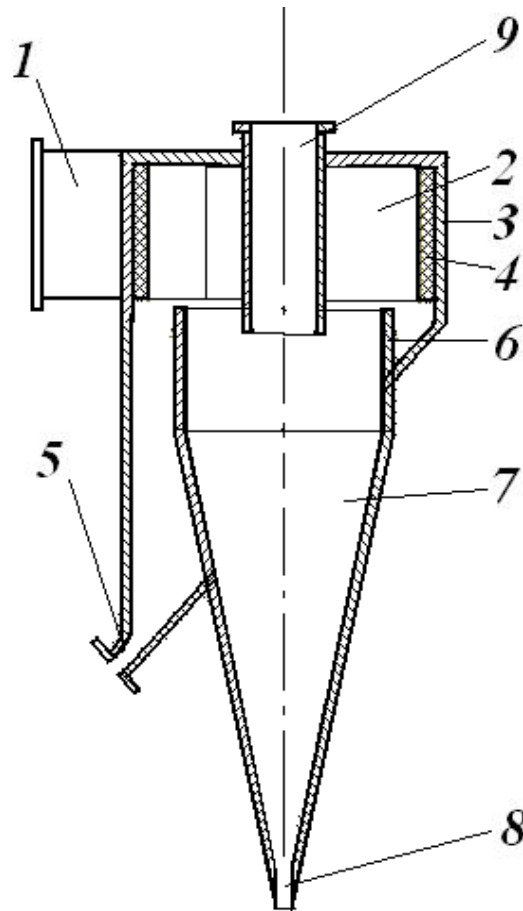
Ефект від застосування такого гідроциклону в схемах збагачення полягає в тому, що на першій по ходу потоку внутрішній поверхні циліндричної робочої камери гідроциклону на крупні частинки матеріалу, що притиснуті силою інерції, діють сили магнітного поля постійної, незначної інтенсивності й гідродинамічного опору, що виникає тільки-но з'явиться відносна швидкість між осілюю частинкою і потоком, що сепарується. При налипанні деякого шару частинок, магнітна сила стає слабшою і гідродинамічні сили відривають від цього шару флокули з магнітних частинок, які разом з крупними частинками попадають у кільцеву щілину, створену циліндрами, і виходять з закрученого потоку, як перший магнітний продукт сепарації, що зменшує ймовірність попадання магнітної фракції у зливний патрубок. У другій половині робочої камери відбувається звичайний процес, але значна частина крупних частинок матеріалу не приймає участі в процесі класифікації, що зменшує знос всіх конструкцій гідроциклону, і дозволяє збільшити продуктивність апарату.

Гідроциклон ілюструється схемою (рисунок), на якій показаний його загальний вигляд.

Гідроциклон має вхідний патрубок живлення 1, тангенціально скріплений з корпусом робочої камери 2, в якій розміщені концентричні циліндри – зовнішній 3, футерований у верхній частині постійними магнітами 4 і з'єднаний з пе-

Гравітаційна сепарація

ршим зливним патрубком 5, і внутрішній 6, який з'єднаний з конусною частиною 7, що закінчується пісковою насадкою 8, які футеровані звичайними матеріалами. Злив мілкої фракції відбувається через патрубок 9.



Удосконалений магнітний гідроциклон

Конструкція гідроциклону, що пропонується, дозволяє послідовно вилучати з матеріалу, який класифікується, спочатку крупні та магнітні частинки продукту, а потім продукт середньої подрібненості (дві фракції) і в кінці процесу отримати четверту мілку фракцію продукту.

Гідроциклон працює так. Живлення апарату матеріалом, що сепарується, здійснюється через патрубок 1. Завдяки тангенціальному входу цього патрубка, потік отримує обертальний рух у зазорі між корпусом 3 і вихідним патрубком 9, тому опускається в вигляді вихра униз (швидкість опускання (продуктивність сепаратора) залежить від кута нахилу патрубка 1). Під дією інерційних сил усі тверді частинки матеріалу, що сепарується, зміщуються до внутрішньої поверхні корпусу 3, який футерований постійними магнітами 4. Сильномагнітні частинки матеріалу осідають на цю поверхню проти полюсів магнітів 3, де градієнт полю має найбільше значення, і тим самим додатково футерують найбільш вразливі поверхні. Зниження магнітної енергії призводить до відриву частини флокул гідродинамічними силами, які разом з найбільш крупними частинками потрапляють у кільцевий зазор, що створений циліндричними поверхнями 3 і 6, і завдяки скошеному дну і зливному патрубку 5 вилучаються з апарату. Диспе-

Збагачення корисних копалин, 2012. – Вип. 50(91)

Гравітаційна сепарація

рський потік частинок матеріалу, що залишились, поступає до конусної частини апарату, де поділяється на два завихрені потоки – зовнішній, що переміщується вздовж стінок конусу униз до піскової насадки 8, і внутрішній циліндричний, направлений вгору вздовж вісі симетрії до зливного патрубку 9. В цій частині апарату густина пульпи змінюється – збільшується від центру до стінок конусу, що дозволяє вилучити відносно крупну фазу через піскову насадку 8 і мілку – через патрубок 9.

Робота моделі гідроциклону була перевірена на пробах титаномагнетитової руди одного з родовищ України.

Проба титаномагнетитових руд петрографічно була представлена базитами та ультрабазитами – габро-перидотит, перидотит. Структура порід середньо-, крупнозерниста, порфіровидна. Текстура – однорідна, вкраплена, рідше плямиста.

Мікроскопічні дослідження полірованих і прозорих шліфів показали, що головними нерудними мінералами, що складають технологічну пробу № 3 піроксен (45,46 об.%), олівін (14,67 об.%), плагіоклаз (8,91 об.%), , другорядними є біотит, серпентин, хлорит) в сумі близько 2,0 об.%. В знакових кількостях виявлений циркон. Серед рудних мінералів провідна роль належить титаномагнетиту (18,24 об.%), другорядними є ільменіт (3,94), апатит (6,82), мінерали класу "Сульфіди" – піротин, пентландит, пірит, халькопірит (загальна кількість не перевищує 0,5 об.%).

Розмір зерен титаномагнетиту коливається в широких межах від 0,001 до 1,23 мм, в середньому становить 0,59 мм. Розмір зерен ільменіту по видовженню зрізів косо-нахилених пластин 0,34-1,87 мм, по ширині – 0,02-0,30 мм. Розмір зерен апатиту коливається від 0,2 до 2,3 мм за довжиною і від 0,01 до 0,8 мм за шириною.

Мікроскопічні дослідження усередненої протоочки проби довели, що головними нерудними мінералами в ній є піроксен, (43,4 об.%), і олівін (15,3 об.%). Серед рудних мінералів провідна роль належить титаномагнетиту (19,1 об.%), другорядними є ільменіт (4,3), апатит (6,6).

Повне розкриття рудних зерен руди починається з класу $-0,16+0,071$ мм. Після дроблення руди до крупності $-5,0+0,0$ мм, утворюється близько 16,0% частинок розміром $-0,16+0,0$ мм; отже, для повного розкриття рудних мінералів, після дроблення руду слід доподрібнювати за допомогою млинів. Тому роль класифікації в технологічній схемі очевидна.

В результаті проведених досліджень з застосуванням удосконаленого гідроциклону на пробах титаномагнетитової руди було забезпечено отримання оптимальної гранулометричної характеристики подрібненого продукту, що дозволило при подальшому збагаченні отримати титаномагнетитові концентрати з масовою часткою заліза 53,2% $Fe_{заг}$ і 14,87% TiO_2 при вилученні магнетиту близькому до 100%.

Для зниження переподрібнення і наступних втрат при магнітному збагаченні ільменіту схема передбачає виділення готового за крупністю матеріалу з живлення млинів II стадії і величину циркулюючого навантаження близько 100% від маси оригінального живлення. З урахуванням більшої щільності іль-

меніту і титаномагнетиту ($4,7 \text{ т/м}^3$) порівняно з щільністю силікатних порідних мінералів ($2,7\text{-}3 \text{ т/м}^3$) для зниження переподрібнення важких рудних мінералів ситова класифікація за розміром зерна, що і пропонується в нашому гідро циклоні явно прийнятніше за будь-який вид гідравлічної класифікації за рівнопадаємостю.

За результатами модельних експериментів встановлено, що для заданої якості концентрату існує область значень максимального вилучення, відповідна – 165 оптимальному інтервалу розмірів граничного зерна при класифікації. В оптимальному режимі класифікації приріст вилучення може скласти від 2 до 10%.

У роботі встановлено, що введення гідроциклону в схеми класифікації в циклах тонкого подрібнення призводить до зниження виходу в живленні сепарації дрібних, шламистих частинок і крупних, бідних зростків, що може зумовити підвищення вилучення від 2 до 10%.

Аналіз результатів досліджень показує, що при збагаченні титаномагнетитової руди отримано три концентрати. Схема має такі позитиви:

- досить велике вилучення титаномагнетитових мінералів у концентрат, оскільки він вилучається на початку схеми;
- на 67% знижене навантаження на апарати, що приймаються в схемі для сушіння.

Висновки та напрямки подальших досліджень

Отже, використання удосконаленого гідроциклону в схемах збагачення корисних копалин дозволить роздільно вилучити з матеріалу спочатку крупні та частини сильномагнітного продукту, а потім виконати класифікацію останнього продукту на піски та зливи, що дозволить підвищити продуктивність і ефективність сепарації, та знизить ймовірність попадання в зливи магнітних частинок.

Результати застосування гідроциклону показують можливість підвищення вилучення не менше ніж на 1%, ефективність класифікації на 6-7%, продуктивність млинів на 5-10%.

Список літератури

1. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы / Под ред. Ю.Э. Аккермана, Г.Б. Букати, Б.В. Кизевальтера и др., 2-е изд., перераб. і доп. – М.: Недра, 1982. – 388 с.
2. А. С. 895515 СССР. Устройство для магнитного разделения материалов / Г.Д. Селезнев. Опубл. 1982, № 1. 3. А. с. 1734854А1 СССР. Магнитный гидроциклон / П.П. Юров, Л.И. Мишук, Г.В. Губин, В.А. Кобаченко, Ю.В. Белых, Е.Н. Нескоромный, В.П. Яременко Опубл. 1992. – № 19.
3. Патент на корисну модель UA№ 67426 U. Магнітний гідроциклон / В.І. Мулявко, Т.А. Олійник, Г.В. Губін, В.В. Ткач, Д.С. Мулявко, М.О. Олійник, С.В. Міхно / 27.02.2012. – 6 с.

© Мулявко В.І., Олійник Т.А., Скляр Л.В., Олійник М.О., Міхно С.В., 2012

*Надійшла до редколегії 08.05.2012 р
Рекомендовано до публікації д.т.н. Г.В. Губіним*