

ОСОБЛИВОСТІ УТИЛІЗАЦІЇ ДОМЕННИХ ГРАНУЛЬОВАНИХ ШЛАКІВ У ГІРНИЧОДОБУВНІЙ ГАЛУЗІ

Петльований М.В.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», к.т.н., доцент
кафедри гірничої інженерії та освіти, petlyovanyi1986@gmail.com

Функціонування промислового комплексу України характеризується високим рівнем відходоутворення, внаслідок чого на денній поверхні в межах України накопичено понад 30 млрд тон твердих відходів [1-3]. Однією з провідних галузей економіки України є металургійна промисловість, яка відіграє важливу роль у функціонуванні економічної системи в цілому, забезпечуючи валютні надходження до бюджету країни на рівні 40%. Натомість, у процесі створення основної продукції (виплавка чавуну, сталі) утворюються багатотоннажні відходи у вигляді металургійних шлаків, які недостатньо використовуються у якості сировини та під накопичення яких відводяться цінні земельні площі. Накопичення металургійних шлаків негативно впливають стан навколишнього середовища.

У металургійній промисловості щорічний вихід шлаків становить: доменних – близько 45 млн т, мартенівських – 20 млн т, кольорової металургії – 10 млн т, інших металургійних виробництв – 5 млн т, не рахуючи величезної кількості шлаків, накопичених у відвалах металургійних підприємств. Лише доменних шлаків щорічно зливається у відвали у вигляді розплавів близько 15 млн т, інша їх частина гранулюється [4-6].

Схожість хімічного та мінералогічного складу доменних гранульованих шлаків із портландцементом, який при подрібненні здатен проявляти гідравлічну активність, обумовила кілька основних напрямків застосування доменних шлаків у будівельній галузі, а саме виробництві в'язучих речовин (сировина для

виробництва портландцементу; добавка до клінкеру при виробництві шлакопортландцементу; при виробництві шлакових в'язучих з добавкою активаторів; при отриманні шлаколужних в'язучих тощо).

Відомий досвід використання доменних гранульованих шлаків також у гірничодобувній галузі при підземному видобутку багатих руд чорних та кольорових металів, який здійснюється, здебільшого, системами розробки із твердіючим закладенням [7-9]. На рудниках країн СНД доменні гранульовані шлаки знайшли поширення як основний в'язучий матеріал або інертний наповнювач у складі твердіючих закладних сумішей.

Твердіючими закладними сумішами заповнюють підземні пустоти у надрах, що виникли внаслідок видобутку корисних копалин для підвищенні коефіцієнту їх вилучення (заміна природного масиву на штучний), попередження деформацій денної поверхні, збереження режиму підземних вод та підвищення рівня безпеки ведення гірничих робіт. При заповненні підземних пустот твердіючими сумішами зменшуються концентрації напружень у гірському масиві [10, 11].

Закладні суміші готуються здебільшого у поверхневих закладних комплексах, які складаються з різноманітних ланцюгів спеціальних апаратів, після чого, за допомогою трубопровідного транспорту, у рідкому стані вони подаються у підземний простір до місця закладання. Подрібнення доменного шлаку здійснюється зазвичай у кульових млинах мокрим помелом продуктивністю 50 – 60 т/год зі встановленим виходом фракції 50 – 60% частинок розміром $-0,074$ мм [12, 13]. Після укладання закладної суміші у підземних пустотах протягом певного терміну твердіння закладний масив, який заповнив підземні пустоти, із рідкого стану кристалізується внаслідок процесу гідратації у твердий стан з певними міцнісними властивостями.

У закордонній практиці розробки родовищ із закладенням в якості в'язучого матеріалу пріоритет віддається цементам, у вітчизняній – металургійним шлакам. Вважається більш доцільним використовувати простий і дешевий поверхневий закладний комплекс при незначній витраті терпкого

(цементу) у порівнянні з використанням шлаку, оскільки його транспортування від металургійних заводів до рудника і підготовка (помел) є дорожче вартості еквівалентної кількості цементу. Однак при великих виробничих потужностях рудників і, відповідно, обсягів закладних робіт використання цементу в якості основного в'язучого економічно недоцільно. В якості інертних заповнювачів поширення набули хвости збагачення, відвальні пусті породи, піски, металургійні шлаки, відходи флюсового виробництва тощо.

Особливістю технології твердіючого закладання підземних пустот є те, що у складі закладних сумішей з'являється можливість утилізувати у підземному просторі значні об'єми промислових відходів, що поліпшує стан довкілля гірничопромислових районів. В Україні два підприємства здійснюють підземний видобуток руд із твердіючим закладенням – ПрАТ «Запорізькій залізорудний комбінат» (видобуток залізних руд) та ДП «Східний ГЗК» (видобуток уранових руд).

ПрАТ «ЗЗРК» видобуває залізні руди Південно-Білозерського родовища камерною системою розробки із твердіючим закладенням. Застосовується наступний склад закладної суміші: мелений доменний гранульований шлак «Запоріжсталь» – 400 – 500 кг, відходи флюсового вапняку – 900 – 1150 кг, відвальна подрібнена гірська порода – 400 – 500 кг, вода – 350 – 400 л. Міцність формованого закладного масиву становить 6 – 7 МПа. Збіднення руди на рівні 1 – 7%, втрати – 8%. Річний обсяг закладних робіт становить 1,2 млн м³. Поступове нарощування виробничої потужності комбінату призводить до значного обсягу виробництва закладних робіт. В умовах значних обсягів виробництва закладної суміші питання її здешевлення постійно є актуальним. Щорічно в підземних пустотах Південно-Білозерського родовища у складі закладної суміші утилізується 1,8 млн т відходів. Гірничі роботи здійснюються в межах 640 – 940 м.

ДП «Східний ГЗК» розробляє уранові руди Ватутінського родовища. Для зниження собівартості в закладній суміш додають подрібнені гірські породи до крупності 15 мм. Склад 1 м³ суміші: шлак – 200 – 300 кг; пісок – 650 – 750 кг;

порода подрібнена – 750 кг; вода шахтна – 300 – 400 л [7]. Відпрацювання запасів руди на шахті проводиться за допомогою поверхово-камерної системи з твердіючим закладенням, а обсяг закладних робіт становить 0,5 млн м³/рік. Міцність закладного масиву становить 3 – 5 МПа. Щорічно в підземних пустотах Ватутінського родовища у складі закладної суміші утилізується 1,8 млн т відходів. Глибина ведення гірничих робіт – 550 м.

Важливим екологічним аспектом при заповненні підземних пустот твердіючими сумішами на зазначених підприємствах є те, що необхідний обсяг відвальних порід для закладних робіт перевищує обсяг порід, що надходять з прохідницьких вибоїв у відвал. Ця різниця є фактором зменшення обсягу породного відвалу з плином часу та інтенсифікує поступовий його розбір.

Таким чином, технології розробки родовищ корисних копалин із застосуванням твердіючого закладення є екологічно спрямованими та дозволяють розмістити у підземному просторі суттєвий обсяг промислових відходів і поліпшити стан довкілля гірничопромислових регіонів.

Список літератури

1. Petlovanyi, M., Kuzmenko, O., Lozynskyi, V., Popovych, V., Sai, K., & Saik, p. (2019). Review of man-made mineral formations accumulation and prospects of their developing in mining industrial regions in Ukraine. *Mining of Mineral Deposits*, 13(1), 24-38. <https://doi:10.33271/mining13.01.024>
2. Zubov, A. (2019). Evaluation of the possibility of the use of waste dumps of coal mines in the regional ecological networks. *Visnik L'vivs'kogo Nacional'nogo Agrarnogo Universitetu. Agronomia*, (23), 11-18. <https://doi:10.31734/agronomy2019.01.011>
3. Petlovanyi, M.V., & Medianyuk, V.Y. (2018). Assessment of coal mine waste dumps development priority. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (4), 28-35. <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-4/3>

4. Алешин, А.А., Казачков, Е.А., & Остроушко, А.В. (2007). Повышение эффективности переработки твердых металлургических шлаков. *Вісник Приазовського Державного Технічного Університету*, (17), 220-223.

5. Тарабрина, Л.А., Курган, Т.А., & Игнатъева, Н.С. (2000). Переработка сталеплавильных шлаков в ОАО «ММК». *Металлург*, (9), 26-27.

6. Filonenko, O. (2018). Sustainable development of Ukrainian iron and steel industry enterprises in regards to the bulk manufacturing waste recycling efficiency improvement. *Mining of Mineral Deposits*, 12(1), 115-122. <https://doi:10.15407/mining12.01.115>

7. Ляшенко, В.И., Дудченко, А.Х., & Ткаченко, А.А. (2008). Научно-технические основы природоохранных технологий подземной разработки урановых месторождений. *Екологія Довкілля та Безпека Життєдіяльності*, (4), 34-42.

8. Кузьменко, А.М., Петлёванный, М.В., & Усатый, В.Ю. (2010). Влияние тонкоизмельченных фракций шлака на прочностные свойства твердеющей закладки. В *Матеріалах Міжнародної науково-практичної конференції «Школа підземної розробки»* (с. 383-386). Дніпропетровськ: НГУ.

9. Петлеваний, М.В., Кузьменко, А.М., Горобец, Л.Ж, Прядко, Н.С., & Усатый, В.Ю. (2011). О механической активации компонентов твердеющей закладки для заполнения выработанного пространства рудников. *Металлургическая и Горнорудная Промышленность*, (3), 75-78.

10. Кузьменко, О.М., & Петльованый, М.В. (2017). Стійкість штучного масиву при підземній розробці потужного рудного покладу на великій глибині. *Збірник Наукових Праць Національного Гірничого Університету*, (50), 56-62.

11. Khomenko, O., Kononenko, M., & Petlovanyi, M. (2015). Analytical modeling of the backfill massif deformations around the chamber with mining depth increase. *New Developments in Mining Engineering*, 265-269. <https://doi.org/10.1201/b19901-47>

12. Kuzmenko, O., Petlyovanyu, M., & Heylo, A. (2014). Application of fine-grained binding materials in technology of hardening backfill construction.

Progressive Technologies of Coal, Coalbed Methane, and Ores Mining, 465-469.

<https://doi.org/10.1201/b17547-79>

13. Kuzmenko, O., & Petlovanyi, M. (2015). Substantiation the expediency of fine gridding of cementing material during backfill works. *Mining of Mineral Deposits*, 9(2), 183-190. <https://doi.org/10.15407/mining09.02.183>