

ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД УТВОРЕННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ДОМЕННИХ ШЛАКІВ

Високі темпи розвитку матеріального виробництва, прискорення науково-технічного прогресу обумовлюють все більш інтенсивне використання природних ресурсів. Унаслідок постійного зростання взаємодії між суспільством і природою довкілля стає все більш синтетичним, а його природна структура вступає в конфлікт з продуктивними силами й громадським споживанням. Проблему ефективного використання сировини і, зокрема, перехід на безвідходну технологію слід розглядати з точки зору усунення протиріч між економічним зростанням (необхідністю все більшого залучення ресурсів у виробництво) і «продуктивною можливістю» довкілля (виснаження запасів, зниження якості мінеральних ресурсів, порушення екологічного балансу). Вирішення цих протиріч ймовірно не тільки при раціональному і комплексному використанні видобутих ресурсів, але й відходів виробництва.

Найбільша кількість небезпечних відходів утворюється на гірничо-збагачувальних комбінатах та металургійних підприємствах. Відходи металургійних підприємств забруднюють довкілля пилом, шкідливими газами й стічними водами. Домни, сталеплавильні та коксові печі тощо дають чимало небезпечних відходів. Наприклад, по ПРАТ «Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча», який входить до десятки основних забруднювачів довкілля, тільки гранульованих доменних шлаків за 2019 р. було утворено 2228999 т, утилізовано ж всього 84500 т, передано для утилізації 439836,85 т. Загальний обсяг цих шлаків, накопичених протягом експлуатації, у спеціально відведених місцях чи об'єктах становить 17492394,42 т [1, с. 218]. На цьому ж підприємстві за 2019 р. було зібрано від виробників доменних шлаків (не гранульованих) рядових для дорожнього будівництва 1620228,56 т, видалено 1620228,56 т. Загальний обсяг цих шлаків, накопичених протягом експлуатації, у спеціально відведених місцях чи об'єктах становить 1864450,791 т [там само, с. 226].

Безумовно, важливим напрямом охорони довкілля в металургії є впровадження безвідходних технологій та технологій комплексного використання сировини з метою збагачення руд, раціональної повноти вилучення основних і супутніх елементів, утилізації відходів виробництва без заподіяння шкоди довкіллю. В Україні ці проблеми мають особливе значення внаслідок масового викорис-

тання старих ресурсо- та енерговисоковитратних технологій, неякісної сировини. Тому вивчення зарубіжного досвіду щодо утворення та використання доменних шлаків не втрачає своєї актуальності, бо наразі проблема управління відходами повинна вирішуватися на основі ієрархії:

головний пріоритет віддається можливості уникнути утворення відходів;

якщо вони утворюються, то необхідно прагнути до їх мінімізації;

можливість вторинного рециклінгу відходів або відповідної переробки первинних відходів;

поховання відходів, які вже не можуть бути використані.

Рециклінг відходів передбачає не тільки можливість їх повернення до виробництва основної продукції, але і переробку або продаж зацікавленим споживачам.

Утворення шлаків є одним з найважливіших процесів, що протікають в доменній печі і визначають її роботу, бо вони є одним з найбільш цінних вторинних матеріальних ресурсів. Доменний шлак використовується для виробництва гранульованого шлаку (більше 50%), щебеню (17%), пемзи (3%), шлаковати з розплаву, також в невеликому обсязі виробляють високоглиноземний клінкер і литі вироби.

Грануляція – це процес переробки шлакового розплаву в оскловані гранули, за допомогою різкого охолодження водою, паром, повітрям або іншим газом, вона може проводитися у плавильного агрегаті або на центральній установці з транспортуванням шлаку до них в чашах. Способи грануляції дозволяють при порівняно невеликих капітальних витратах забезпечити швидку переробку значних кількостей шлаків.

Припічна грануляція дає можливість локалізувати і знешкодити парогазові викиди, забезпечити повну переробку шлаків у рідкому вигляді. Залежно від витрат води розрізняють три види грануляції: мокра, суха і напівсуха. В основному, отримали розвиток водні способи грануляції. В даний час найбільш практичне застосування мають гідрожолобний і барабанний способи. Гідрожолобний спосіб грануляції полягає в дробленні розплаву обмеженою кількістю води, що подається під великим тиском на жолоб, куди зливається розплав з ковша. Зневоднення граншлака відбувається на складі, облад-

наному грейферним краном. Вода, яка стікає, надходить до відстійника, а звідти перекачується до системи оборотного водопостачання. Але, в той же час гідрожолобна грануляція не забезпечує нормальних екологічних вимог (затоплення і обводнення прилеглої території, наявність шкідливих парогазових викидів). Тому доцільним було б впровадження технології, яку застосовують у Франції, Бельгії та Німеччині. З приймального жолоба струмінь шлаку надходить до закритої камери, в передній частині якої встановлена гідронасадка. З камери шлак надходить в нижній жолоб, де піддається додатковій обробці водою та яка транспортує готову продукцію до басейну. Дно басейну виконано у вигляді решітки, під якою насипано фільтруючий шар з гравію різної крупності. Опора фільтруючого шару має отвори для стоку води. Забивання гравійного фільтра не відбувається за рахунок того, що через нього періодично знизу вгору крізь отвори для стоку води продувають повітря. При цьому зливну магістраль перекривають, а басейн заповнюють водою. Зміст суспензії в очищеній воді становить близько 3,5 мг/л, що в значній мірі спрощує експлуатацію системи оборотного водопостачання.

На заводах Японії поширено спосіб грануляції, розроблений фірмами «Раза трейдинг» і «Ніппон Кока». Шлак, що випускається з печі надходить до гідрожолобу, куди подається вода на грануляцію. Шлаководна пульпа накопичується в приймальному бункері, звідки насосом перекачується до зневоднювальних резервуарів, що представляють собою бункери з конічною нижньою частиною, стінки й дно яких перфоровані. Фільтрація здійснюється через шар гранульованого шлаку. Вода після фільтрації знову подається на грануляцію. Над прийомним бункером встановлено парасольку з витяжною трубою для видалення пара. Насоси мають високу зносостійкість, їх окремі частини легко замінюються. Установки не вимагають великих площ, забезпечують переробку всіх типів шлаків, а також локалізацію та відведення токсичної парогазової суміші.

У Німеччині аналогічний спосіб грануляції розроблено фірмою «АІО-Штальбау» і «Естель НВ Хеш-Хоогвенс», він застосовується на багатьох доменних печах. Його особливістю є охолодження води в градирні перед подачею на грануляцію, що сприяє підвищенню щільності та зниженню вологості гранульованого шлаку.

У Франції на заводі фірми «Юзінор» (м. Дюнкерк) шлак гранулюють в гідрожолобі, а потім пульпу насосами транспортують на відстань 50 м до басейну з фільтруючим дном. З басейнів гранульований шлак вивантажують грейферним краном.

Грануляція шлаку на заводі фірми «Аугуст Тіссен-Хютте» в Швельгене (Німеччина) відрізняється тим, що пульпа передається до басейну з фільтруючим шаром самопливом по закритих жолобах. Таких басейнів ємністю по 1000 м³ – шість. Фільтруючий шар площею 200 м² і товщиною 0,7 м скла-

дається з кількох шарів гравію різної крупності. Відфільтрована вода проходить через градирню і знову подається до системи оборотного водопостачання. Передбачено очищення фільтруючого шару шляхом продувки повітрям. З басейну шлак грейферним краном перевантажують до бункеру або на склад. Вологість гранульованого шлаку 8-12%.

У Чехії (м. Кладно) розроблено систему грануляції, при якій пульпа тангенціально вводиться до циклонного відділювача. Грануляція, що виходить з конусної частини відділювача через регулюючий затвор, надходить на вібраційний конвеєр, де остаточно зневоднюється і стрічковим конвеєром подається до відвантажувального бункеру. Відокремлена вода видаляється по кільцевому колектору в оборотний цикл. Установка займає невелику площу, проста й дешева в експлуатації. Однак її продуктивність невелика.

Фірмами «Сідшар» (Бельгія) і «Поль Вюрт» (Люксембург) спільно розроблено компакту систему ІНВА для безперервного гранулювання шлаку з «динамічним» фільтруванням води за допомогою горизонтального барабана-фільтра. Жужільний розплав гранулюється водою. Шлакова пульпа стікає в приймальний бункер, звідки рівномірно подається в ІНВА-фільтр, який є обертовим фільтрованим барабаном, обтягнутим дрібною дротяною сіткою [2].

Зарубіжний досвід показує, що в металургії є значні резерви зниження утворення відходів. В середньому питоме утворення твердих відходів на одиницю продукції на металургійних підприємствах розвинених країн в даний час в 1,5-3 рази нижче, ніж в Україні. Утилізація твердих відходів на підприємствах повного металургійного циклу в Німеччині досягла 95-99%, в Швеції – 93, в Японії – 97-99%. В останні роки зарубіжні металургійні підприємства взяли курс на стовідсоткове оборотне використання відходів, що утворюються [3].

Тим більше, що протягом останнього десятиріччя було докладено значних зусиль для більш якісної обробки шлаків, щоб вони відповідали жорстким екологічним нормам ЄС. Ключовою метою в цьому процесі є зниження залишкового вмісту металів до рівня, що буде менше ніж визначені законодавством порогові значення. Враховуючи хімічний склад шлаків і їх мінералогію, після відповідної обробки їх можна буде використовувати як сировину. Приклади промислового виробництва «очищених» та «інженерних» шлаків нового покоління вже є. Це «шлаки 2.0», які слід розглядати вже не як відходи, а, скоріше, як побічні продукти промислового виробництва [4]. В окремих країнах, наприклад, Німеччині металургійні шлаки з категорії відходів переведено до розряду побічних продуктів виробництва на законодавчому рівні.

Шлаки в основному застосовуються в: дорожній галузі – при будівництві доріг, сільському господарстві – для вапнування ґрунтів, металургії – як залізовмісний матеріал для вторинної переплавки в

доменних печах. Доменні шлаки діляться на відвальні (основний напрям використання – дорожнє будівництво) та гранульовані, які можна використати для виготовлення цементу та/або бетону й будівельних матеріалів. Доменні шлаки США високомагнезіальні (до 16% MgO) і малоприсадні для виробництва. Шлаки у Франції та Китаї низько основні і не схильні до силікатного розпаду. В Англії, Чехії частина шлаків має високу основність і використання їх обмежено. Особливо успішно переробляють і використовують шлаки доменного виробництва. Основним напрямком шлакопереробки в США, Англії, Франції, Угорщини є виробництво щебеню з повітряно-охолодженого шлаку в траншеях безпосередньо у доменних печах або за їх межами. Щебінь отримують повільним охолодженням шлаку. Щебінь з доменних шлаків використовують для всіх видів покриття, основ і підстилаючих шарів дорожнього покриття. Нульову фракцію застосовують для отримання монолітних шлакобетонних основ і покриття [5].

Основним споживачем доменних шлаків є цементна промисловість. Європейськими нормами дозволяється вводити в портландцемент до 35% доменного гранульованого шлаку, а в шлакопортландцемент – до 80%. Введення доменних шлаків в сировинну суміш збільшує продуктивність печей і знижує витрати палива на 15%, а собівартість – на 25-30%. Крім того, шлак як активна добавка значно покращує ряд будівельно-технічних властивостей цементу [6].

Портландцемент широко використовується в дорожньому будівництві. Наприклад, для моста королеви Єлизавети II (Англія), який було введено до експлуатації у 1991 р., було використано 40 тис. м³ доменних шлаків, його довжина 812 м, для бетону було використано суміш портландцементу та 70% молотого гранульованого доменного шлаку. Там же, в Англії, у 1996 р. було введено до експлуатації другий Севернський міст, на будівництво якого було використано 60 тис. м³ доменних шлаків, його довжина 5 км. Використовувався бетон на основі портландцементу та доменних шлаків, в залежності від виду конструкції частка доменних шлаків коливалася від 20 до 70%.

В останні роки став вироблятися геополімерний цемент, наприклад, у Нідерландах із золи ТЕС та доменних шлаків фірма SQUARE виробляє такий цемент, який за результатами проведених досліджень ні в чому не поступається звичайному цементу. Так, у 2014 р. в Австралії аеропорт та злітно-посадкова смуга були побудовані з геополімерного цементу на основі золи ТЕС та доменних шлаків. На будівництво було витрачено 100 тис. т такого бетону. За рахунок використання цієї технології викиди CO₂ було скорочено на 6,6 тис. т. Там же, в Австралії, 330 тис. т геополімерного бетону було використано на 33 балки, що формують підлогу будівлі Інституту глобальних змін Університету Квінс-

ленда. Наразі у Сідней було зроблено тестове покриття з геополімерного бетону на одній з ділянок дороги. Там встановлено датчики, які контролюють стан бетону. Якщо досвід буде вдалим, то геополімерний бетон будуть ширше застосовувати для дорожнього покриття.

За 2018 р. рівень використання доменних шлаків без врахування імпорту коливався від 104% в Японії до 116% у Австралії та Новій Зеландії, в той же час в Україні він становив всього 48% [7].

У всьому світі активно продають і купують доменні шлаки. Найбільшим експортером шлаків є Індія, частка якої у загальному обсязі за 2018 р. становила 19,7%, найбільшим імпортером у тому ж році була ОАЕ із часткою у 19,1% від загального імпорту [там само]. В Україні ці обсяги не настільки значущі, але, тем не менше за 2019 р. компанія Recycling Solutions збільшила обсяги продажів золошлакових матеріалів і металургійних шлаків на 22%, за рік вона продала 1,49 млн м³ побічних продуктів з відвалів до США, Китаю, Японії, Польщі, Німеччини, Туреччини й Сінгапуру [8].

У світі є досвід отримання:

шлакової пемзи при обробці шлакового розплаву обмеженою кількістю води, повітря або їх суміші, що приводить до його спучування. В результаті процесу утворюється поризований кристалічний продукт;

мінеральної вати, яка є волокнистим матеріалом, отриманим із силікатного розплаву металургійних шлаків. Мінеральна вата виготовляється з рідких шлаків (ванний спосіб) або переплавки твердого кускового шлаку (ваграночний спосіб). Найбільш ефективним є ванний спосіб, що дозволяє використовувати рідкий розплав шлаку. Даний спосіб приводить до економії палива.

Численні експерименти показали, що доменні шлаки не поступаються звичайним вапняним добривам, а в деяких відношеннях перевершують їх. Головним компонентом цих шлаків є вапно, яке міцно пов'язано в силікатних з'єднаннях, що перешкоджає швидкому його вимиванню, яке спостерігається при застосуванні звичайних вапняних добрив, підвищуючи тим самим абсорбційну здатність ґрунту.

З доменних шлаків виробляють литі вироби: бруківку для дорожнього будівництва, шлакові і металошлакові труби, плити й деталі трубопроводів.

Також з гранульованого шлаку можна отримати шлакоситал. До шихти вводять доменний граншлак, кварцовий пісок і нукліатори, оксиди і сульфід хрому, титану, марганцю, цинку й заліза. Шихта плавиться у ванній печі безперервної дії, а отримана скломаса надходить на переробку.

Маючи велику твердість і міцність, доменні шлаки дають хороший матеріал для виробництва штучного будівельного і мостильного каменю. По твердості цей штучний камінь не поступається граніту. Найбільше його використовують в Англії, де він йде на мостові і як масиви для підводних споруд.

З доменних шлаків виробляють емалі, глазурі й полив для глиняних і металевих виробів, штучне дорогоцінне каміння (наприклад, на Уралі шліфують різні відповідні за текстурою і кольором шлаки).

Шлакові води, що містять розчинені сполуки Сульфуру, можуть застосуватися для лікування у водолікарнях. Використання грануляційної шлакової води для лікувальних цілей було частково вирішено в СРСР (наприклад, у 1936 р. з'явилася така шлаколікарня в Донецьку (тоді – Сталіно), розташована вона була поруч з металургійним заводом, там

же була безкоштовна й відкрита для всіх бажаючих водолікарня під відкритим небом) і Німеччині ще в 30-ті роки минулого сторіччя. У роботі [9] пропонується спосіб використання грануляційної шлакової води, який має істотні еколого-економічними переваги і в разі впровадження міг би перетворити Маріуполь в Мацесту Донецького регіону.

Розрахунки фахівців GMK Center підтверджують існуючий в Україні потенціал щодо використання та експорту шлаків (див. рисунок).



Рисунок. Потенціал України щодо використання та експорту шлаків [7]

Зарубіжний досвід та розрахунки фахівців свідчить, що в Україні є не тільки значні резерви щодо зниження утворення доменних шлаків, але й необхідність в комплексній їх переробці за новими технологіями із застосуванням новітнього устаткування, що зробить перспективним переробку доменних шлаків як з економічної, так і з екологічної точки зору.

Література

1. **Екологічний паспорт** Донецької області. 2019 рік. URL: http://ecology.donoda.gov.ua/wp-content/uploads/2020/07/ЕКОПАСПОРТ-НА-САЙТ_2019_-1.pdf.
 2. **Рябова Т.В.** Новые технические решения по охране окружающей среды в черной металлургии. *Черметинформация. Новости черной металлургии за рубежом*. 2002. № 2. С.104-105.
 3. **Reuter M., Xiao Y., Boim U.** Recycling and environmental issues of metallurgical slags and salt fluxes. *VII International Conference on Molten Slags Fluxes and Salts, The South African Institute of Mining and Metallurgy*. URL: http://www.saimm.co.za/Conferences/Slags2004/050_Reuter.pdf.
 4. **Отримання** користі: як європейці заробляють на шлаках. URL:

<https://gmk.center/ua/posts/otrimannya-koristi-yak-ievro-pejci-zaroblyajut-na-shlakah/>.
 5. **Рекус И.Г., Шорина О.С.** Основы экологии и рационального природопользования. Москва: Изд-во МГУП, 2001. 146 с.
 6. **Доменные** шлаки могут заменить дорогой цемент. *Приазовский рабочий*. 2016. 30 декабря (№153 (20297)). URL: <http://pr.ua/news.php?new=27431>.
 7. **Глущенко А.** Международный опыт использования металлургических шлаков. URL: <https://www.facebook.com/watch/?v=434955067166222>.
 8. **Recycling Solutions** у 2019 році наростила продажі шлаків на 22%. URL: <https://gmk.center/ua/news/recycling-solutions-u-2019-roci-narostila-prodazhi-shlakiv-na-22/>.
 9. **Кравченко В.П., Шапиро-Никитин Д.Е.** Грануляционная шлаковая вода в бальнеологии. URL: http://www.kpi.kharkov.ua/archive/Conferences/Литье.Металлургия/2017/Грануляционная_шлаковая_вода_в_бальнеологии.pdf.

References

1. **Ekolohichniy pasport** Donetskoi oblasti. 2019 rik. [Ecological passport of Donetsk region. 2019 year]. Retrieved from <http://ecology.donoda.gov.ua/wp-content/>

uploads/2020/07/ЕКОПАСПОРТ-НА-САЙТ_2019_-1.pdf [in Ukrainian].

2. Ryabova T.V. (2002). *Novye tekhnicheskie resheniya po okhrane okruzhaiushchei sredy v chernoii metallurgii* [New technical solutions for environmental protection in ferrous metallurgy]. *Chermetinformatsiia. Novosti chernoii metallurgii za rubezhom – Chermetinformation. Ferrous metallurgy news abroad*, 2, pp. 104-105 [in Russian].

3. Reuter M., Xiao Y., Boin U. Recycling and environmental issues of metallurgical slags and salt fluxes. *VII International Conference on Molten Slags Fluxes and Salts, The South African Institute of Mining and Metallurgy. saimm.co.za*. Retrieved from http://www.saimm.co.za/Conferences/Slags2004/050_Reuter.pdf.

4. Otrymannia korysti: yak yevropeytsi zaroblyaiut na shlakakh [Benefits: how Europeans make money on slag]. Retrieved from <https://gmk.center.ua/posts/otrimannya-korysti-yak-ievropejci-zaroblyajut-na-shlakakh/> [in Ukrainian].

5. Rekus I.G., Shorina O.S. (2001). *Osnovy ekologii i ratsionalnogo prirodopolzovaniia* [Fundamentals of ecology and environmental management]. Moscow, MGUP, 2001. 146 p. [in Russian].

6. Domennye shlaki mogut zamenit dorogoi tsement. [Blast furnace slags can replace expensive cement]. (2016). *Priazovskii rabochii*, №153 (20297), December 30. Retrieved from <http://pr.ua/news.php?new=27431> [in Russian].

7. Glushchenko A. Mezhdunarodnyi opyt ispolzovaniia metallurgicheskikh shlakov [International experience in the use of metallurgical slags]. *facebook.com*. Retrieved from <https://www.facebook.com/watch/?v=434955067166222> [in Russian].

8. Recycling Solutions u 2019 rotsi narostyla prodazhi shlakiv na 22% [Recycling Solutions in 2019 year increased sales of slag by 22%]. *gmk.center*. Retrieved from <https://gmk.center.ua/news/recycling-solutions-u-2019-roci-narostila-prodazhi-shlakiv-na-22/> [in Ukrainian].

9. Kravchenko V.P., Shapiro-Nikitin D.Ye. Granulyatsionnaia shlakovaia voda v balneologii [Granulation slag water in balneology]. *kpi.kharkov.ua*. Retrieved from <http://www.kpi.kharkov.ua/archive/Conferences/Литье.Металлургия/2017/Грануляционная шлаковая вода в бальнеологии.pdf> [in Russian].

Кочешкова І. М. Зарубіжний досвід утворення та використання доменних шлаків

Проблему ефективного використання сировини і, зокрема, перехід на безвідходну технологію слід розглядати з точки зору усунення протиріч між економічним зростанням (необхідністю все більшого залучення ресурсів у виробництво) і «продуктивною можливістю» доквілля (виснаження запасів, зниження якості мінеральних ресурсів, порушення екологічного балансу). Вирішення цих протиріч ймовірно не тільки при раціональному і комплексному використанні видобутих ресурсів, але й відходів виробництва.

В металургійній галузі України ці проблеми мають особливе значення внаслідок масового використання старих ресурсо- та енерговисоковитратних технологій, неякісної сировини.

Зарубіжний досвід показує, що в металургії є значні резерви зниження утворення відходів. В середньому питома утворення твердих відходів на одиницю продукції на металургійних підприємствах розвинених країн в даний час в 1,5-3 рази нижче, ніж в Україні.

Утворення шлаків є одним з найважливіших процесів, що протікають в доменній печі і визначають її роботу, бо вони є одним з найбільш цінних вторинних матеріальних ресурсів. В останні роки зарубіжні металургійні підприємства взяли курс на стовідсоткове оборотне використання відходів, що утворюються. Тим більше, що протягом останнього десятиріччя було докладено значних зусиль для більш якісної обробки шлаків, щоб вони відповідали суворим екологічним нормам ЄС, тому їх слід розглядати вже не як відходи, а, скоріше, як побічні продукти промислового виробництва.

Шлаки в основному застосовуються в: дорожній галузі – при будівництві доріг, сільському господарстві – для вапнування ґрунтів, металургії – як залізовмісний матеріал для вторинної переплавки в доменних печах. Основним споживачем доменних шлаків є цементна промисловість. Європейськими нормами дозволяється вводити в портландцемент до 35% доменного гранульованого шлаку, а в шлакопортландцемент – до 80%. Введення доменних шлаків в сировинну суміш збільшує продуктивність печей і знижує витрати палива на 15%, а собівартість – на 25-30%. Крім того, шлак як активна добавка значно покращує ряд будівельно-технічних властивостей цементу.

Зарубіжний досвід та розрахунки фахівців свідчать, що в Україні є не тільки значні резерви щодо зниження утворення доменних шлаків, але й необхідність в комплексній їх переробці за новими технологіями із застосуванням новітнього устаткування, що зробить перспективним переробку доменних шлаків як з економічної, так і з екологічної точки зору.

Ключові слова: доменні шлаки, зарубіжний досвід, використання, металургійні підприємства, відходи.

Kocheshkova I. International Experience in Generated and Use of Blast Furnace Slag

We should regard an issue of efficient use of feedstock and, in particular, a transition to waste-free technology from the perspective of adjusting differences between economic growth (more resources in production required) and “productive capacity” of the environment (depletion of mineral resources, lowering of resources quality, disruption of environment balance). It is possible to adjust these differences not only by using resources rationally and comprehensively but also by processing generated industrial waste.

In the Ukrainian metallurgical industry, these issues are very important because of the abundant practice of use of out-of-date resource and energy-intensive technologies and feedstock of poor quality.

International experience shows that the metallurgical industry has rich potential in reducing generated waste. On average specific solid waste generation for a unit of product in the metallurgical industry in developed countries is 1.5-3 times lower than in Ukraine.

One of the important processes of blast-furnace performance is the generation of slag; slag is one of the most valuable secondary materials. Recently international metallurgical enterprises started implementing a hundred percent recycling of use industrial waste. Moreover, for the past decade there were a lot of efforts made to process slag so to meet strict EU environmental requirements, hence we can regard it not as waste but as an industrial by-product.

We use slag mainly in the road sector – for road construction, agriculture – for liming of soils, metal industry – as an iron-containing substance for secondary melting in blast furnaces. The cement industry is the main consumer of blast furnace slag. EU regulations allow up to 35% of granulated blast furnace slag in Portland cement and up to 80% in Portland blast-furnace cement. The addition of blast furnace slag into the mixture increases the performance of blast furnaces and reduces fuel consumption by 15% and prime cost by 25-30 %. Apart from that the slag as an additive considerably improves several construction and technical peculiarities of cement.

International experience and expert assessments say that Ukraine has not only huge potential in reducing blast furnace slag generation but also a need for its comprehensive processing with up-to-date technologies and state-of-the-art equipment that can bring an economic and environmental advantage.

Keywords: blast furnace slag; international experience; use; metallurgical enterprises; waste.

Кочешкова И. Н. Зарубежный опыт образования и использования доменных шлаков

Проблему эффективного использования сырья и, в частности, переход на безотходную технологию следует рассматривать с точки зрения устранения противоречий между экономическим ростом (необходимостью все большего привлечения ресурсов в производство) и «продуктивной возможностью» окружающей среды (истощение запасов, снижение качества минеральных ресурсов, нарушение экологического баланса). Решение этих противоречий возможно не только при рациональном и комплексном использовании добытых ресурсов, но и отходов производства.

В металлургической отрасли Украины эти проблемы имеют особое значение вследствие массового использования старых ресурсо- и энерговысокозатратных технологий, некачественного сырья.

Зарубежный опыт показывает, что в металлургии имеются значительные резервы снижения образования отходов. В среднем удельное образование твердых отходов на единицу продукции на металлургических предприятиях развитых стран в настоящее время в 1,5-3 раза ниже, чем в Украине.

Образование шлаков является одним из важнейших процессов, протекающих в доменной печи и определяющих ее работу, потому что они являются одним из наиболее ценных вторичных материальных ресурсов. В последние годы зарубежные металлургические предприятия взяли курс на стопроцентное обратимое использования образующихся отходов. Тем более, что в течение последнего десятилетия были приложены значительные усилия для более качественной обработки шлаков, чтобы они соответствовали строгим экологическим нормам ЕС, поэтому их следует рассматривать уже не как отходы, а, скорее, как побочные продукты промышленного производства.

Шлаки в основном применяются в: дорожной отрасли – при строительстве дорог, сельском хозяйстве – для известкования почв, металлургии – как железосодержащий материал для вторичной переплавки в доменных печах. Основным потребителем доменных шлаков является цементная промышленность. Европейскими нормами разрешается вводить в портландцемент до 35% доменного гранулированного шлака, а в шлакопортландцемент – до 80%. Введение доменных шлаков в сырьевую смесь увеличивает производительность печей и снижает расход топлива на 15%, а себестоимость – на 25-30%. Кроме того, шлак как активная добавка значительно улучшает ряд строительно-технических свойств цемента.

Зарубежный опыт и расчеты специалистов свидетельствует, что в Украине есть не только значительные резервы по снижению образования доменных шлаков, но и необходимость в комплексной их переработке по новым технологиям с применением новейшего оборудования, что сделает перспективной переработку доменных шлаков как с экономической, так и с экологической точки зрения.

Ключевые слова: доменные шлаки, зарубежный опыт, использование, металлургические предприятия, отходы.

Стаття надійшла до редакції 05.06.2020

Прийнято до друку 11.06.2020