



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **109523** (13) **C2**
(51) МПК (2015.01)
B02C 17/00
B02C 25/00
G05D 5/04 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2014 12189	(72) Винахідник(и):	Шерстюк Ростислав Володимирович (UA), Шинкар Андрій Олександрович (UA), Чечуга Юрій Миколайович (UA), Мордовін Дмитро Миколайович (UA), Шинкар Максим Андрійович (UA), Шерстюк Андрій Ростиславович (UA)
(22) Дата подання заявки:	11.11.2014	(73) Власник(и):	ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "АТЗТ КОМПАНІЯ "САТУРН ДЕЙТА ІНТЕРНЕТШЕНЛ", вул. Борщагівська, 125, м. Київ, 03056 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.08.2015	(74) Представник:	Кривенко Юрій Юрійович, реєстр. №255
(41) Публікація відомостей про заявку:	25.02.2015, Бюл.№ 4	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	RU 2062656 C1, 27.06.1996 SU 1039560 A, 07.09.1983 SU 874185 A, 23.10.1981 US 3773268 A, 20.11.1973, WO 8101373 A1, 28.05.1981 CN 102357395 A, 22.02.2012 CN 101954309 A, 26.01.2011 Пистун Е., Заграй В., Николин Г. Автоматизация шаровых барабанных мельниц для ТЭС. - 1997. - С. 50 - 54. Знайдено в Інтернеті: < URL: http: www.cta.ru/cms/f/326707.pdf >
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.08.2015, Бюл.№ 16		

(54) СПОСІБ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ПОДРІБНЕННЯ РУДИ В БАРАБАННОМУ МЛІНІ

(57) Реферат:

Винахід належить до гірничої промисловості. Спосіб управління процесом подрібнення руди у барабанному млині включає визначення оптимального співвідношення руда-вода, подачу рудної маси та води у млин, подрібнення рудної маси до заданого гранулометричного складу та вивантаження її із млина. При цьому за допомогою передбачених датчиків формують масив інформаційних сигналів, які піддають нормалізації та згладжуванню з можливістю усереднення за певний період. Отримані значення інформаційних сигналів оцінюють, стосовно до заданого проміжку роботи млина, піддають розрахунку показників диференціалів і певних інтегралів тимчасових рядів. Обробляють інформаційний потік по змінах з кожного з факторів впливу на величину керуючого впливу. Здійснюють масштабування окремих змін за налагоджувальними критеріями впливу цих показників на регулювання процесу. Оптимізують завдання регулювання за критерієм максимальної переробки руди з урахуванням її фізико-механічних властивостей і

UA 109523 C2

оптимального співвідношення рідкої та твердої фаз у пульпі. Здійснюють формування керуючих сигналів подання оптимальної кількості руди і води. Контролюють навантаження на приводи основних і допоміжних механізмів, оцифровані дані у вигляді вихідних сигналів подають у пропорційно-інтегрально-диференціальні регулятори, за допомогою яких здійснюють оптимальне завантаження руди і води у млин. Подачу руди та води в млин контролюють відповідними датчиками. Заявлений винахід підвищує продуктивність процесу, знижує енергоємність виробництва, запобігає перевантаженню та простою обладнання, забезпечує одержання високоякісного продукту та підвищує ефективності подрібнення рудної маси.

Винахід належить до гірничої промисловості і може бути використаний для реалізації систем управління подрібненням рудної маси в барабанних млинах різних типів. Зокрема винахід може бути використаний на гірничо-збагачувальних комбінатах, там, де застосовуються галькові, кульові й стрижневі млини, які встановлюють у ланцюзі технологічних апаратів, працюючих разом із класифікаторами з постійним циркуляційним навантаженням.

Винахід забезпечує оптимізацію технологічного процесу подрібнення руди з урахуванням її фізико-механічних властивостей і гранулометричного складу, а також особливостей технологічного процесу подальшого одержання залізорудного концентрату з максимальним вмістом корисного компонента.

Відомий спосіб автоматизації роботи млина шляхом розміщення в його корпусі датчиків визначення швидкості її обертання, датчиків непрямого визначення якості подрібнення вихідного матеріалу, а також датчиків контролю надходження в корпус млина вихідного матеріалу й виходу подрібненої сировини (Пистун Е., Заграй В., Николин Г. Автоматизация шаровых барабанных мельниц для ТЭЦ - www.cta.ru/cms/f/326707.pdf).

Виходячи з фізико-механічних властивостей сировини, що подрібнюється, і процесів, що визначають характер розкриття рудних зерен для наступного збагачення, застосування відомої системи автоматизації дозволяє:

- забезпечити постійний контроль виміру і розрахунку дійсних значень трьох основних технологічних параметрів: ступеня завантаження барабанного млина матеріалом, що розмелюється, температури подрібненої сировини на виході із млина й перепаду тиску на барабані млина;

- забезпечити оптимізацію процесу подрібнення, що включає безперервний пошук і стабілізацію, шляхом управління подачею матеріалу, що розмелюється, у млин, такого значення ступеня завантаження барабанного млина, при якому забезпечується максимально можлива продуктивність млина;

- візуалізувати режими роботи регулятора, значення ступеня завантаження млина для коректування процесу подрібнення;

- інформувати про процес подачі матеріалу в млин, виникнення технологічних обмежень, а також наявності передаварійних ситуацій;

- запобігти аварійній зупинці млина у випадку його перевантаження вхідним і подрібненим матеріалом.

Недоліком відомого способу управління барабанного млина є обмеженість його використання, тому що він застосовується для ефективного подрібнення матеріалу, що має низькі міцнісні характеристики. До цієї сировини належить вугілля, торф, а також сланець, які застосовуються як паливо на теплових електростанціях. Робота автоматичної системи забезпечує доведення вихідної сировини до дрібнодисперсного стану у сполученні з його зневоднюванням. При реалізації способу не можна оптимізувати технологічний процес при подрібненні вихідної мінеральної сировини у двофазному середовищі.

Спосіб управління не дозволяє одержати необхідний ступінь подрібнення мінеральної складової пульпи, частки якої мають задану гідравлічну крупність для ефективного поділу різними способами сепарації на збагачений продукт й порожню породу.

Спосіб автоматизації не може бути використаний для подрібнення рудної маси високої міцності, тому що не може забезпечити її заданий гранулометричний склад. Подрібненням рудної маси в млині передбачає утворення готового технологічного продукту у вигляді пульпи із заданим співвідношенням руда-вода, для формування середовища, щільність якого забезпечує необхідний ступінь рухливості й її наступну збагачуваність при реалізації технологічного циклу, що передбачає гравітаційні, гідравлічні й магнітні способи сепарації до одержання товарного рудного концентрату.

Найбільш близьким рішенням, вибраним як найближчий аналог, є спосіб автоматичного управління процесом подрібнення в барабанному млині (Патент Росії № 2062656 на винахід).

Спосіб передбачає визначення оптимального співвідношення руда-вода, подачу рудної маси й води в млин, подрібнення рудної маси до заданого гранулометричного складу й вивантаження її із млина.

Відповідно до способу, вимірюють потужність приводу й рівня заповнення барабана, здійснюють екстремальне регулювання продуктивності млина, фіксують аварійні перевантаження, регулюють витрату матеріалу, аналізують завантаження при протіканні перехідних процесів, фіксують можливість перевантаження й відповідність цим перевантаженням поточної витрати матеріалів. У випадку відсутності перевантаження повторно виконують екстремальне регулювання й визначають проміжок часу, протягом якого виробляється екстремальне регулювання в незмінному напрямку, що відповідає підвищенню

рівня завантаження. Вибирають величину тимчасового інтервалу оцінки ймовірності настання перевантаження, за кожен черговий інтервал підраховують число ознак перевантаження. Визначають базове значення потужності приводу після кожного тимчасового інтервалу відповідно до заданого співвідношення, при цьому корегують величину робочого кроку екстремального регулювання.

Недоліком відомого способу автоматичного регулювання є те, що його оптимізація здійснюється тільки виходячи з фактичного навантаження на приводи млина. Це не враховує цілий ряд факторів, без яких не може бути досягнуте якісне подрібнення рудної маси.

Система управління функціонує у рамках системи навантаження на привод - об'єм рудної маси, що завантажується. Така система забезпечує довгострокове функціонування приводів і передавальних вузлів барабанного млина, у той же час така система управління не тільки не контролює процес подрібнення руди, але не дає ніяких гарантій, що подрібнення може бути досягнуте до необхідного ступеня. Особливо це позначається при збагаченні сировини фізико-механічні властивості якої непрогнозовано змінюються. При застосуванні відомої системи автоматичного регулювання необхідно додаткові засоби контролю процесу і якості подрібнення руди, які враховували б її фізико-механічні властивості, гранулометричний склад, об'єми подачі й розвантаження у взаємозв'язку із процесом подрібнення.

Застосування додаткової системи управління, що забезпечує одержання необхідного подрібненого продукту, повинно бути інтегроване із системою управління, що оптимізує роботу приводу. Це невиправдано збільшує собівартість монтажу керуючого устаткування, збільшує обсяг робіт по його обслуговуванню й утруднює вибір екстремального режиму, при якому забезпечується раціональна робота приводів у сполученні із заданим ступенем подрібнення.

Особливістю роботи барабанного млина є те, що подрібнення руди відбувається у рідкому середовищі, що є складовою частиною готового продукту - рудної пульпи. Кінцевим продуктом барабанного млина є пульпа із заданим співвідношенням руда-вода, що дозволяє забезпечити можливість поділу при гравітаційному й магнітній впливі на рудну й нерудну складову. У зв'язку із цим, у циклі подрібнення кінцевий продукт представляє мінеральну масу, подрібнену до заданого гранулометричного складу в сполученні з необхідною кількістю води. Саме ці показники готової продукції повинні бути на виході з барабанного млина.

Разом з тим, одержання кондиційного продукту повинно сполучатися з оптимальним режимом роботи устаткування, що попереджає вихід з ладу привідних механізмів й аварійне зношування вузлів. Не забезпечення цих умов приводить до ймовірності поломки вузлів і механізмів, а значить - до непродуктивних витрат часу на ремонтні роботи.

Задачею винаходу є удосконалення способу управління процесом подрібнення рудної маси в барабанному млині за рахунок того, що управління подрібненням здійснюється на підставі даних, що одержуються від інформаційних датчиків, які розташовують в основних вузлах і механізмах, від функціонування яких залежить якість сировини, що подрібнюється, і безперебійна робота агрегату.

Отримані сигнали порівнюються з адаптивними технологічними показниками, величина яких забезпечує одержання високоякісного продукту. При цьому забезпечується не тільки оптимальне максимальне навантаження на приводи, але й максимальна продуктивність при вивантаженні високоякісного подрібненого продукту.

Удосконалення способу автоматизації роботи млина досягається за рахунок того, що:

1. Інформаційні сигнали від датчиків, установлених на конструктивних елементах млина, піддають згладжуванню, усередненню.

2. Фактичні інформаційні сигнали забезпечують формування диференціальних й інтегральних показників, що забезпечують можливість оптимізації процесу подрібнення з урахуванням фізико-механічних властивостей рудної маси й технічних обмежень, застосовуваних основних і допоміжних агрегатів, з урахуванням можливості попередження перевантаження технологічного устаткування, а також оптимізації кількості води виходячи з маси завантаженої рудної маси.

3. Адаптивну подачу оптимальних об'ємів води й руди, що забезпечує максимальну продуктивність млина з вивантаженням готового матеріалу, який має заданий діапазон гранулометричного складу, виходячи з фізико-механічних властивостей рудної маси і її фракційного складу після дробарки великого дроблення.

Технічний результат від використання винаходу досягається за рахунок того, що:

- млин використовується при оптимальному навантаженні, відповідно до якого планова продуктивність передбачає можливість одержання максимального об'єму подрібненої маси при раціональному навантаженні на вузли й механізми млина;

- забезпечується можливість одержання високоякісного подрібненого продукту й утворення рудної пульпи із заданим співвідношенням руда-вода;

- спосіб управління має високу адаптивність до зміни фізико-механічних властивостей сировини, що переробляє, і забезпечує високу стабільність необхідних параметрів готового продукту;

- використання способу забезпечує зниженням собівартості переробки руди, зменшення питомих витрат на ремонт й обслуговування устаткування.

- висока якість подрібнення рудної маси зменшує циркуляційне навантаження на млин, і тим самим зменшує непродуктивне навантаження на основне й допоміжне устаткування;

- отримана пульпа ефективно піддається різним видам сепарації, що дозволяє одержати високоякісний залізорудний концентрат для металургійної промисловості.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що спосіб управління процесом подрібнення руди у барабанному млині включає визначення оптимального співвідношення руда-вода, подачу рудної маси й води у млин, подрібнення рудної маси до заданого гранулометричного складу й вивантаження її із млина.

Відповідно до винаходу, в конструктивних елементах барабанного млина, а також на основних і допоміжних вузлах і механізмах розташовують датчики, за допомогою яких формують масив інформаційних сигналів, які піддають нормалізації та згладжуванню, з можливістю усереднення за певний період часу. Отримані значення інформаційних сигналів оцінюють, стосовно до заданого проміжку роботи млина, піддають розрахунку показників певних диференціалів і інтегралів тимчасових рядів. Після цього обробляють інформаційний потік по змінах з кожного з факторів впливу на величину керуючого впливу. Здійснюють масштабування окремих змін за налагоджувальними критеріями впливу цих показників на регулювання процесу і оптимізують завдання регулювання за критерієм максимальної переробки руди з урахуванням її фізико-механічних властивостей і оптимального співвідношення рідкої й твердої фаз у пульпі. Здійснюють формування керуючих сигналів подання оптимальної кількості руди і води та коректують ці завдання за критерієм цільової функції пошуку максимуму продуктивності подрібнюючого агрегату з урахуванням обмежень, пов'язаних із критичними параметрами, обумовленими перевантаженнями устаткування і якісними показниками подрібнення. Формують керуючі сигнали на відповідні привідні механізми і забезпечують регламентовану подачу у барабанний млин рудної маси і технологічної води. Постійно контролюють навантаження на приводи основних і допоміжних механізмів, контроль роботи яких здійснюють з одночасним порівнянням з базовими даними про їх припустиме оптимальне навантаження з оцінкою. Стосовно до заданого проміжку роботи млина, розрахунку показників певних диференціалів і інтегралів тимчасових рядів. Після оптимізації завдань регулювання за критерієм максимальної переробки руди з урахуванням її фізико-механічних властивостей й оптимального співвідношення рідкої й твердої фаз. Оцифровані дані у вигляді вихідних сигналів подають у пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор, за допомогою якого створюють керуючі команди для виконавчих механізмів і здійснюють оптимальне завантаження руди у млин для подрібнення. Процес подрібнення контролюють датчиком контролю ваги руди, що подається у млин, та формуючі керуючі команди за допомогою завантажувального устаткування збільшують або зменшують об'єм завантаження руди в млин при оптимальному навантаженні на устаткування. Оптимальну подачу води у млин здійснюють за допомогою пропорційно-інтегрально-диференціального регулятора. Цим регулятором формують керуючі сигнали, що подають на привідні механізми регулюючого пристрою подачі води в барабанний млин, при цьому подачу руди та води у млин контролюють відповідним датчиком кількості води, що подають у млин.

Для підвищення ефективності подрібнення руди, разом з барабанним млином як циркуляційне навантаження застосовують класифікатор. Подачу води у класифікатор регулюють за допомогою відповідного пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятора. Цим регулятором формують керуючі сигнали на привідні механізми регулюючого пристрою подачі води в класифікатор в оптимальному об'ємі. Контроль кількості воді, що завантажуються в класифікатор, контролюють відповідним датчиком.

Для підвищення ефективності подрібнення руди, пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор привідного механізму завантажувального пристрою рудної маси та пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор привідного механізму регулюючого пристрою подачі води у барабанний млин, виконують з можливістю формування оператором керуючих команд подачі руди й води у барабанний млин та можливістю передачі інформації щодо команд від оператора стосовно подачі руди й води у барабанний млин для урахування при оптимізації завдання регулювання за критерієм максимальної переробки руди з урахуванням її фізико-

механічних властивостей і оптимального співвідношення рідкої й твердої фаз у пульпі та при урахуванні обмежень, пов'язаних із критичними параметрами, обумовленими перевантаженнями устаткування і якісними показниками подрібнення.

Для підвищення ефективності подрібнення руди, пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор привідного механізму завантажувального пристрою рудної маси, пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор привідного механізму регулюючого пристрою подачі води в барабанний млин, а також пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор привідного механізму регулювання подачі води в класифікатор, виконують з можливістю формування оператором керуючих команд подачі руди й води в барабанний млин, а також води в класифікатор та можливістю передачі інформації щодо команд від оператора стосовно подачі руди й води у барабанний млин для урахування при оптимізації завдання регулювання за критерієм максимальної переробки руди з урахуванням її фізико-механічних властивостей і оптимального співвідношення рідкої й твердої фаз у пульпі та при урахуванні обмежень, пов'язаних із критичними параметрами, обумовленими перевантаженнями устаткування і якісними показниками подрібнення.

Спосіб реалізується таким чином.

Для подрібнення твердих матеріалів на гірничо-збагачувальних комбінатах найбільше поширення одержали барабанні млини. Залежно від виду тіл, що мелють, розрізняють млини кульові, стрижневі й галькові. У кульових млинів як тіла, що мелють, використовують сталеві або чавунні кулі, у стрижневих - сталеві стрижні, у галькових - кремінну гальку або руду.

Залежно від способу розвантаження подрібненого продукту розрізняють млини із центральним розвантаженням і розвантаженням через решітку.

Циліндричні кульові й стрижневі млини широко застосовуються на збагачувальних фабриках для подрібнення руд. Стрижневі млини можуть бути використані як апарати дрібного дроблення перед кульовими млинами й для подрібнення дрібновокращених руд перед гравітаційними або електромагнітними процесами збагачення. Галькові млини в основному застосовуються в тих випадках, коли не можна допустити навіть незначних домішок заліза до матеріалу, що подрібнюється.

При подрібненні руди, за рахунок змішування твердої й рідкої фаз утворюють пульпу, вміст води в якій визначає її рухливість при вивантаженні й здатність твердої фази ефективно подрібнюватися. Прийнято вважати, що вміст води в млин повинен бути в межах 15-20 % твердого, при цьому вода є транспортом для виводу готової фракції для подальшої переробки. При зменшенні величини подачі води пульпа в млині стає менш рухливою, що негативно позначається на продуктивності млина. З ростом розрідження пульпи в млинах зменшується продуктивна густина продукту, що приводить до зниження ефективності подрібнення і збільшується кількість матеріалу, який повертається апаратами класифікації на повторне подрібнення, до зниження ефективності роботи наступного устаткування, представленого дешламаторами, гідроциклонами й магнітними сепараторами.

Тому, оптимальне управління роботою барабанного млина при постійній роботі приводів забезпечують їхню кутову швидкість, полягає в забезпеченні заданого навантаження рудної маси, що подається в млин для подрібнення й подачі в необхідній кількості технічної води для стабільного співвідношення руда-вода в готовому продукті для наступного гідралічного або магнітного збагачення.

Технологічний цикл подрібнення, ґрунтується на встановленні оптимального співвідношення руда-вода стосовно до конкретних фізико-механічних властивостей руди, що переробляється.

Підготовлену рудну масу подають у завантажувальну частину барабанного млина, особливістю якої є розміщення інформаційних датчиків як у конструктивних елементах млина, так і допоміжних вузлах, включаючи приводи й передавальні механізми. Розміщення датчиків здійснюється виходячи з одержання необхідного й максимально повного об'єму інформації для забезпечення функціонування агрегату в екстремальному режимі й забезпечення стабільних якісних показників подрібнення руди та одержання залізорудної пульпи.

За допомогою датчиків може бути отримана наступна інформація, наприклад, об'єктові дані в режимі реального часу про: вагу руди у млині, витрати води у млин, витрати води в класифікаторі, активну потужність приводу млина, струми приводу млина, шуми в барабані млина, струми або потужність приводу класифікатора, гранулометричний склад рудної маси на зливі класифікатора, рівень в жолобі класифікатора, швидкість пульпи в зливному жолобі класифікатора, температури кореневих підшипників млина, гранулометричний склад у початковій руді, вібрації кореневих підшипників млина, масову частку заліза у руді, масову частку заліза у хвостах, гранулометричний склад на зливі гідроциклона, густини на зливі класифікатора та інш.

Кількість і розташування датчиків визначають виходячи з конструкції млина й, відповідно, повноти необхідної інформації для ефективного управління роботою млина.

За допомогою датчиків формують інформаційні сигнали, які групують і передають в блок обробки сигналів електронно-обчислювальної машини. Цей блок може бути пов'язаний із сервером, у якому зберігається вся поточна інформація від кожного датчика. У блоці обробки сигналів інформаційний потік згладжується шляхом усунення високочастотних перешкод - шумів, які можуть спотворювати фактичні дані, необхідні для ухвалення адекватного рішення системою автоматичного управління роботою барабанного млина.

При згладжуванні інформаційних потоків також видаляють і випадкові одиничні сплески, які особливо характерні при зніманні інформації за допомогою датчиків, закріплених безпосередньо до млина і його допоміжному устаткуванню.

При необхідності, після нормалізації і згладжування сигнали усереднюються за певний період часу. Це здійснюється при наявності значних коливань даних, розбіжність яких потребує певного усереднення. Отримані значення інформаційних сигналів передають у блок оптимізації електронно-обчислювального комплексу де їх оцінюють, стосовно до заданого проміжку роботи млина, піддають розрахунку показників певних диференціалів і інтегралів тимчасових рядів.

Після розрахунку диференціальних та інтегральних показників, обробляють інформаційний потік по змінам з кожного з факторів впливу на величину керуючого впливу. При цьому здійснюється відбувається масштабування окремих змін за налагоджувальними критеріями впливу цих показників на регулювання процесу.

Отримані сигнали після масштабування окремих змін за налагоджувальними критеріями впливу на регулювання процесу оптимізують щодо завдань регулювання за критерієм максимальної переробки руди з урахуванням її фізико-механічних властивостей і оптимального співвідношення рідкої й твердої фаз у пульпі.

При цьому здійснюють формування керуючих сигналів для завдання (руди, води), а так само коректують ці завдання за критерієм цільової функції пошуку максимуму продуктивності подрібнюючого агрегату. Це здійснюється з урахуванням обмежень, пов'язаних із критичними параметрами, обумовленими перевантаженням у контурі млин-класифікатор. Крім того враховуються якісні показники подрібнення (густина у розвантаженні млина, густина зливу класифікатора, грансклад у зливні класифікатора по контрольному класі).

Після оптимізації завдань регулювання за критерієм максимальної переробки руди з урахуванням її фізико-механічних властивостей й оптимального співвідношення рідкої й твердої фаз формують керуючі сигнали на відповідні привідні механізми, що забезпечують регламентовану подачу в барабанний млин рудної маси і технологічної води.

Об'єми подачі руди й води безпосередньо позначаються на навантаженні на приводи основних і допоміжних механізмів. Це збільшує ймовірність їхнього передчасного зношування й виходу з ладу. У зв'язку із цим навантаження на приводи основних і допоміжних механізмів постійно контролюють попереджаючи експлуатаційне перевантаження барабанного млина й класифікатора, якщо він включений у технологічну ланку процесу подрібнення руди.

Контроль роботи технологічного устаткування здійснюють з одночасним порівнянням з базовими даними про припустиме навантаження на приводи й технологічне устаткування, а також даними про оптимальне навантаження, при якому досягається максимальна продуктивність технологічного устаткування.

Крім того, навантаження на приводи основних і допоміжних механізмів постійно контролюють при оцінці, стосовно до заданого проміжку роботи млина, розрахунку показників певних диференціалів і інтегралів тимчасових рядів.

Це необхідно для того, щоб забезпечити реагування на тривожні сигнали, що характеризують процес перевантаження в контурі млин-класифікатор і забезпечити швидке реагування на розвантаження.

Після оптимізації завдань регулювання за критерієм максимальної переробки руди з урахуванням її фізико-механічних властивостей й оптимального співвідношення рідкої і твердої фаз, оцифровані дані у вигляді вихідних сигналів подають у пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор (ПІД-регулятор).

За допомогою ПІД-регуляторів створюють керуючі команди для виконавчих механізмів, що здійснюють завантаження руди в млин для подрібнення.

Процес подрібнення контролюють датчиком контролю ваги руди, що подається у млин, та формують керуючі команди за допомогою яких завантажувальне устаткування збільшує або зменшує об'єм завантаження руди в млин, забезпечуючи необхідну якість виробництва продукції й оптимальне навантаження на устаткування.

Оптимальну подачу води також здійснюють за допомогою ПІД-регулятора, яким формують керуючі сигнали на привідні механізми регулюючого пристрою подачі води в барабанний млин.

Це забезпечує подачу води в оптимальному об'ємі, достатньому для утворення пульпи із заданим співвідношенням руда-вода.

5 Як подачу руди так и в подачу води в млин контролюють відповідним датчиком кількості води, що подають у млин.

Наявність датчика забезпечує постійне подання води в млин з урахуванням об'єму руди, що завантажується.

10 Контрольні датчики забезпечують можливість поточного контролю й корегування подачі руди й води в млин при зміні фізико-механічних властивостей рудної маси і її первісного гранулометричного складу.

При необхідності, у парі з барабанним млином можуть здійснювати оптимальне управління і класифікатором, що працює з млином як циркуляційне навантаження. Для цього подача води у класифікатор регулюють за допомогою відповідного ПІД-регулятора, яким формують керуючі сигнали на привідні механізми регулюючого пристрою подачі води в класифікатор в оптимальному об'ємі, достатньому для утворення пульпи із заданим співвідношенням руда-вода.

20 подача води в класифікатор безупинно контролюють датчиком кількості води, що подається в класифікатор. Наявність датчика забезпечує постійну подачу води в класифікатор з урахуванням об'єму руди, що завантажується.

25 Підвищення ефективності подрібнення руди в умовах, коли необхідно адаптувати технологічний процес до фізико-механічних характеристик сировини, що змінюються, здійснюється за рахунок того, що ПІД-регулятор привідного механізму завантажувального пристрою рудної маси, ПІД-регулятор привідного механізму регулюючого пристрою подачі води в барабанний млин, виконують з можливістю формування оператором керуючих команд подачі руди й води в барабанний млин та можливістю передачі інформації щодо команд від оператора стосовно подачі руди й води у барабанний млин для урахування при оптимізації завдання регулювання за критерієм максимальної переробки руди з урахуванням її фізико-механічних властивостей і оптимального співвідношення рідкої й твердої фаз у пульпі та при урахуванні обмежень, пов'язаних із критичними параметрами, обумовленими перевантаженнями устаткування і якісними показниками подрібнення.

30 При використанні класифікатора як циркуляційне навантаження барабанного млина ПІД-регулятор привідного механізму завантажувального пристрою рудної маси, ПІД-регулятор привідного механізму регулюючого пристрою подачі води в барабанний млин, а також ПІД-регулятор привідного механізму регулювання подачі води в класифікатор, виконують з можливістю формування оператором керуючих команд подачі руди й води в барабанний млин, а також води в класифікатор та можливістю передачі інформації щодо команд від оператора стосовно подачі руди й води у барабанний млин для урахування при оптимізації завдання регулювання за критерієм максимальної переробки руди з урахуванням її фізико-механічних властивостей і оптимального співвідношення рідкої й твердої фаз у пульпі та при урахуванні обмежень, пов'язаних із критичними параметрами, обумовленими перевантаженнями устаткування і якісними показниками подрібнення.

45 Дослідно-промислові випробування показали високу ефективність способу управління подрібненням руди у барабанному млині, який забезпечує одержання високоякісного продукту для подальшої переробки на гірничо-збагачувальному підприємстві, млин використовується при оптимальному навантаженні за критерієм максимізації переробки руди з урахуванням її фізико-механічних властивостей, раціональному навантаженні на вузли й механізми млина, зниження енергоємності виробництва, підвищення ефективності подрібнення рудної маси.

50 ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб управління процесом подрібнення руди у барабанному млині, що включає визначення оптимального співвідношення руда-вода, подачу рудної маси і води у млин, подрібнення рудної маси до заданого гранулометричного складу та вивантаження її із млина, який **відрізняється**
55 тим, що в конструктивних елементах барабанного млина, а також на основних і допоміжних вузлах і механізмах розташовують датчики, за допомогою яких формують масив інформаційних сигналів, які піддають нормалізації та згладжуванню, з можливістю усереднення за певний період часу, після чого отримані значення інформаційних сигналів оцінюють стосовно до заданого проміжку роботи млина, піддають розрахунку показників певних диференціалів і інтегралів тимчасових рядів, після чого обробляють інформаційний потік по змінах з кожного з
60

факторів впливу на величину керуючого впливу, при цьому здійснюють масштабування окремих змін за налагоджувальними критеріями впливу цих показників на регулювання процесу, після чого оптимізують завдання регулювання за критерієм максимальної переробки руди з урахуванням її фізико-механічних властивостей і оптимального співвідношення рідкої та твердої фаз у пульпі, при цьому здійснюють формування керуючих сигналів подання оптимальної кількості руди і води та коректують ці завдання за критерієм цільової функції пошуку максимуму продуктивності подрібнюючого агрегату з урахуванням обмежень, пов'язаних із критичними параметрами, обумовленими перевантаженнями устаткування і якісними показниками подрібнення, після чого формують керуючі сигнали на відповідні привідні механізми і забезпечують регламентовану подачу в барабанний млин рудної маси і технологічної води, при цьому постійно контролюють навантаження на приводи основних і допоміжних механізмів, контроль роботи яких здійснюють з одночасним порівнянням з базовими даними про їх припустиме оптимальне навантаження з оцінкою стосовно до заданого проміжку роботи млина, розрахунку показників певних диференціалів і інтегралів тимчасових рядів, причому після оптимізації завдань регулювання за критерієм максимальної переробки руди з урахуванням її фізико-механічних властивостей та оптимального співвідношення рідкої і твердої фаз, оцифровані дані у вигляді вихідних сигналів подають у пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор, за допомогою якого створюють керуючі команди для виконавчих механізмів і здійснюють оптимальне завантаження руди в млин для подрібнення, при цьому процес подрібнення контролюють датчиком контролю ваги руди, що подається у млин, та формуючі керуючі команди за допомогою завантажувального устаткування збільшують або зменшують об'єм завантаження руди у млин при оптимальному навантаженні на устаткування, при цьому оптимальну подачу води у млин здійснюють за допомогою пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятора, яким формують керуючі сигнали, що подають на привідні механізми регулюючого пристрою подачі води у барабанний млин, при цьому подачу руди та води у млин контролюють відповідним датчиком кількості води, що подають у млин.

2. Спосіб управління за п. 1, який **відрізняється** тим, що разом з барабанним млином як циркуляційне навантаження застосовують класифікатор, при цьому подачу води у класифікатор регулюють за допомогою відповідного пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятора, яким формують керуючі сигнали на привідні механізми регулюючого пристрою подачі води в класифікатор в оптимальному об'ємі, при цьому контроль кількості води, що завантажується в класифікатор, контролюють відповідним датчиком.

3. Спосіб управління за п. 1, який **відрізняється** тим, що пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор привідного механізму завантажувального пристрою рудної маси та пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор привідного механізму регулюючого пристрою подачі води у барабанний млин виконують з можливістю формування оператором керуючих команд подачі руди та води у барабанний млин.

4. Спосіб управління за п. 1, який **відрізняється** тим, що пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор привідного механізму завантажувального пристрою рудної маси, пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор привідного механізму регулюючого пристрою подачі води у барабанний млин, а також пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор привідного механізму регулювання подачі води в класифікатор виконують з можливістю формування оператором керуючих команд подачі руди та води в барабанний млин, а також води в класифікатор.

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601