УДК 681.5.015

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ЗАЛІЗНОЇ РУДИ У МЛИНАХ ПЕРШОЇ СТАДІЇ

О. Ізовіта, аспірант
В. Ярмоленко, аспірант
О. Сербул, канд. техн. наук, доцент
Центральноукраїнський національний технічний університет

Процеси дроблення, подрібнення та грохочення є невід'ємною частиною виробничих технологій і широко використовуються в різних галузях народного господарства. Сьогодні у світі щорічно обробляється понад два мільярди тонн корисних копалин шляхом дроблення і подрібнення. За чисельністю залучених працівників та масштабами виробництва підприємства, що займаються цими операціями, поступаються лише сільському господарству, що свідчить про їхню важливість і значний вплив на економіку.

Процеси дроблення, подрібнення та грохочення є невід'ємною складовою технологічних схем збагачувальних фабрик, оскільки саме вони забезпечують підготовку корисних копалин до подальшої збагачувальної обробки. Збагачення корисних копалин – це галузь промисловості, яка займається переробкою твердих корисних копалин з метою отримання концентратів – продуктів з покращеними характеристиками порівняно з вихідною сировиною, які відповідають вимогам їхнього подальшого використання у народному господарстві. Окрім задоволення потреб металургії, видалення порожньої породи під час збагачення сприяє зниженню транспортних витрат при доставці сировини на металургійні заводи, а також зменшує вартість виплавки металу. При будівництві збагачувальних фабрик приблизно половина капіталовкладень припадає на цехи дроблення і подрібнення. Під час експлуатації фабрик значна частина металу використовується у цих цехах, а близько половини загального енергоспоживання йде саме на дроблення та подрібнення. Враховуючи це, виникає нагальна потреба в розробці та впровадженні більш ефективних і сучасних методів керування цими процесами з метою зниження витрат ресурсів і підвищення загальної продуктивності виробництва.

Основним сировинним ресурсом для чорної металургії є залізні та марганцеві руди, вміст металів у яких може значно варіюватися. Прямому плавленню для отримання металу піддається лише невелика частина залізних, нікелевих, марганцевих та інших металевих руд. З розвитком металургійного виробництва запаси багатих руд поступово вичерпуються, що призводить до зменшення обсягів руд, придатних для безпосереднього плавлення. Для забезпечення сталого зростання виробництва чорних, кольорових та рідкісних металів виникає необхідність залучення до промислової переробки більш бідних руд, які не відповідають суворим вимогам металургійного переділу щодо вмісту основного металу та наявності шкідливих домішок. Для приведення таких руд у відповідність із технологічними стандартами необхідно їх попереднє сортування, підготовка і збагачення, що дозволяє підвищити якість сировини, зменшити витрати на подальшу металургійну обробку і забезпечити ефективне використання наявних ресурсів.

Подрібнення вихідної залізної руди на збагачувальних фабриках зазвичай здійснюється поетапно, у кілька стадій. На першому етапі використовують кульовий млин у поєднанні зі спіральним механічним класифікатором, які разом утворюють замкнутий технологічний цикл. Для ефективного керування процесом подрібнення на цій стадії важливо точно визначити загальне навантаження кульового млина, яке включає не лише подачу свіжої вихідної руди, а й циркулююче навантаження, що складається з пісків, відділених класифікатором. Такий підхід дозволяє оптимізувати роботу обладнання, забезпечити потрібну дисперсію матеріалу і підготувати руду для подальших операцій збагачення.

Витрати вихідної руди зазвичай вимірюють за допомогою конвеєрних ваг з достатньо високою точністю, тоді як визначення циркулюючого навантаження (пісків) є значно складнішим завданням. Ця складність стимулює пошук нових, більш ефективних методів оцінки цього параметру. Аналіз сучасних технологій показує, що за умови широкого застосування мікропроцесорних систем можна реалізувати методи, які базуються на припущенні, що вологість пісків спірального механічного класифікатора є функцією кількох параметрів, таких як крупність фракцій та обсяг матеріалу. Використання таких залежностей дозволяє більш точно оцінювати циркулююче навантаження, оптимізувати процес подрібнення і підвищувати ефективність роботи збагачувальної фабрики в цілому.

Сучасний розвиток технологій збагачення корисних копалин супроводжується ускладненням технологічних схем, які включають поєднання різноманітних методів збагачення. Це дає змогу отримувати з однієї й тієї самої сировини різні види продукції, придатні для використання в різних галузях промисловості та народному господарстві. Такий підхід передбачає застосування широкого спектра спеціалізованого обладнання, приладів та матеріалів. У зв'язку з цим зростають вимоги до кваліфікації обслуговуючого персоналу збагачувальних фабрик. Для забезпечення стабільності, точності й ефективності роботи таких складних систем усе більш актуальною стає потреба в автоматизації технологічних процесів і систем управління. Автоматизація дозволяє не лише зменшити навантаження на персонал, а й підвищити якість продукції, знизити втрати ресурсів та енергії, а також оперативно реагувати на зміни у вхідних параметрах виробництва.

Існує широкий спектр систем контролю та автоматичного регулювання, однак усі вони розробляються на основі фундаментальних принципів теорії автоматичного управління, з урахуванням специфіки конкретного технологічного процесу. В умовах автоматизованого керування функції оператора-технолога частково або повністю передаються системам автоматичного управління й контролю. Ці системи забезпечують безперервний моніторинг стану як вхідних, так і вихідних параметрів, а також поточного стану самого процесу. На підставі отриманих об'єктивних даних автоматичні регулятори здійснюють керуючі впливи відповідно до заданого алгоритму або закону регулювання. Завдяки цьому досягається підвищення точності, стабільності та ефективності технологічного процесу, знижується вплив людського чинника і підвищується загальна надійність виробничої системи. Крім того, впровадження таких систем відкриває можливості для гнучкого адаптивного управління, прогнозування відхилень і оптимізації режимів роботи обладнання.

Питання керування процесами подрібнення традиційно розглядаються у двох основних вимірах – енергетичному та технологічному, які є взаємопов'язаними та взаємовпливаючими. Забезпечення високої ефективності подрібнювального процесу потребує одночасного досягнення мінімального рівня енергоспоживання при збереженні або збільшенні виходу готового продукту заданої крупності. Для досягнення зазначених цілей необхідно впроваджувати комплексні системи автоматичного регулювання й стабілізації, що дають змогу підтримувати оптимальні параметри роботи подрібнювального обладнання. Зокрема, важливо забезпечити:

1. стабільність вмісту готового класу (тонкої фракції) у зливі класифікатора, що дозволяє контролювати ступінь подрібнення і якість продукту;
2. оптимальну швидкість транспортування матеріалу всередині барабана млина, яка впливає на ефективність взаємодії матеріалу з подрібнювальними тілами;
3. раціональне завантаження млина сировиною та подрібнювальними тілами (кулями, стержнями тощо) – це забезпечує максимальну продуктивність млина без перевантаження або недозавантаження;
4. підтримку необхідної густини пульпи, яка безпосередньо впливає на ефективність поділу в класифікаторі та якість процесу подрібнення.

Додатково, сучасні системи керування можуть включати адаптивні алгоритми, що автоматично підлаштовуються під зміну властивостей руди, навантаження обладнання та інші змінні умови, що сприяє підвищенню надійності й стабільності всього технологічного ланцюга.

Густина пульпи, що характеризується часткою твердої фази в рідкому середовищі, є одним із ключових технологічних параметрів, які потребують постійного контролю та регулювання в процесах збагачення корисних копалин. Її значення істотно впливає на ефективність більшості стадій переробки, особливо на етапі подрібнення, який вирізняється найвищим рівнем енергоспоживання серед усіх операцій збагачення.

Підтримання оптимальної густини пульпи дозволяє забезпечити:

1. раціональне завантаження млина, що запобігає перевантаженню або неефективному використанню подрібнювального обладнання;
2. стабільність гідродинамічних режимів у класифікаторах, які відділяють продукти різної крупності;
3. ефективний розподіл енергії подрібнення між частинками матеріалу;
4. покращення селективності та ступеня збагачення на наступних технологічних етапах – флотації, гравітації тощо.

У зв’язку з цим, автоматизовані системи моніторингу та регулювання густини пульпи відіграють важливу роль у забезпеченні стабільності технологічного процесу та зниженні витрат на одиницю продукції. Своєчасне коригування густини, з урахуванням зміни властивостей сировини, дозволяє підтримувати максимальну продуктивність та якість готового концентрату.

У системі «млин – класифікатор» під впливом зовнішніх збурень, таких як зміна властивостей руди, коливання циркулюючого навантаження тощо, виникають тривалі перехідні процеси, які можуть тривати годину і більше. Це значно ускладнює або навіть унеможливлює ефективне застосування класичних систем автоматичного регулювання, що базуються на датчику вихідного параметра та зворотному зв’язку за ним.

У зв’язку з цим виникає необхідність використання принципу інваріантності, відповідно до якого бажаного вихідного результату досягають шляхом впливу на систему спеціально підібраними вхідними сигналами, співвідношення яких визначається складними математичними законами. Раніше реалізація таких підходів була ускладнена відсутністю необхідних технічних засобів, здатних виконувати обчислення в реальному часі.

Однак із розвитком мікропроцесорної техніки та електронних обчислювальних засобів з’явилася реальна можливість впровадження складних алгоритмів керування, які забезпечують адаптацію системи до змін технологічного середовища. Це відкриває шлях до побудови інтелектуальних систем керування, здатних автоматично реагувати на змінні умови, оптимізуючи роботу комплексу «млин – класифікатор» та підвищуючи загальну ефективність збагачувального процесу.

Список літератури

1. Білецький В.С., Олійник Т.А., Смирнов В.О., Скляр Л.В. Техніка та технологія збагачення корисних копалин. Частина І. Підготовчі процеси. Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2019. – 200 с. ISBN 978-617-7553-73-0
2. Техніка і технологія переробки гірських порід: навч. посіб. / В.Г. Кравець та ін., – КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 315с.
3. Папушин Ю.Л., Білецький В.С. Основи автоматизації гірничого виробництва. навч. посіб. Донецьк, Східний видавничий дім, 2007. 168 с.
4. Сировинні матеріали та їх підготовка до металургійних процесів: підручник / Воденніков С.А. та ін. за ред. доктора технічних наук, професора Червоного І.Ф. Запоріз. держ. інж. акад Запоріжжя: ЗДІА, 2013. 408 с. ISBN978-966-8462-91-7