В. Й. Засельський /д. т. н./,
Д. В. Пополов /к. т. н./, А. В. Сорокін
Ю. Г. Осадчук /к. т. н./, С. А. Жуков /к. т. н./

Криворізький металургійний інститут, НМетАУ,
м. Кривий Ріг, Україна
Криворізький національний університет, м.
Кривий Ріг, Україна

Підвищення ефективності використання рудних та металургійних шламів

V. I. Zaselskiy /Dr. Sci. (Tech.)/,
D. V. Popolov /Cand. Sci. (Tech.)/, A. V. Sorokin
Yu. G. Osadchuk /Cand. Sci. (Tech.)/,
S. A. Gukov /Cand. Sci. (Tech.)/

Krivoy Rog Metallurgical Institute of NAU,
Krivoy Rog, Ukraine
Krivoy Rog National University, Krivoy Rog,
Ukraine

Enhancement of the efficiency of use of retail and metallurgical sales

Мета. Розширення сировинної бази чорної металургії, значне зниження екологічного навантаження на навколишнє середовище та зменшення площ під шламові відстійники.

Проблема і її зв'язок з практичними завданнями. Основними відходами металургійного виробництва є шлами – дисперсний матеріал, який включає значну кількість оксидів заліза, марганцю, кальцію, які в цей час або не утилізуються зовсім, або утилізуються в дуже малій кількості; шлами для їх зберігання формуються у відвали; при цьому їх рідка частина дренує в ґрунт, забруднюючи при цьому ґрунтові води, а тверда частина після природного висихання схильна до вітрової ерозії і забруднює атмосферу.

У статті розглянута можливість повного використання шламів, яка включає їх зберігання. (Бібліогр.: 5 назв.)

Ключові слова: залізорудні шлами, хімічний склад твердої частини, шламова вода, система рециклінгу.

DOI: 10.33101/S065490876

Методика досліджень. Виклад отриманих результатів. Реалізація в Україні концепції сталого розвитку стосовно металургії потребує, зокрема, вирішення завдань, пов'язаних з підвищенням ефективності використання залізовмісних відходів виробництва, що актуально як з точки зору економії природних ресурсів за рахунок рециклінгу, так і з метою зменшення забруднення відходами навколишнього середовища. Тривале зберігання відходів (рудних і металургійних шламів в природних накопичувачах (хвостосховищах) супроводжується інфільтрацією їх рідкої фази в ґрунтові води і забрудненням атмосфери пилоподібними і газоподібними речовинами. В природних хвостосховищах ГЗК України на цей час заскладовано більше ніж 300 млн т заліза при щорічному прирості цього показника не менше ніж на 7,2 млн т [1–5].

Згадані відходи складаються з трьох істотно різних фаз:

– твердої фази з розміром частинок більше 5 мм і вмістом заліза до 12÷14 %;

– твердої фази, яка представлена дрібнокусковою частиною з розмірами шматків 3÷5 мм, що містить до 20–26 % заліза;

– рідкої фази, що вміщує високодисперсні тверді частинки, які складають по масі до 6 % маси цієї фази; ця фаза сильно обводнена, вміст води в ній в 2–6 разів більше за обсягом, ніж у твердій, а вміст заліза в твердій частині цієї фази досягає 35÷40 %.

Великий обсяг відходів в ГЗК Кривбасу викликаний низьким вмістом заліза в рудах, які видобуваються. Тут на одну тону одержуваного концентрату припадає 5–6 т відходів.

Відходи збагачувальних фабрик ГЗК Кривбасу містять до 25 % заліза загального та близько 12–13 % магнітного. Особливістю таких відходів є висока дисперсність частинок їх твердої складової, що виключає при їх переробці необхідність в додатковому подрібненні – найдорожчій операції при рудопідготовці.

У рідкій шламовій фазі вміст заліза значно вищий, ніж у твердій, що цілком можна пояснити

з урахуванням того, що міцність гірських порід падає з підвищенням в них вмісту заліза.

Використання шламів збагачення залізних руд (рудні шлами) не тільки вирішує питання, пов'язане з їх розміщенням і зберіганням, а й значно зменшує собівартість основного продукту збагачення – залізорудного концентрату і, що важливо, знімає небезпеку забруднення (в тому числі радіаційного) – реліктового гідробасейну. За останні роки в державі в 3–5 разів збільшився ризик (в основному в результаті збільшення техногенного навантаження) небезпечних екзогенних геологічних процесів: зсувів, абразії берегових зон, ярів, підтоплень, карсту, просідань ґрунту. Ці процеси, як відомо, вже вийшли на відкрити демонстрацію своєї агресивності, і сьогодні нам нічого їм протиставити. Крім того, виникає реальна загроза техногенних змін геохімічних параметрів навколишніх ландшафтів і зниження обсягів і якості питної води.

Рудні шлами є цінною сировиною, адже містять значну частку заліза – 35–65 %, а також інші компоненти у вигляді оксидів, карбонатів заліза, вуглецю, флюсів тощо, які забезпечують високу ефективність при їх утилізації. Одна тонна твердої частини шламів у шихті для спікання залізовмісного агломерату може замінювати значну кількість залізовмісних (800 кг), вапна і палива (80 кг). Різниця у вартості однієї тонни первинної сировини (залізовмісні – паливо (відновник) – флюси) і вторинної сировини (шлами) складає (при дотриманні їх балансу по залізу) 24–32 %, тобто завдання збільшення коефіцієнта використання вторинних ресурсів є не тільки утилізаційним, але й має забезпечувати підвищення економічної ефективності агломераційного процесу порівняно із застосуванням в агломерації традиційної трикомпонентної шихти.

Рециклінг твердої фази шламів, як правило, знижує вміст заліза в агломераті, і його надмірне використання і донині потребує серйозного обґрунтування; магнітна сепарація шламів мало-ефективна, оскільки вміст магнітного заліза в них не вище 50 % від маси твердої частини.

Використання твердої частини шламів відкриває можливості створення нових видів металургійної сировини з пріоритетом в її складі флюсової і паливної складових. Така окусована сировина при забезпеченні її механічної міцності може використовуватися також у сталеплавильному процесі як шлакоутворювач, охолоджувач розплаву, регулятор його кінематичної в'язкості. Всі шлами, незалежно від їх походження, мають близькі гранулометричні характеристики, але різноманітний хімічний склад.

У зв'язку з великою різноманітністю хімічного складу шламів доцільно ввести їх позначення,

в якому ідентифікується саме їх речовинний склад. Наприклад, шлам з позначенням Ш18Ж36Fe6C0,5S має такий речовинний склад: вода – 18 %, $Fe_{\text{заг.}}$ – 36, вуглець – 6, сірка – 0,5 %.

На деяких зарубіжних підприємствах при використанні в системі рециклінгу твердої частини шламів виконують рафінування їх складів з метою поліпшення споживчих властивостей, вводячи додаткові інгредієнти: Al, Cu – для підвищення теплопровідності, HCl – для боротьби з накипом в трубах охолоджувальних систем. При цьому інгредієнти, які вводяться в шлам, не повинні вступати в реакцію один з одним.

Наведений вище аналіз підтверджує ефективність використання твердої частини шламів, яку можна використовувати як додаткове джерело сировини.

Рідка частина шламів (шламова вода) (20÷26 % від маси шламів) є технічною сумішшю води і високодисперсних часток ($d_{\text{cp}} \leq 0,050$ мм з вмістом в суміші більше 92 %) не утилізується, а зливається в шламосховище, що є основною причиною забруднення ґрунту і ґрунтових вод після закінчення терміну експлуатації шламосховищ. Урожайність землі, яка використовувалася під сховище (при спробі її використання в сільському господарстві), дуже низька.

Ці спостереження показують необхідність створення системи знешкодження шламів з метою мінімізації їхнього впливу на ділянки ґрунту, що є дном сховища.

Найбільш економічно обґрунтованими шляхами вирішення цього завдання є:

- різке (в рази) зменшення площі шламосховищ з одночасною інтенсифікацією процесу осадження мінеральної складової шламів на дно сховища з безперервним використанням демінералізації складової води і періодичного очищення (один раз на два – три роки) дна сховища від осаду;
- очищення шламів від твердої складової і щільної частини (концентрату) його частин в струменях з використанням особливостей рельєфу місцевості і його (рельєфу) виправлення (коригування) в процесі руху шламового потоку від місця його утримання до місця його повторного вливання в технологічний процес.

Основними фізичними явищами, використання яких перспективне для рециклінгу шламів (зокрема, шламової води), є:

- утворення стоячих хвиль у рідких середовищах при накладенні прямої і зворотної пружних хвиль у товщі шламосховища;
- міграція твердої складової в рідкому середовищі до нуля стоячої хвилі;
- поділ за щільністю рідкого середовища при його витіканні з прямокутного отвору у вертикальній стінці ємності;

– поділ за щільністю плоских вертикальних струменів;

– поділ суспензії на рідку і тверду фази в електростатичному полі низької напруги.

Усі ці явища і ефекти не потребують експериментального підтвердження, оскільки впливають з основних законів фізики (гідродинаміка, електростатика, теорії поля). Підлягає визначенню тільки кількісна (числова) оцінка фізичних величин, що входять до цих закономірностей.

Висновки

1. Рідка фаза рудних і металургійних шламів у цей час не використовується в системі їх рециклінгу, будучи при цьому активним забруднювачем ґрунтів при її зберіганні.

2. На основі аналізу шляхів підвищення ефективності використання рідкої фази рудних і металургійних шламів, локалізованих у каналах їх подачі в сховища і в самому сховищі, запропоновані фізичні основи демінералізації рідкої фази з подальшим використанням отриманих продуктів технічної води і твердих опадів – у системі рециклінгу.

3. Запропоновано перспективну систему рециклінгу рідкої фази шламів, виключаючи необхідність у шламосховищах за рахунок створення замкнутого циклу: вихідний шлам (рідка фаза) – аглошита (тверда фаза) – внутрішньоцеховий оборот технічної води (демінералізована вода).

Бібліографічний список / References

1. Современное состояние проблемы образования и накопления промышленных отходов в Украине / А. М. Касимов, А. М. Коваленко, А. А. Романовский, А. В. Носова // Проблемы охраны навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: зб. наук нр. Укр. НДІЕП. – Харків: Райдер, 2008. – Вип. XXX. – С. 23–35.

Kasimov A. M., Kovalenko A. M., Romanovsky A. A., Nosova A. V. The current state of the problem of formation and accumulation of industrial waste in Ukraine. *Problems of protection of natural environment and ecological safety*. Kharkiv: Ryder, 2008. Issue. 30, pp. 23–35.

2. Губина В.Г. Железосодержащие отходы предприятий горно-металлургического комплекса Украины / В. Г. Губина // Геолого-мінералогічний вісник. – 2010. – № 1–2 (23–24). – С. 97–100.

Gubina V. G. *Zhelezosoderzhashchie otkhody predpriyatiy gorno-metallurgicheskogo kompleksa Ukrainy*. Geologo-mineralogichniy visnik. 2010, no. 1-2 (23-24), pp. 97-100.

3. Коваленко А. М. О шламах газоочисток доменного и сталеплавильного производств / А. М. Коваленко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 2 (56). – С. 4–8.

Kovalenko A. M. О *shlamakh gazoochistok domennogo i staleplavil'nogo proizvodstv*. Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy. 2012, no. 2 (56), pp. 4-8.

4. Фроший Н. В. Эколого-технические аспекты в оцнках геологических ресурсов Кривбасса / Н. В. Фроший // Неделя горняка-2003. Семинар № 6. – 2009.

Froshiy N. V. *Ekologo-tekhnicheskie aspekty v otsnkhakh geologicheskikh resursov Krivbassa*. Nedelya gornyaka-2003. Seminar no. 6, 2009.

5. Медведева О. А. Хвостохранилища Кривбасса, проблемы и особенности их эксплуатации / О. А. Медведева // Геотехническая механика. – 2012. – Вип. 103. – С. 279–285.

Medvedeva O. A. *Khvostokhranilishcha Krivbassa, problemy i osobennosti ikh ekspluatatsii*. Geotekhnicheskaya mekhanika. 2012, issue 103, pp. 279-285.

Цель. Расширение сырьевой базы черной металлургии, значительное снижение экологической нагрузки на окружающую среду и уменьшение площадей под шламовые отстойники.

Проблема и ее связь с практическими задачами. Основными отходами металлургического производства являются шламы – дисперсный материал, который включает значительное количество оксидов железа, марганца, кальция, которые в настоящее время либо не утилизируются совсем, или утилизируются в очень малом количестве; шламы для их хранения формируются в отвалы; при этом их жидкая часть дренирует в почву, загрязняя при этом грунтовые воды, а твердая часть после естественного высыхания подвержена ветровой эрозии и загрязняет атмосферу.

В статье рассмотрена возможность полного использования шламов, которая исключает их хранение.

Ключевые слова: железорудные шламы, химический состав твердой части, шламовая вода, система рециклинга.

Purpose. Expansion of the raw material base of ferrous metallurgy, a significant reduction of the environmental burden on the environment, and the reduction of areas under the sludge septic tanks.

Problem and its connection with practical tasks. The main waste of metallurgical production is sludge – disperse material, which includes a significant amount of iron oxides, manganese, calcium, which are currently either not utilized at all, or are utilized in very small quantities; sludges for their storage are formed in a dump; while their liquid part drains into the soil, while contaminating the groundwater, and the solid part after the natural drying is prone to wind erosion and pollutes the atmosphere.

The article considers the possibility of full use of sludge, which excludes their storage.

Рекомендована до друку
к. т. н. Є. К. Бабець
Надійшла 28.12.2018