

УДК 622.775

К.В. НИКОЛАСНКО, канд. техн. наук, **С.А. САМОЙЛЕНКО**
(Україна Кривий Ріг Державний ВНЗ "Криворізький національний університет")

КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ СТАЛЕПЛАВИЛЬНИХ ШЛАКІВ

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Техногенні родовища – це результат інтенсивного розвитку гірничо-видобувної та переробної промисловості. До теперішнього часу на земній поверхні накопичені трильйони кубічних метрів техногенних відходів.

У світі вичерпання запасів розроблюваних родовищ, для численних гірничо-видобувних та металургійних підприємств техногенні об'єкти можуть стати пріоритетними, а в деяких випадках і єдиними джерелами мінеральної сировини.

В світі накопичена величезна кількість відходів збагачувальної та металургійної промисловості, вони зосереджуються у відвалах, хвостосховищах, балках, відстійниках.

В багатьох випадках вони приставляються як потенційні родовища різноманітних корисних копалин, які після геологічного вивчення можуть бути залучені до промислового використання. Утилізація промислових відходів дозволить з одного боку отримати відносно дешеву мінеральну сировину, а з іншого – ліквідувати (мінімалізувати) джерела забруднення навколишнього середовища.

Одним з видів техногенних відходів є шлаки металургійного виробництва за складовані у відвали.

Аналіз досліджень і публікацій. Згідно аналізу, проведеному УкрДНТЦ "Енергосталь" в 2005 р. на металургійних комбінатах України щодо утилізації сталеплавильних шлаків, на 5 металургійних підприємствах ("Азовсталь", "Криворіжсталь", Дніпровський метзавод ім. Дзержинського, Алчевський меткомбінат, Макіївський меткомбінат) налагоджена утилізація цих шлаків з вилученням з них заліза для використання в сталеплавильному процесі і частково з використанням їх в агломераційному процесі як флюсу. Можливості шлаків досить різноманітні. Велику частину шлаків переробляють у рідкому стані для одержання гранульованого шлаку, який використовується при виробництві цементу, шлакового щебеню і шлакової пемзи, деякі вводять до складу шихти при виплавці сталі. Сталеплавильні шлаки знаходять застосування як у металургії, так і у виробництві добрив і меліорантів для ґрунтів, абразивних матеріалів, але найбільші їх об'єми використовуються в будівництві. Фракціонований і рядовий шлаковий щебінь служить матеріалом для дорожнього, гідротехнічного і промислового будівництва, що дозволяє зменшити обсяги природних кам'яних матеріалів і зменшити масштаби порушень природного середовища, викликані їх розробкою. В Україні і за її межами великі об'єми шлаку використовують при зведенні дамб і захисних укісних конструкцій шламонакопичувачів, відстійників та інших об'єктів промислової гідротехніки.

Постановка завдання. Головним для комплексного використання шлаків є

ефективне вилучення з них залишкового заліза та залучення до подальшого використання. Для рішення поставленої задачі є необхідним вибір методу та створення умов для ефективного видалення в окремий продукт заліза з них (залізорудний концентрат) і отримання матеріалу для подальшого використання.

Викладення матеріалу та результати. Залізовмісними відходами виробництва сталі є шлами та шлаки, які мають назву в залежності від способу виробництва сталі (мартенівські, конверторні, електросталеплавильні).

Мартенівські шлами є найбільш високодисперсними серед металургійних шлаків, що значно ускладнює процеси підготовки їх до утилізації. Масова частка заліза в них становить 47-58%.

Масова частка заліза в конверторних шламах нижча, ніж в мартенівських і складає 41-45%.

Щодо шлаків, за даними на металургійних підприємствах України накопичено 240 млн т шлаків, 128 млн т з яких є сталеплавильні. За кількістю накопичених шлаків в Україні лідирує Єнакіївський металургійний завод, "Арселор-Міттал Кривий Ріг" та "Запоріжсталь".

Зазвичай, доменні шлаки складаються у відвалах відокремлено від сталеплавильних. Масова частка заліза в них – 5% у вигляді корольків.

Найбільш цікавими для залучення до подальшої переробки є сталеплавильні шлаки які вміщують більше металу – 10-15%. Питомий вихід сталеплавильних шлаків складає, в середньому, 160-170 кг/т сталі.

Основними компонентами у складі сталеплавильних шлаків є SiO_2 , CaO , Al_2O_3 з домішками P і Sг. Типовими мінералами сталеплавильного шлаку є браунміллеріт $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_7$, моно- і двокальцієвий феррит.

Для проведення досліджень, були відібрані проби шлаку з двох точок місця їх складування.

Проби шлаку було відібрано в двох крупностях: 250-60 та 60-0 мм.

Розрахунковий вміст заліза загального у вихідних пробах склав:

– перша проба – 14,0%;

– друга проба – 9,7%.

Як показали мінералогічні дослідження шлаки сталеплавильного виробництва представлені корисною фазою у вигляді металевого скрапу і оксидів заліза і нерудною, серед якої домінують кварц і вапняк.

Дані елементи мають істотну відмінність як в магнітних властивостях так і гравітаційних.

Металевий скрап та оксиди заліза є сильномагнітними, а кварц і вапняк-немагнітні.

Щільність металевого скрапу може становити $7,0 \text{ т/м}^3$, оксидів заліза – $5,5 \text{ т/м}^3$, а кварцу – $2,6 \text{ т/м}^3$, вапняку – $2,6-2,8 \text{ т/м}^3$. У зв'язку з цим було проведено порівняння показників збагачення даного шлаку "сухим" і "мокрим" магнітним і гравітаційним методами.

Магнітне збагачення здійснювалося на сепараторах зі слабким магнітним полем типу ПБС-120/50 і ПБМ-60/15. Гравітаційне збагачення проводилося на концентраційному столі СКО-0,5.

Завданням досліджень було – розробка економічно доцільної технології вилучення з шлаку заліза у вигляді металеві фази і оксидів, для отримання товарної продукції з вмістом заліза загального не менше 62%.

Для цього робота проводилася в два етапи.

На першому етапі, відібрані проби були піддані дробленню, просіванню і сухій магнітній сепарації для стадіального виділення металевих скрапу, з доведенням кінцевої крупності шлаку до 20-0 мм.

Дослідженнями встановлено, що з першої проби шлаку, шляхом поетапного дроблення, грохочення і сухої магнітної сепарації, можливо виділення в досліджуваних крупностях (250-60, 60-20 і 20-0 мм) металевих скрапу з вмістом заліза 71,8-40%. Середній вміст заліза 63,2%. Сумарний вихід продукту від вихідного шлаку склав – 10,1%. Крім цього була отримана збіднена фракція шлаку крупністю 20-0 мм, при виході від вихідного шлаку – 52,8%.

З другої проби шлаку, шляхом поетапного дроблення, грохочення і сухої магнітної сепарації, металевий скрап був виділений тільки в крупності 60-20 і 20-0 мм. Сумарний вихід продукту від вихідного шлаку склав – 2,7%. Середній вміст заліза – 42%. Вихід збідненої фракції 20-0 мм від вихідного шлаку склав 50,2%.

На другому етапі проведено дослідження з можливості виділення з шлаку, після відбору металевих скрапу, заліза, яке знаходиться в оксидній формі.

Для цього клас 20-0 мм отриманий в результаті поетапного дроблення, грохочення і виділення з вихідного шлаку першої та другої проб, металевих скрапу та збідненого продукту (промпродукт сухої магнітної сепарації класу 20-0 мм), піддавався мокрому подрібненню до крупності 1-0, 0,1-0 і 0,044-0 мм та подальшому збагаченню гравітаційним і магнітним методами.

У ході "сухої" магнітної сепарації класу 20-0 мм були виділені промпродукти з вмістом заліза загального:

– з першої проби – 17,8%;

– з другої проби – 16,4%.

Дані продукти були спрямовані на подальше збагачення.

На першій стадії досліджень було проведено порівняння гравітаційного і магнітного методів збагачення.

Порівняння результатів збагачення промпродуктів, з шлаку першої та другої проб подрібнених до крупності 1-0 мм, гравітаційним і магнітним методами показало, що отримані результати практично однакові. Для подальших досліджень був прийнятий магнітний метод, що забезпечує більш високу продуктивність одиничних апаратів.

На другій стадії досліджень вивчався вплив крупності подрібнення промпродуктів на кінцеві показники поділу. Для цього вони поетапно подрібнювалися до крупності 0,1-0 і 0,044-0 мм та збагачувалися магнітною сепарацією в два прийоми, з перечищенням магнітного продукту першого прийому.

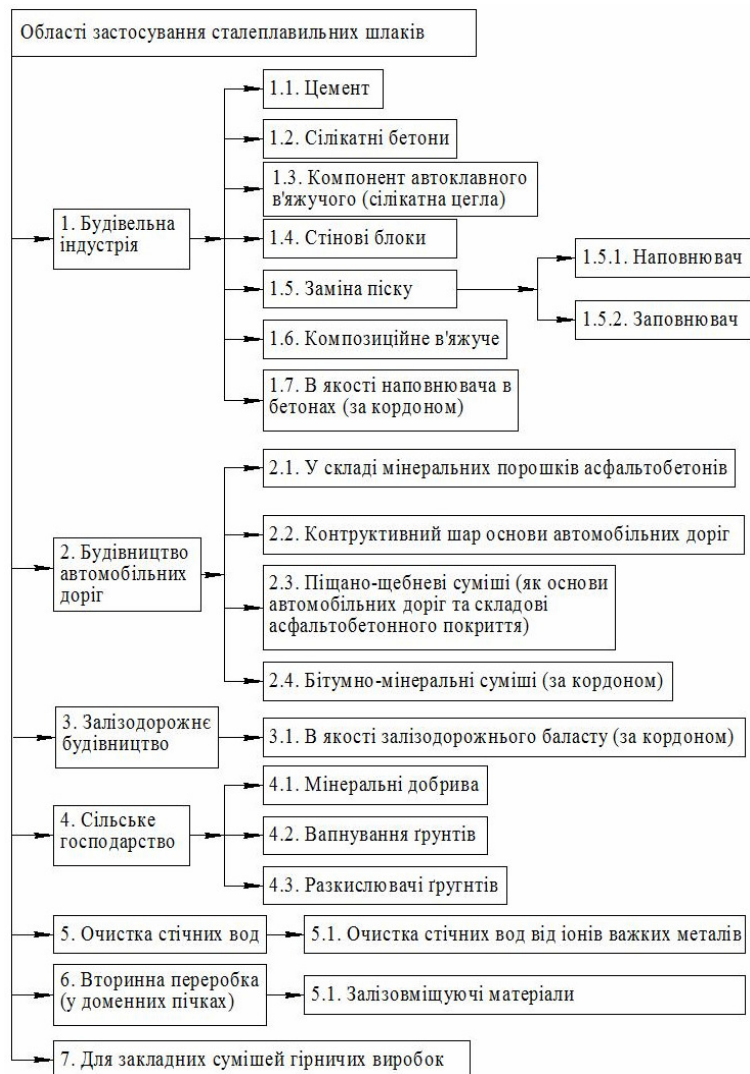
Встановлено, що доцільною крупністю подрібнення є крупність 0,044-0 мм, при якій вміст заліза в концентраті становить 56,2-59,4%. Однак дана якість концентрату була досягнута в дві стадії подрібнення і дві стадії мокрої магнітної сепарації. Вихід концентрату від живлення операції подрібнення і

збагачення склав 2,6% (перша проба) і 4,8% (друга проба), або 1,0% і 2,3% від вихідного шлаку відповідно.

Висока енергоємність процесу подрібнення, низький вихід концентрату і не досягнення його необхідної якості (не менше 62%), вказує на недоцільність вилучення з даного шлаку металу у вигляді оксидної форми.

Таким чином, рекомендується здійснювати переробку шлаку "сухим" способом, шляхом дроблення, грохочення і "сухою" магнітною сепарацією, з отриманням: металевого скрапу, при виході від вихідного шлаку 10,1% і вмісті заліза 63,2% і збідненого шлаку крупністю 20-0 мм, при виході 50,0%. Вилучення заліза з вихідного шлаку за даною технологією складе 45,6%.

При відпрацюванні раніше переробленого шлаку товарною продукцією може бути збіднений продукт крупністю 20-0 мм, при виході від вихідного шлаку 50,2%. Даний продукт можливо використовувати у інших галузях народного господарства. Напрями використання показано на рисунку. Висновки та напрямки подальших досліджень.



Напрями використання збідненого продукту збагачення сталеплавильного шлаку

Таким чином, доцільно для комплексного використання заскладованих сталеплавильних шлаків використовувати "суху" магнітну сепарацію поетапно дробленого продукту з доведенням його до крупності 20-0 мм. При цьому можливо отримати як кондиційний залізовмісний концентрат так і збіднений по залізу продукт придатний для подальшого використання. Напрямоком подальших досліджень, є підвищення вилучення заліза в залізовміщуючий концентрат за рахунок залучення до переробки промпродукту магнітного збагачення класу 20-0 мм.

Список літератури

1. Евтушенко Е.И. Комплексная переработка металлосодержащих отходов. – Белгород: БелГТАСМ, 1996. – 60 с.
2. Ласкорин Б.Н. Проблемы развития безотходных производств. – М.: Стройиздат, 1981. – 207 с.
3. Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Шахова Л.Д. Техногенные продукты в производстве сухих строительных смесей. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2011. – 196 с.
4. Панфилов М.И. Переработка шлаков и безотходная технология в металлургии. – М.: Металлургия, 1987. – 238 с.
5. Рекус И.Г., Шорина О.С. Основы экологии и рационального природопользования. – М.: Изд-во МГУП, 2001. – 146 с.

© Ніколаснко К.В., Самойленко С.А., 2016

*Надійшла до редколегії 25.08.2016 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. Т.А. Олійник*