

Таким образом, стабилизирование в процессе подготовки кокса не только улучшает качественные показатели кокса, но и обеспечивает дополнительно повышение постоянства его свойств [9].

Список литературы

1. **Курунов И.Ф.** Качество кокса и возможности снижения его расхода в доменной плавке // *Металлург.* – 2001. – № 11. – С. 39-46.
2. **Товаровский И.Г., Лялюк В.П.** Эволюция доменной плавки. – Днепропетровск: Пороги, 2001. – 424 с.
3. Формирование гранулометрического состава кокса. Его взаимосвязь с показателями механической прочности / **Е.В. Карунова, А.М. Гюльмалиев, С.С. Гагарин, И.А. Султангузин** // *Кокс и химия.* – 2006. – №2. – С. 23-31.
4. **Привалов В.Е., Скляр М.Г., Семисалов Л.П.** Основные направления в области улучшения качества доменного кокса // *Кокс и химия.* – 1969. – №3 – С. 12-18.
5. О ситовом составе кокса для доменной плавки / **Л.З. Ходак, Б.А. Гесс-Де-Кальве, Ю.И. Борисов и др.** // *Кокс и химия.* – 1974. – №7. – С. 20-24.
6. Требования к качеству кокса / **И.Д. Балон, Г.В. Журавлев, Н.И. Красавцев и др.** // *Кокс и химия.* – 1970. – №3. – С. 10-14.
7. **Некрасов З.И.** Требования к качеству кокса для мощных доменных печей // *Кокс и химия.* – 1976. – №2. – С. 8-10.
8. Методы определения качества кокса и их сравнительная оценка / **Е.Н. Степанов, Д.А. Мезин, О. В. Чуйкина, Л.В. Шебунова** // *Кокс и химия.* – 2011. – №12. – С. 24-26.
9. **Мучник Д.А., Бабанин В.И.** Возможности улучшения качества кокса после выдачи из печей. – Екатеринбург: ВУХИН, 2011. – 235 с.
10. **Гесс-Де-Кальве Б.А.** О подготовке кокса к доменной плавке // *Металлург.* – 1967. – №12. – С. 25-27.
11. Опытные доменные плавки на сортированном коксе / **В.Л. Кроль, Г.М. Дорогобид, И.Ф. Курганов и др.** // *Кокс и химия.* – 1968. – № 4. – С. 21-24.
12. Требования европейских доменщиков к качеству кокса / **Реф. Г.С. Ухмылова** // *Кокс и химия.* – 2001. – №4. – С. 24-26.
13. Повышение эффективности шихтовых материалов к плавке / **В.В. Севернюк, А.Д. Учитель, В.П. Лялюк, А.Я. Зусмановский** // *Сталь.* – 1998. – №4. – С.9-13.

Рукопись поступила в редакцию 12.03.14

УДК 504.064.2: 622.271.4

В.І. ЄФІМЕНКО, д-р техн. наук, проф., В.В. ЄФІМЕНКО, асистент,
О.О. ЯГОДКІНА., студентка, Криворізький національний університет

АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ КОМПЛЕКСНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ГІРНИЧОВИДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА ВИРОБНИЦТВО НЕРУДНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

На території нашого міста і прилеглих територіях знаходиться велика кількість відходів, пов'язаних з діяльністю гірничодобувних підприємств. Проблеми утилізації відходів є однією з найважливіших для нашого регіону.

Під час видобування й перероблення залізних руд, руд кольорових металів, хімічної сировини, нерудних матеріалів отримують побічні продукти двох типів: у вигляді розкритих та інших видобутих порожніх порід, при веденні гірських робіт та відходів гірничозбагачувальних комбінатів. Більшість з них пов'язана з видобутком і переробкою залізних руд. На залізрудних підприємствах країни обсяг порожніх порід досягає 400 млн т, у тому числі скельних порід більше 70%. Крім того, відходи після збагачення руди становлять понад 200 млн т [6].

Відвали відкритої і шахтної розробок корисних копалин, як правило, містять цінну сировину для виробництва ряду будівельних матеріалів, оскільки містять різного виду глини, каміння і піщані матеріали, крейда та інші компоненти.

У даний час відходи розкриття і хвосты збагачення використовують незначною мірою. Проведені дослідження, виробничі випробування й досвід роботи ряду промислових вироб-

ництв показують, що відходи видобутку і збагачення корисних копалин служать чудовою сировиною для виробництва пористих заповнювачів бетонів, будівельної цегли та кераміки, штукатурних та інших розчинів, щебеню та інших матеріалів, що користуються великим попитом, в першу чергу в будівництві.

Розроблення технології використання відходів гірничодобувної промисловості в якості сировини при виробництві цементів дозволить заощадити витрати на сировину в 2-3 рази, зменшити витрату палива на 10-40 %, що дає можливість знизити собівартість продукту.

Побічними продуктами видобутку залізних руд є кварцитові і близькі до них породи, наявність яких у загальному обсязі розробок корисних копалин досягає 50 %. [4] У металургійній галузі України утворюється велика кількість відходів, зокрема гранульованого і відвального доменних шлаків (відповідно ГДШ і ВДШ). ГДШ використовують в будівельній індустрії, а ВДШ накопичується у відвалах, тим самим займає сотні гектарів родючої землі, забруднює навколишнє середовище, негативно впливає на здоров'я людини, рослинний і тваринний світ. Якщо розглядати підприємства Кривого Рогу, наприклад ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» [10].

Дослідивши мінералогічний склад доменних шлаків, на підприємстві ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», можливо стверджувати, що зразки аналізу придатні для використання в будівельній індустрії. У табл. 1 наведено масові частки кожної з фаз, знайдених у зразках.

Таблиця 1

Результати рентгенофазового аналізу середньої проби ВДШ і гранулометричних фракцій ГДШ

Фаза	Масова частка мінералів, %				
	фракція ГДШ, мм				ВДШ, середня проба
	< 0,63	1,25–2,50	> 10		
			колір		
білий			сірий		
Кварц SiO_2	8,6	7,7	–	–	–
Галит NaCl	58	82	–	–	–
Альбит $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	14	0,97	–	–	–
Кальцит CaCO_3	9,3	9,3	5,3	33,2	–
Мусковит $\text{K}_{0,94}\text{Na}_{0,06}\text{Al}_{1,83}\text{Fe}_{0,17}\text{Mg}_{0,03}(\text{Al}_{0,91}\text{Si}_{3,09}\text{O}_{10})(\text{OH})_{1,65}\text{O}_{0,12}\text{F}_{0,23}$	9,8	–	–	–	–
Геленит $\text{Ca}_2\text{Al}(\text{Al},\text{Si})_2\text{O}_7$	–	–	55,9	24,5	–
*Окерманит $\text{Ca}_2\text{MgSi}_2\text{O}_7$	–	–	9,5	5,5	10,0
Микроклин KAlSi_3O_8	–	–	–	6,5	2,5
Ранкитинит $\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$	–	–	28,9	4,8	16
*Псевдоволластонит CaSiO_3	–	–	–	4,3	–
Ольдгамит CaS	–	–	0,48	15,1	–
Мервинит $\text{Ca}_3\text{MgSi}_2\text{O}_8$	–	–	–	6,1	–
*Бредигит $\text{Ca}_{14}\text{Mg}_2(\text{SiO}_4)_8$	–	–	–	–	1,6
Сребродольскит $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$	–	–	–	–	29,8
Якобсит MnFe_2O_4	–	–	–	–	8,5
*Ларнит $\beta\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$	–	–	–	–	32

Залізісті кварцити переважно складаються з оксидів заліза і кремнезему. Непридатні для збагачення залізісті кварцити й інші скельні породи вивозяться у відвали. Однак їх можна використовувати як заповнювач для особливо міцного бетону, а також баластний матеріал залізничного будівництва [1].

Для виробництва будівельних матеріалів з розкривних порід цінність представляє карбонатна і глиниста сировина. При відкритій розробці залізородних родовищ карбонатна сировина частіше представлена крейдяними породами з вмістом CaCO_3 90-99% і мергелистими породами, що містять 64-85% CaCO_3 . Ці породи можна застосовувати у виробництві вапна, цементу, мінеральної вати.

Область застосування глинистих розкривних порід різноманітна. Залежно від фізичних властивостей, хіміко-мінералогічного та речовинного складів глиниста сировина придатна для виробництва керамічних виробів, аглопориту, керамзиту, цементного клінкеру. При видобутку облицювального каменю, переробці на щебінь гірських порід, виробництві вапна утворюються відходи у вигляді, кам'яного борошна, негабариту. Різноманіття видів гірських порід, їх складу,

технологічних особливостей отримання основних продуктів обумовлює і різноманіттям якісних характеристик відходів нерудних будівельних матеріалів [8].

Найбільш масовими відходами є відсів, утворенні при виробництві будівельного щебеню і які становлять піщано-щебеневу суміш з максимальною крупністю щебеню 10 мм і вмістом домішок до 10-25%. При виробництві щебеню із вивержених порід обсяг відсівів досягає 25%, а з осадових - 45% від обсягу переробленої гірничої маси. За приблизними оцінками обсяг щорічного утворення відсіву дроблення становить при переробці вивержених порід 12-15 млн, карбонатних - 16-20 млн. Не маючи попиту відсів направляються у відвали, в яких скупчилися сотні мільйонів кубометрів відсіву [7].

Розглянемо кілька способів переробки відходу.

Один із способів полягає в одноразовому нагріванні вихідної сировини для отримання аліта. Для цього на 1 т відходу береться 3 моль CaCO_3 і нагрівається до температури 1450°C , у результаті отримуємо аліт ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$).

Другий реалізується за допомогою двоступеневого нагріву (рис. 1). Відбувається нагрів 1 тонни відходу спочатку до температури 1300°C , при цьому використовується 2 моль CaCO_3 . Результатом випалювання є $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ - білого кольору. Отриманий спік охолоджують до 25°C і витравлюють Al_2O_3 розчином соди. У зв'язку з цим необхідно здійснювати повторний нагрів. В якості тепла частково можна використовувати тепло відхідних газів, отримане в процесі першого випалу. Це нагрівання здійснюється з використанням 1 моль CaCO_3 і відбувається до температури 1450°C з отриманням аліта.

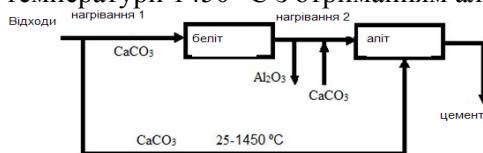


Рис. 1

Згідно з отриманими аналітичними даними, можна зробити висновок, що кількість тепла необхідного для проведення повторного нагріву за другим способом (двоступеневий нагрів), компенсується вартістю отриманого Al_2O_3 [10].

На всіх металургійних підприємствах організована переробка доменного шлаку в корисну продукцію: гранульований шлак (граншлак), щебінь, пемзу, мінеральну вату, лиття, бруківку та інші вироби, високоглиноземний щебінь. З усіх існуючих способів грануляції в металургії використовують основні три.

Мокре гранулювання - на поточну струмінь розплавленого шлаку подають струмінь води, і обидві струмені падають в басейн з водою. У результаті розплавлена речовина (шлаку) розбризкується і ці бризки тверднуть у воді у вигляді дрібних зерен або гранул.

Напівсухе гранулювання - розплавлену речовину, змішану із струменем води, подають на обертовий барабан з лопатями, з яких воно відкидається у вигляді крапель. При падінні в повітрі ці краплі тверднуть.

Сухе гранулювання - розплавлену речовину гранулюють під впливом стиснутого повітря, азоту або водяної пари. Доменні граншлаки використовують:

для часткової заміни природного піску в складі бетонів; як активний мінеральний домішок при виробництві шлако-портландцементу;

як сировинний компонент при виробництві цементного клінкеру;

для виробництва шлакоблоків (товари народного споживання) та ін.

Другим за обсягом переробки доменних шлаків є жужільний щебінь. Він є ефективним заповнювачем для бетону, поліпшує деякі технологічні характеристики бетонної суміші. Такий щебінь використовують для будівництва й ремонту автомобільних доріг. За своїми властивостями він не поступається щебеню твердих порід, іноді їх перевершує.

Економічний ефект обумовлено економією капітальних вкладень на виробництво нерудних матеріалів, скороченням обсягів відвалів і витрат на транспортування відходів, ліквідацією втрат у народному господарстві, пов'язаних з відчуженням земельних угідь та подальшою їх рекультивацією [10].

Постійний облік обсягів відходів дроблення жодного разу не проводився. За наближеними оцінками розмір відсіву дроблення, що утворюється щороку на підприємствах з виробництва щебеню, становить приблизно 28-35 млн м^3 , в тому числі відсівів вивержених порід - 12-15 млн м^3 , відсівів карбонатних порід - 16-20 млн м^3 . На даний момент у відвалах скупчилися сотні млн м^3 відсіву. Формовані з відсіву техногенні родовища в перспективі треба розглядати як мінерально-сировинну основу виготовлення дрібних фракцій щебеню, піску й інших видів продукції заради будівельної галузі.

У будівельній промисловості під час інтенсивного ведення будівельних робіт відзначається недолік залізничного транспорту. Перевезення такої дешевої сировини, як відсів на великі відстані не раціонально. Унаслідок цього їх цілком можна розглядати тільки як місцеву сировину.

Основними споживачами відсіву дроблення щебеню є дорожньо-будівельні організації. У ГОСТ 25607-94 прописані вимоги до сумішей, які використовуються для настилення і основ автомобільних доріг й аеродромів, до яких можуть входити відсів дроблення різноманітних гірських порід.

Для того щоб ефективно використовувати відсів у дорожніх бетонах, потрібно щоб чисельність пилоподібної комплектуючої була не вище 3 % та значно поліпшити форму зерен.

Виготовлення сухих будівельних сумішей (СБС), керамічних матеріалів, пористих бетонів, матеріалів на користь фільтрів, абразивних матеріалів, а ще наповнювачів заради полімерної, лакофарбової та гумово-технічної промисловості. Умови, запропоновані споживачами, різноманітні й лише детальне знання ознак сировини з відсіву дасть можливість виробникам освоювати раніше невідомі ринки збуту.

Виготовлення СБС зростає швидкими темпами. Тому за експертними оцінками ринок будматеріалів одержує не більше 25% необхідного обсягу даної продукції. Основним компонентом СБС вважається пісок (кварцовий, польовошпатовий або з відсівів дроблення).

Найбільш перспективним та підготовленим за ступенем подрібнення сировини становить матеріал, відібраний на окремих переділах виготовлення вапнякового борошна, наприклад, з циклонів та електрофільтрів. Отже проаналізувавши відходи гірської промисловості, можна зробити висновок, що вони придатні для виготовлення будівельних матеріалів. Для отримання цементу, було взято сировину з наступним складом основних компонентів 55% SiO₂, 30 % Al₂O₃, 5% Fe₂O₃.

Згідно з проведеними розрахунками, на 1 т відходу припадає 3,9 т CaCO₃. Було розглянуто декілька методів перероблення відходів гірничої промисловості. Отримання цементу високих марок з використанням як вихідної сировини відходів гірничовидобувної промисловості. Розглянуто можливість переробки відходу двома способами: прямий спосіб отримання цементу та спосіб отримання цементу через стадію витягання Al₂O₃. Обидва ці способи засновані на нагріванні сировини.

Список літератури

1. Бутт Ю.М., Сычев М. М., Тимашев В. В. Химическая технология вяжущих материалов. - М.: Высшая школа, 1980. - 472 с.
2. Волконский Б.В., Лойко Л.М., Лингузов К.Б., Морозов М. П. Производство цемента сухим способом. - М.: Стройиздат, 1971. - 204 с.>
3. Строительные материалы: Справочник. / Под ред. А.С.Болдырева, П. П. Золотова. - М.: Стройиздат, 1989. - 567 с.
4. Бутт Ю. М. Тимашев В. В. Портландцемент. - М.: Стройиздат, 1974. - 328с.
5. Бурковський Ю.А. Сухой способ производства портландцементного клинкера. - Госстройиздат, 1958.- 267с.
6. Окорочков С.Д. Расчет портландцементной сырьевой шихты. - Стройиздат, 1975.-329с
7. Колокольников В. С. Производство цемента. - М.: Высшая школа, 1967.-303с.
8. <http://masters.donntu.edu.ua/2011/feht/kinshova/diss/index.htm>
9. http://libertydoc.net/books/rodionov_a_i_klushin_v_n_sister_v_g_tehnologicheskie_processy_ekologicheskoi_bezopasnosti
10. <http://waste.ua/eco/2012/industrial-waste/blast-furnace/>
11. <http://www.prom-ltd.com/article28.html>
12. <http://masters.donntu.edu.ua/2010/feht/lapenko/diss/index.htm>

Рукопис подано до редакції 07.03.14

УДК 621.926: 34.16

В.М. РАДИОНОВ, аспірант, В.В. РАДИОНОВ, студент
Криворізький національний університет

СИСТЕМА НЕЛИНЕЙНОГО ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГИДРОЦИКЛОНОМ

Для нелинейных объектов, при различных начальных условиях и ограничениях используемые линейные регуляторы работают только на линейной или линеаризованной части характеристик. Устойчивость и требуемое качество САУ, спроектированной на основе линейной модели, гарантируется лишь в малой, четко не определенной, окрестности заданного режима. При больших отклонениях от заданного режима требования к качеству могут не выпол-