

УДК 622.7: 622.3

К.В. НИКОЛАЄНКО, канд. техн. наук, доц., Ю.К. ЗАВЕРЮХА, магістрантка
Криворізький національний університет

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ АГЛОРУДИ ПІДЗЕМНОГО ВИДОБУТКУ

Розглянуто питання підвищення якості аглоруди з гематитових руд Шахтоуправління ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» шляхом виводу з технології продукту в якому в процесі дроблення та грохочення вихідної руди по існуючій технологічній схемі дробарно-сортувальної фабрики, концентруються засмічуючі різновиди і наступного сухого магнітного збагачення поточної аглоруди з отриманням концентрату з вмістом заліза не менше 58,0 %. Вивчено речовинний склад вихідної руди підземного видобутку Шахтоуправління та визначено її різновиди, які засмічують кінцеву товарну продукцію. Визначено продукт в якому в процесі дроблення та грохочення вихідної руди по існуючій технологічній схемі дробарно-сортувальної фабрики, концентруються засмічуючі різновиди. Запропоновано вивести з технологічного процесу цей продукт, що дозволить підвищити якість товарної аглоруди на 2,6 %. Вивчено можливість подальшого підвищення якості аглоруди, отриманої після виводу з існуючої технологічної схеми дробарно-сортувальної фабрики засмічуючих різновидів, сухою магнітною сепарацією на сепараторах з індукцією магнітного поля 0,7 Тл. Визначено крупність аглоруди, яка піддається сухій магнітній сепарації. Виконано дослідження поділу вузьких класів аглоруди на магнітному сепараторі. Встановлено, що при магнітній сепарації в полі 0,7 Тл, крім магнітних продуктів високої якості, отримуються багаті промпродукти, які потребують подальшого збагачення. Вивчена можливість їх подальшого збагачення в сепараторах з індукцією магнітного поля 0,9-1,3 Тл. Визначено величину індукції магнітного поля для отримання якісних показників поділу. Встановлено, що суха магнітна сепарація аглоруди дозволяє додатково підвищити її якість на 2,6 %. Отримані результати дозволили виявити нові параметри та технологічні вимоги щодо рекомендації вдосконалення конструкцій високоінтенсивних магнітних сепараторів для збагачення гематитових залізних руд шахтного видобутку. Розроблено технологію збагачення із застосуванням виводу з існуючої технологічної схеми дробарно-сортувальної фабрики засмічуючих різновидів та наступною високоінтенсивною сухою магнітною сепарацією поточної аглоруди.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Питання пов'язане з підвищенням конкурентоспроможності вітчизняних виробників залізородної продукції за рахунок підвищення якості аглоруди пришахтних дробарно-сортувальних фабрик, є актуальним. Одним з таких родовищ є гематитові руди підземного видобутку Шахтоуправління ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Аналіз досліджень і публікацій. Свого часу проведено досліді зі збагачення гематитових руд магнітним та флотаційним методами. Застосуванню флотаційного методу збагачення заважають недостатньо вивчені екологічні наслідки в густонаселений районах. Крім того, як показав досвід роботи збагачувальних фабрик комбінатів, цей метод не дозволяє досягнути планових показників якості та виходу кінцевих продуктів збагачення.

Магнітний метод використовувався для збагачення бідних гематитових руд України в різних варіантах (високоінтенсивна мокра магнітна сепарація на КГЗКОР та ГЗК комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг», суха магнітна сепарація при виробництві агломераційної руди на устаткуванні фірми «Укрекологія»).

Для вирішення завдання по збагаченню гематит-мартитових руд шахтного видобутку, які використовуються для виробництва агломерату, в даний час важливе значення має створення технічних рішень по підвищенню якості кінцевої продукції, які можливо реалізувати на існуючих дробарно-сортувальних фабриках, без суттєвих капітальних вкладень.

Постановка завдання. Головним для ефективного збагачення є достатньо селективне розділення компонентів гематитових руд.

Для вирішення задачі виробництва з гематитових руд підземного видобутку концентрату з вмістом заліза загального не менше 58 %, є необхідним створення умов для ефективного видалення нерудних мінералів в процесі їх дроблення та грохочення і наступного сухого магнітного збагачення.

Викладення матеріалу та результати. Дослідження вихідної руди показало, що вона представляє собою гематит-мартитовий різновид з відношенням вказаних рудних мінералів 48,6 та 25,5 % відповідно.

Було визначено породи та руди, які засмічують товарну продукцію в процесі дроблення та грохочення вихідної руди, при отриманні товарної аглоруди та такі, які потребують подальшої

переробки. Це «окрасковані» сланці та метапісчаник, кількість яких зростає в надрешітних продуктах грохочення технологічної схеми та знижує якість кінцевої аглоруди і класи крупності +10 та 10-0 мм аглоруди, які відрізняються по вмісту рудної фази та заліза загального.

Вивчення відібраних продуктів показало, що величина рудної фази та вміст в них заліза загального складає відповідно:

надрешітний продукт контрольного грохочення III стадії дроблення - 7,6 та 24,6 % відповідно;

клас +10 мм аглоруди - 71,1 та 55,0% відповідно;

клас 10-0 мм аглоруди - 96,0 та 56,2% відповідно.

Дослідження показали, що засмічуючі породи можливо видалити в процесі дроблення та грохочення видобутої руди, при розмиканні замкнутого циклу III стадії дроблення з виведенням в хвості надрешітного продукту контрольного грохочення, що дає можливість підвищити вміст заліза в аглоруді на 2,6 % з 53,2 до 55,8 %.

Було проведено дослідження, та визначена доцільність сухого магнітного збагачення аглоруди отриманої після розмикання замкнутого циклу III стадії дроблення, з вмістом заліза 55,8 %. При цьому аглоруда була розділена на класи крупності +10 мм та 10-0 мм.

З матеріалу крупністю 10-0 мм, відсіяного з аглоруди, можливо отримати (табл. 1) в магнітному полі 0,7 Тл магнітний продукт з вмістом заліза 59,15-60,55 %. Сумарний вміст заліза в магнітному продукті склав 59,26 % при виході його від операції 71,8 % та вилученні 75,7 %.

Таблиця 1

Показники розділення аглоруди крупністю 10-0 мм в магнітному полі 0,7 Тл

Класи крупності, мм	Продукти	Показники розділення, %		
		вихід	вміст заліза	вилучення
10-7	вихідний	100	55,6	100
	магнітний	45,0	60,55	49,0
	промпродукт	45,0	56,19	45,5
	немагнітний	10,0	30,67	5,5
7-0	вихідний	100	56,3	100
	магнітний	75,4	59,15	79,2
	промпродукт	23,5	49,18	20,5
	немагнітний	1,1	14,39	0,3
10-0	вихідний	100	56,2	100
	магнітний	71,8	59,26	75,7
	промпродукт	26,0	50,68	23,4
	немагнітний	2,2	21,57	0,9

З аглоруди крупністю +10 мм, доподрібненої до 10-0 мм, можливо отримати (табл. 2) в магнітному полі 0,7 Тл магнітні продукти з вмістом заліза 58,35-62,91%. Сумарний вміст заліза в магнітному продукті склав 60% при виході його від операції 50% і вилученні 56,4%.

Однак в обох випадках магнітного збагачення аглоруди має місце наявність багатих промпродуктів з вмістом заліза 50,68-53,4 % при їх виході від операції 26,0-35,1 % і вилученні 23,4-35,2 %.

Дані промпродукти були піддані подальшому магнітному збагаченню в полях 0,9-1,3 Тл, кожен окремо і в суміші.

Аналіз проведених досліджень показав, що при магнітному збагаченні промпродуктів в полі до 1,3 Тл можливе отримання магнітних продуктів з вмістом заліза 55,8-56,4 % при їх виході від операції 78,8-84,7 % і вилученні 87,5-89,5 %. Вміст заліза в хвостах склав 21,57-29,7 %.

Отже, для поліпшення якісних показників аглоруди Шахтоуправління рекомендується:

1. Розімкнути цикл доподрібнення в III стадії дроблення.
2. Магнітному збагаченню піддавати аглоруду, попередньо розкласифікувавши її по класу 10 мм і доподрібнивши клас + 10 мм до 10-0 мм.
3. Магнітне збагачення вести в два етапи:

перший - при індукції 0,7 Тл з виділенням мартитових різновидів;

другий - при індукції 1,3 Тл з виділенням залишків мартиту і гематитових різновидів.

За результатами досліджень була розроблена технологія збагачення із застосуванням розмикання замкнутого циклу III стадії дроблення з виведенням в хвості надрешітного продукту контрольного грохочення та наступною високоінтенсивною сухою магнітною сепарацією поточної аглоруди з додробленням класу +10 мм, яка дозволяє з існуючої вихідної руди шахтного

видобутку з вмістом заліза 53,2 % отримати аглоруду з вмістом заліза 58,4 % при виході від вихідної 84,5 % та вилученні заліза 92,8 %. Вміст заліза в хвостах складе 24,7 %.

Таблиця 2

Показники розділення класу +10 мм аглоруди, до подрібненої до крупності 10-0 мм, в магнітному полі 0,7Тл

Класи крупності, мм	Продукти	Показники розділення, %		
		вихід	вміст заліза загального	вилучення
10-5	вихідний	100	51,1	100
	магнітний	35,5	62,91	43,7
	промпродукт	40,3	53,54	42,2
	немагнітний	24,2	29,78	14,1
5-0	вихідний	100	55,4	100
	магнітний	65,6	58,35	69,1
	промпродукт	29,4	53,29	28,3
	немагнітний	5,0	29,19	2,6
10-0	вихідний	100	53,2	100
	магнітний	50,0	60,0	56,4
	промпродукт	35,1	53,4	35,2
	немагнітний	14,9	29,7	8,4

Рекомендована технологічна схема наведена на рис. 1.

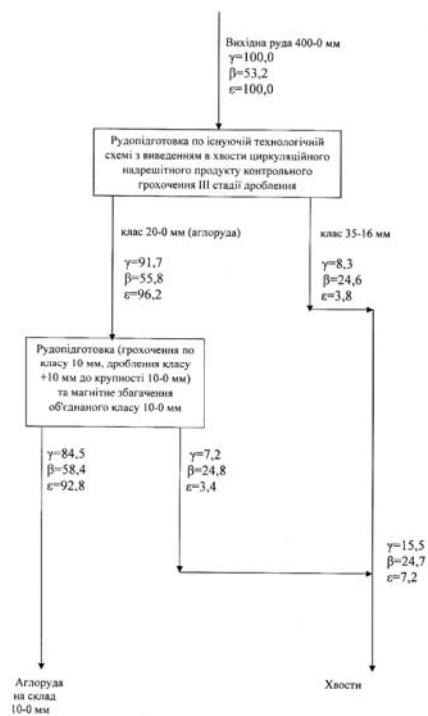


Рис. 1. Рекомендована технологія для підвищення якості руди підземного видобутку Шахтоуправління

Мінеральний аналіз отриманих кінцевих магнітних продуктів (збагачена аглоруда) показав, що величина рудної фази в них в порівнянні з вихідною аглорудою підвищується на 7,01-8,46 % (з 79,39 до 86,4-87,85 %). Кількість нерудної фази в немагнітному продукті (хвосты збагачення) при цьому досягає 61,07 %.

За результатами досліджень виявлено нові параметри та технологічні вимоги щодо рекомендації вдосконалення конструкцій високоінтенсивних магнітних сепараторів для збагачення гематитових залізних руд шахтного видобутку.

Висновки та напрямок подальших досліджень.

Отже, використання комбінації операцій розмикання замкнутого циклу III стадії дроблення з виведенням в хвосты надрешітного продукту контрольного грохочення, та наступна високоінтенсивна суха магнітна сепарація поточної аглоруди дозволяє суттєво (на 5,2 %) підвищити якість кінцевої аглоруди та отримати товарну продукцію з вмістом заліза більше 58 %.

Напрямок наступних досліджень, є подальше підвищення якості аглоруди за рахунок її класифікації на вузькі класи, з їх збагаченням.

Список літератури

1. Предпроектные исследования и разработка технологических схем обогащения агломерационных руд подземных рудников Кривбасса, обеспечивающих повышение массовой доли железа в товарной продукции на 5-8%. Отчет института «Механобчермет». Кривой Рог. 1993.
2. В.П. Мовчан, М.М. Бережний. Основы металлургии / Мовчан В.П., Бережний М.М. // Днепропетровськ, «Пороги». 2001.
3. Пути повышения качества аглоруды подземной добычи Кривбасса" / Прилипенко В.Д., Дробот В.А., Авраменко А.А. и др. // Сб. материалов МИСИС, Москва, 5 Конгресс обогатителей стран СНГ. – 23-25 марта 2005 г. – Т.4.
4. Скляр Л.В., Николаенко К.В., Олейник Т.А. Повышение качества бедных кусковых руд шахтной добычи Кривбасса методом отсадки / Скляр Л.В., Николаенко К.В., Олейник Т.А. // Качество минерального сырья. – 2005. – С. 87-89
5. Сухое магнитное обогащение гематит-мартитовых руд Криворожского бассейна / Ширяев А.А., Самоткал Э.В., Заболотный С.А. и др. // Кривий Ріг: Видавничий дім, 2009. – 248 с.

6. **И.Флорек** Современные направления развития магнитного обогащения минерального сырья и материалов / **Флорек И.** // Обогащение руд, №1, 1992.
7. **Кармазин В.И., Кармазин В.В.** Магнитные методы обогащения руд / **Кармазин В.И., Кармазин В.В.** // М., Недра, 1984.
8. **Кармазин В.И.** Обогащение руд черных металлов / **Кармазин В.И.** // М., Недра, 1982.
9. **Кармазин В.И., Кармазин В.В.** Магнитные методы обогащения / **Кармазин В.И., Кармазин В.В.** // М., Недра, 1978.
10. **Лазаренко Е.К., Гершойг Ю.Г., Бучинская Н.И.** и др. Минералогия Криворожского бассейна / **Е.К. Лазаренко, Ю.Г. Гершойг, Н.И. Бучинская** // Киев: Наукова думка, 1977 – 544 с.
11. Permroll Separator Eerrous Wheel Separator: Проспекты/ Bateman Equipment Inc, 1987.
12. **A.M. Turkenich.** A novel method for improvement of quality of a magnetite concentrate // Magnetic end Electrical Separation. – 2001. – Vol. 10, №4. – P. 207–208.
13. **Grosh A.G., Daughney V.F.** High-Tension Separation of Wabush Mines Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, 1967, vol.60, № 667.

Рукопис подано до редакції 14.04.15

УДК 622.788: 004.032.26

А.С. КУЗЬМЕНКО, ст. преподаватель, М.Л. БАРАНОВСКАЯ, канд. техн. наук, доц.
Криворожский национальный университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЧАШЕВЫМ ОКОМКОВАТЕЛЕМ

Чашевый окомкователь является сложной, с точки зрения автоматического управления, машиной. Большое количество входящих (влажность шихты, скорость вращения чаши, угол наклона чаши, расход шихты и воды в чашу), исходящих (диаметр, прочность и влажность окатыша) параметров и внешних воздействий (температура и влажность воздуха, содержание железа в шихте) зависят друг от друга не линейно и в некоторых случаях не явно, что создает большие трудности при управлении чашевым окомкователем. Определению подходящей системы автоматического управления чашевым окомкователем посвящена серия работ, включая эту. В данной работе обоснован выбор направления поиска подходящей системы управления. Для этого составлена математическая модель одноконтурной системы управления приводом вращения чаши чашевого окомкователя. В модели для сравнения автоматических систем управления использована классический ПИД регулятор и однослойная нейронная сеть обученная по алгоритму «дельта-правила». Произведено сравнение систем управления при разных входящих воздействиях. Определены основные параметры переходных процессов (время первого согласования t_y , перерегулирование σ , время переходного процесса $t_{\text{ин}}$) и найдены коэффициенты ошибок позиционирования c_0 , скорости c_1 и ускорения c_2 для каждого типа системы управления. Показаны закономерности, по которым найдены соответствующие коэффициенты ошибок. Для наглядности работы разных систем управления приведены графики ошибок c_0 , c_1 и c_2 .

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. При производстве окатышей технологический процесс окомкования не является энергоемким. Но качество подготовки окатышей существенно повышает энергопотребление на стадии обжига. На процесс окомкования в чашевом окомкователе влияют много факторов, среди которых: содержание железа в шихте, основность шихты, крупность шихты, расход шихты в чашу, угол наклона чаши, скорость вращения чаши, влажность шихты. Своевременное реагирование при управлении чашевым окомкователем на отклонение параметров значительно повысит качество сырых окатышей, что в дальнейшем приведет к сокращению энергозатрат на производство окатышей в целом [1,2].

Анализ исследований и публикаций. При повышении требований к качеству готового продукта управление агрегатами без автоматизированных систем невозможно [10]. Эффективное управление может быть достигнуто при использовании многоуровневых систем автоматизации с применением средств вычислительной техники - автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) [11]. В этом направлении существует много научных работ как по исследованию всего технологического процесса фабрик окомкования [3,4,5,6,12], так и по процессам подготовки исходного сырья (добавок) и формирования (дозирования) шихты для производства сырых и готовых окатышей [7,8,9,14].

Постановка задачи. Определить возможность и целесообразность использования классических и гибридных нейронных сетей для управления чашевым окомкователем.