

УДК 621.34.926

**В. Рудь, докт.техн.наук; І. Савюк; Л. Самчук, канд.техн.наук;  
Ю. Повстяна**

*Луцький національний технічний університет*

## **АНАЛІЗ КІЛЬКОСТІ УТВОРЕНИХ ВІДХОДІВ МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МЕТАЛУРГІЇ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ**

***Резюме.** Проаналізовано металургійні виробництва, які характеризуються утворенням великої кількості відходів. Більшість з них за змістом корисних компонентів конкурентоспроможні первинною сировиною та можуть бути використані в технологічних процесах. Тому доцільне розроблення системи контролю за утворенням відходів металургійних виробництв задля забезпечення використання їх у поточних виробничих процесах. Організація цього процесу дозволить вирішити екологічні проблеми, зменшити собівартість продукції, знизити споживання мінерально-сировинних ресурсів.*

***Ключові слова:** відходи, продукція, виробництво, технологічний процес.*

**V. Rud', I. Saviuk, L. Samchuk, Y. Povstyana**

## **ANALYSIS OF THE WASTE AMOUNT IN MECHANICAL ENGINEERING AND METALLURGY IN UKRAINE**

***Summary.** Different metallurgical industries, which are characterized by formation of a large amount of wastes have been analysed. Most of them within the meaning of useful components are competitive in raw materials and can be used in technological processes, so it is advisable to develop a control system for the formation of wastes of metallurgical industries to ensure their use in current manufacturing processes.*

*The content of iron in the solid phase of secondary clarifiers sludge in metallurgical industries reaches 70%, but sludge contains 30% of water-oil content, that makes it difficult to transport, store and utilize.*

*Typically, wastes of metallurgical and metal processing industries in percents are as follows: slag – 57 - 63; mineral wastes (scrap refractories and input components) - 4 - 6; scrap metal - 15 - 17; dust, sludge, sinter wastes - 9 - 13; others - 2 - 4.*

*Thus, for example, specific output of sludge in productions of Ukraine is 60-80 kg/t of steel, in Europe this index is 30 kg/t. Metallurgical enterprises of Ukraine have accumulated 240 million tons of slag, 128 million tons of which are steel-smelting.*

*A significant amount of sludge in wastes of metallurgical and metal processing industries contain from 45% to 52% of iron, 6,0-9,5% of carbon with a small amount of zinc (0,5-4%). This raw material can be used in the agglomeration and in converter steel production. However, 90% of wastes after various metallurgical processes are put together in same sludge storages where they are stored.*

*A storage of sludge, steel and metal processing wastes of productions leads to the fact that richer for the mass fraction of iron sludge depletes due a contact with less rich with iron sludge. Another disadvantage is environmental.*

*The paradox of the situation is that we create a man-made iron-containing materials, in which the mass fraction of iron exceeds its concentration in the rich iron ore which we take from the depths (56-60%), and glandular concentrates which we get on concentrators (65-68%).*

*Organization of the process of waste monitoring will solve environmental problems, reduce production costs, reduce the consumption of mineral-raw resources.*

***Key words:** wastes, products, production, technological process.*

**Постановка проблеми.** Металургійне виробництво характеризується утворенням великої кількості відходів, що негативно впливають на навколишнє

середовище. Більшість з них за вмістом корисних компонентів конкурентоспроможні з первинною сировиною та можуть бути використані в технологічних процесах. До таких відходів відноситься окалина – продукт високотемпературного окислення металу, що являє собою лускоподібні частинки різної товщини і розміру, що складаються з оксидів заліза. Темпи утворення й накопичення замащеної окалини на металургійних підприємствах України перевищують існуючі обсяги її рециклінгу. Вміст заліза в твердій фазі шламів вторинних відстійників металургійного виробництва сягає 70%, але шлами містять до 30% водомасляної частини, що ускладнює їх транспортування, зберігання та утилізацію. У шламосховищах накопичено сотні тисяч тонн таких відходів, отже пошук ефективних способів утилізації окалини в умовах України має суттєве екологічне та економічне значення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Утилізація й переробка промислових відходів є однією з основних проблем, які необхідно вирішувати підприємствам. При безперервному розливанні сталі, нагріванні та обробленні металу тиском (гаряча прокатка, штампування, кування) утворюється окалина – шар, що складається з оксидів заліза  $FeO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Fe_3O_4$ . У процесі стиснення окалина відшаровується від металу і разом з водою і мастилами надходить у згущувачі, горизонтальні відстійники. Хімічний склад окалини в основному залежить від умов термообробки і хімічного складу металу, а кількість окалини (товщина плівки) – і від умов термообробки. При високотемпературному окисненні нелегованої сталі на її поверхні утворюється три шари оксидів: зовнішній шар –  $Fe_2O_3$  (гематит); середній шар –  $Fe_3O_4$  (магнітит); внутрішній шар –  $FeO$  (в'юстит). Використання відходів промисловості у виробництві матеріалів є одним із важливих напрямків розвитку науки. Це вирішує не тільки екологічні проблеми, а й є вигідним економічно, оскільки дозволяє знизити вартість продукції. Велика кількість відходів промисловості, що мають хімічний і мінералогічний склад, який близький до складу видобутої сировини, дає змогу стверджувати, що використання відходів є перспективним.

**Мета роботи.** З сучасними темпами збільшення видобування заліза та обробки металів гостро постає проблема вирішення повернення відходів металургії та механообробки у виробництво. У процесі виробництва сталевих продукції втрати металу спостерігаються на кожному етапі технологічного циклу від видобутку залізної руди до отримання сталевих прокату. Це пояснюється використанням застарілого обладнання металургійних підприємств, низькою сплатою за викиди, скиди та розміщення відходів, недосконалим законодавством у сфері надрокористування та охорони навколишнього середовища. Зазвичай відходи металургійних та металообробних підприємств у відсотках розподіляються наступним чином [1]: шлаки – 57 – 63; мінеральні відходи (брухт вогнетривів та вхідні компоненти) – 4 – 6; металобрухт – 15 – 17; пил, шлам, окалина – 9 – 13; інші – 2 – 4. Значна кількість шламів у відходах металургійних та металообробних підприємств містить від 45% до 52% заліза, 6,0 – 9,5% вуглецю з невеликим вмістом цинку (0,5 – 4%). Цю сировину можна використовувати при агломерації та у конверторному виробництві сталі. Однак 90% відходів після різних металургійних процесів складаються разом в одних шламонакопичувачах, де вони зберігаються.

Складування шламових, металургійних та металообробних відходів підприємств призводить до того, що багатші за масовою часткою заліза шлами збіднюються за рахунок контакту з менш багатими на залізо шламами. Інша негативна сторона – екологічна. Вони займають мільйони гектарів родючих земель, є джерелом забруднення повітря, фільтрат із них проникає у ґрунт, підземні води. Ця сировина разом з іншими побічними продуктами металургійного виробництва (дрібним коксом,

окалиною, залишками вапна та інше) після попередньої підготовки може ефективно використовуватися при агломерації та у конверторному виробництві сталі.

У 2008 р. всіма заводами в Україні було вироблено майже 31 млн. т чавуну, 36 млн. т сталі, майже 31,5 млн. т прокату та 2,5 млн. т труб. Залізовмісними відходами виробництва сталі є шлами та шлаки, які мають назву залежно від способу виробництва сталі (мартенівські, конверторні, електросталеплавильні) [2].

Наприклад, питомих вихід шламу на підприємствах України складає 60 – 80 кг/т сталі, у Європі цей показник складає 30 кг/т [3]. 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%. На металургійних підприємствах України накопичено 240 млн. т шлаків, 128 млн. т з яких є сталеплавильні. Зазвичай доменні шлаки складуються у відвалах відокремлено від сталеплавильних. Масова частка заліза в них – 5% у вигляді корольків [4].

**Постановка завдання.** Використання вторинних металів і металовідходів має велике економічне та екологічне значення. Переплавлення однієї тонни суміші сталевого і чавунного брухту (0,975 т заліза) дозволяє заощадити: 2,971 т залізної руди (при вмісті в ній заліза 38 – 40% і при виході концентратів збагачення 80 – 85%); 0,981 т коксівного вугілля або 0,66 т коксу; 0,4 – 0,67 вапняку; виключити негативний вплив на навколишнє середовище при видобутку, збагаченні руди і доменному виробництві, при порівняно невеликих витратах на різання і пакетування брухту [5].

Низьке використання металургійних відходів пояснюється низкою причин:

- Високою дисперсністю часток, що зумовлюється важкістю зневоднення.
- Високою вологістю.
- Вмістом домішок нафтопродуктів.
- Наявністю шкідливих домішок, кількість яких перевищує кількість, яку б можна було використати у вигляді шихти.

Шлами відходів металургійного виробництва здебільшого використовують для агломераційного виробництва. Агломерат в Україні виробляється на 8 підприємствах: Південний ГЗК, ГЗК та агломераційна фабрика металургійного виробництва «Міттал Стіл Кривий Ріг» (Кривий Ріг), Єнакіївський металургійний завод, металургійний комбінат «Азовсталь», металургійний комбінат ім. Ілліча (Маріуполь), Алчевський металургійний комбінат, металургійний комбінат ім. Дзержинського (Дніпродзержинськ), металургійний комбінат «Запоріжсталь», де експлуатуються 63 агломераційні машини загальною площею спікання 4306,5 м<sup>2</sup> (без урахування Південного ГЗК) та проектною потужністю 51,35 млн. т агломерату на рік. За такими характеристиками як витрати палива, питома продуктивність та «масова доля дрібної частки» вітчизняні агломераційні машини відстають від іноземних виробництв. У 2007 р. в Україні було вироблено 48,8 млн. т агломерату, в 2008 р. – 42,7 млн. т (за даними інвестиційної компанії «Сократ») [4]. Однак для переробки хоча б половини відходів, що утворюються на території України, потрібно збільшити потужність наведених підприємств у 15 разів. Іншим негативним фактором такого процесу є те, що агломераційне виробництво є одним з найбільш екологічно небезпечних процесів в металургійному виробництві, тому що тут утворюється половина всіх викидів металургійного підприємства.

Наступна стадія металургійного виробництва – прокатна. Прокат в Україні виробляють на 10 металургійних комбінатах повного циклу, 1 металопрокатному, 9 заводах, спеціалізованих на виробництві труб [2].

До відходів прокатного виробництва відноситься окалина – дрібнодисперсний шлам з розміром часток 0,05-0,3 мм. в оболонці мінерального масла. Вона утворюється в процесі гарячої прокатки вуглецевих сталей, при різанні злитків, заготовок, іншого сортаменту та у процесі оброблення їхніх поверхонь. Ці відходи відносяться до III класу небезпеки. У процесі гарячої прокатки вуглеводневих сталей утворюється 11,6 – 19,4 кг окалини на 1 т матеріалу, що обробляється. При вогневій зачистці металу утворюється 40 г окалини на 1 м<sup>2</sup> поверхні. Масова частка заліза в ній – 61–73% [2]. Річне утворення окалини – понад 307,78 тис. т. За складом окалина представлена майже чистими окислами заліза. Промаслену окалину, яка утворюється при виробництві сталей, можна умовно поділити на великої дисперсності (> 0,1 мм) та дрібнодисперсну (< 0,1 мм). Великі частки осідають, зазвичай, в ямах для крупної окалини, тому їх зневоднення не є важким. Масова частка заліза у промасленій окалині перевищує масову частку заліза у залізородних концентратах, які виробляють гірничо-збагачувальні комбінати України.

Утилізація й повторне використання в металургійному циклі великої дисперсності окалини не проблематично: вона вміщує 5% вологи, легко зневоднюється та вміщує не більше 1,0–1,5% масла, тоді як дрібнодисперсна окалина потребує додаткових заходів підготовки її до вторинного використання.

У роботі [4] проведено аналіз відходів що утворилися при виробництві металопродукції на Єнакієвському металургійному заводі. Дані наведено у таблиці 1.

**Таблиця 1**

Обсяг та вид відходів, що утворилися при виготовленні металопродукції на Єнакієвському металургійному заводі [4]

Виробництво	Відходи, що утворилися	Кількість кг/т продукції
Агломераційне	Шлам	30-32
Доменне	Шлам	38-42
Сталеплавильне	Шлам	15-25
Прокатне	Окалина	11,6-19,4
Доменне, сталеплавильне	Шлак	450-60

Як бачимо з таблиці 1, найбільше відходів припадає на доменне виробництво. Проблемою є те, що відходи саме доменного виробництва найменше використовуються у подальших процесах. Близько 60% даних відходів іде у відвал та на захоронення. Значна кількість шламів у відходах металургійних підприємств містить від 45% до 52% заліза, 6,0–9,5% вуглецю з невеликим вмістом цинку (0,5–4%). Аналіз усіх залізовмісних відходів у процесі видобуток – збагачення – агломерації – виробництва чавуну – виробництва сталі – отримання прокату показав, що на кожній наступній сходинці виробництва металевої продукції масова частка заліза у відходах теж підвищується. І на останньому етапі всього циклу (при виробництві прокату) утворюється прокатна окалина з масовою часткою заліза (67–72%). Парадоксальність ситуації полягає в тому, що ми створюємо техногенну залізовмісну сировину, в якій масова частка заліза перевищує її концентрацію в багатій залізній руді, яку ми беремо з надр (56–60%), та залізистому концентраті, що отримують на збагачувальних фабриках (65–68%). Залізна окалина використовується як паливні шлаки для доменних печей, як компоненти агломераційної шихти та у конверторному виробництві.

**Результати дослідження.** Сучасні дослідження показали, що суху окалину (відходи кувално-штампувального виробництва) сталі можна відновлювати методом алюмотермії, отримуючи чисте залізо заданого хімічного складу безпосередньо на місцях її утворення. Така технологія вже запропонована, однак практичного впровадження немає. Запропонована технологія дає значний економічний ефект, оскільки сам процес спалювання проходить самостійно без залучення енергоносіїв та дорогого обладнання. Технологічна схема переробки окалини наведена на рисунку 1.

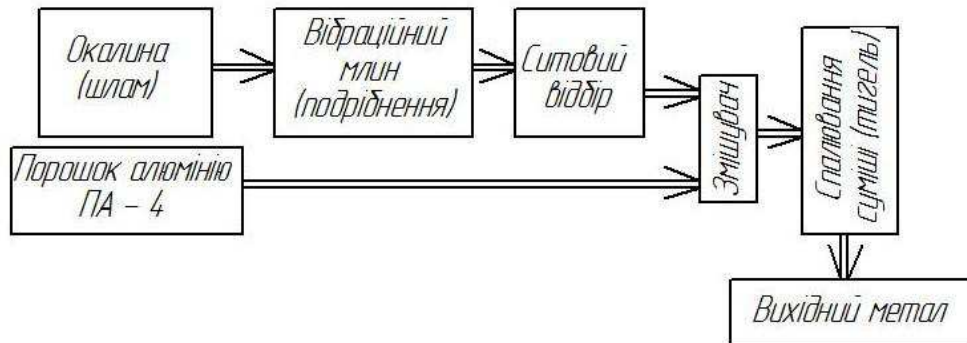


Рисунок 1. Технологічна схема переробки окалини

Figure 1. Scale processing flowsheet

Згідно з запропонованою технологією можлива переробка не тільки окалини та стружки алюмінію, але й супутніх відходів машинобудівних виробництв: стружки, лому, обрізків.

Переробка замасленої окалини (здебільшого прокатне виробництво) ускладнена тим, що для отримання з неї добре відновлюваного матеріалу потрібно очистити її від мастил та охолоджувальних рідин. Цей процес досить складний та енергозатратний, так як для його реалізації методами, розробленими останніми роками науковцями, потрібне дороге устаткування та велика площа для проведення процесу очистки замасленої окалини. Роботи з дослідження доцільності використання наведеного методу переробки окалини проводяться. Однак поки така схема не застосовується.

Обсяги заліза, накопиченого у відвалах та шламонакопичувачах, вражають (рис. 2) [4]. Взагалі в хвостосховищах ГЗК, шламосховищах та шлакових відвалах металургійних підприємств вже накопичено 652,5 млн. т техногенного заліза, щорічне його утворення складає 72 млн. т на рік.



**Рисунок 2.** Запаси техногенного заліза, накопиченого у шлаковідвалах металургійних підприємств України

**Figure 2.** Stocks of anthropogenic iron accumulated in sludges of metallurgical enterprises of Ukraine

Таким чином, на складах, хвостосховищах ГЗК, шламосховищах та шлаковідвалах металокомбінатів заліза вже накопичено більше, ніж його знаходиться в проектних контурах підприємств з видобутку багатих залізних руд (538,9 млн. т), а масова частка заліза в останніх нижча, ніж, наприклад, у прокатній окалині вторинних відстійників.

Основну масу металовідходів складає також стружка – сировина для виробництва металопорошків. На підприємствах машинобудівної галузі в результаті механічної обробки шарикопідшипникових сталей (м. Луцьк СКФ – Україна) утворюється значна кількість металічних відходів – шліфувальних шламів. На даний момент шламові відходи не утилізуються, хоча мають високу однорідність за хімічним складом та властивостями. Десятки тисяч тонн цих відходів вивозиться на захоронення, що призводить до забруднення ґрунту й гідросфери. Вирішення завдання утилізації дозволяє повернути у виробництво сировину, з високим умістом легуючих елементів, для порошкової металургії та вирішити проблему накопичення шламових відходів з точки зору екології. Технологічний процес отримання порошку легованої сталі ШХ15 із шліфувальних шламових відходів, розроблений в Луцькому національному технічному університеті, тривалий час був незатребуваний виробництвом [6]. Саме тому цікавим та перспективним з наукової та практичної точки зору є вирішення певних проблем ресурсозбереження, підвищення продуктивності, поліпшення екології

за рахунок утилізації шліфувальних шламів металообробки, виготовлення та використання виробів з металічної складової у вигляді порошку легованої сталі.

**Висновки.** Відходи є небажаними, але й неминучими на даний час продуктами технологічної діяльності людини. Відходи виробництва – ознака недосконалості технології й організації виробництва та споживання. Аналізуючи сказане вище, можна зробити висновки, що доцільним є розроблення системи контролю за утворенням відходів металургійних виробництв задля забезпечення використання їх у поточних виробничих процесах. Організація цього процесу дозволить вирішити екологічні проблем, зменшити собівартість продукції, знизити споживання мінерально-сировинних ресурсів.

**Conclusions.** Wastes are undesirable but unavoidable in present-product of human activity. Production waste is a sign of imperfect technology and organization of production and consumption. Having analyzed the said above, we can conclude that it's worth developing a control system for the formation of metallurgical industries to ensure their use in current manufacturing processes. The organization of this process will solve environmental problems, reduce production costs, reduce the consumption of mineral resources.

#### Список використаної літератури

1. Кріпак, С.М. Удосконалення технологічних процесів підготовки металургійної сировини з метою утилізації замасленої прокатної окалини: автореф. дис. кандидата технічних наук: спец 05.16.02 «Металургія чорних матеріалів» [Текст] / Кріпак С.М. – Дніпропетровськ, 2006. – 25 с.
2. Копач, П.І. Аналіз процесів відходоутворення на виробництвах гірничо-металургійного регіону [Текст] / П.І. Копач, Д.В. Чілий. // Екологія і природокористування. – 2012. – № 15. – с. 118 – 132.
3. Єгоров, К.В. Аналіз відходів металургійного виробництва [Електронний ресурс] / К.В. Єгоров. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: [http://www.fhotm.kpi.ua/sworks/05/egorov\\_article\\_2010.pdf](http://www.fhotm.kpi.ua/sworks/05/egorov_article_2010.pdf).
4. Губіна, В.Г. Проблема залізовмісних відходів гірничо-металургійного комплексу України – системний підхід [Текст] / В.Г. Губіна, Б.О. Горлицький. – 2009. – № 17. – С. 79 – 92.
5. Сергєєв, В.В. Основні шляхи досягнення цілей сталого розвитку гірничо-металургійних регіонів [Текст] / В.В. Сергєєв, П.І. Копач // Екологія і природокористування. – 2013. – № 16. – С. 167 – 180.
6. Гальчук, Т.Н. Вдосконалення технології виготовлення матеріалів трибо технічного призначення із відходів машинобудівного виробництва: автореф. дис. канд. техн. наук: спец. 05.02.01 "Матеріалознавство" [Текст] / Гальчук Т.Н. – Луцьк, 2011. – 23 с.

*Отримано 01.07.2015*