

С.М. Григор'єв

доктор технічних наук, професор  
Запорізький національний університет

## ДЕЯКІ ТАКТИЧНІ ЗАХОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В МЕТАЛУРГІЇ СПЕЦІАЛЬНИХ СТАЛЕЙ

У статті виконано оцінювання економічної ефективності технічних рішень щодо одержання матеріалів із вторинної сировини за вдосконаленою методикою та встановлено величину економічного ефекту залежно від факторів, які впливають на собівартість нових легувальних матеріалів.

**Ключові слова:** ресурсозбереження, ефективність, коефіцієнт витрат, економія матеріалів, утилізація.

### I. Вступ

Підприємства металургійного комплексу, які є джерелом шкідливих викидів у навколишнє середовище, створюють напружену екологічну обстановку в районах їхнього розташування. Окрім заподіяння шкоди навколишньому середовищу та здоров'ю людини, на цих підприємствах втрачаються цінні компоненти легувальних елементів.

З метою виправлення утвореного стану справ велику увагу зараз приділяють удосконаленню технічного рівня очисних споруд та переробки відходів. У зв'язку із цим практичний інтерес становить розробка й застосування методів оцінювання прийнятих рішень, обґрунтування їх ефективності.

Одним із найбільш перспективних напрямів підвищення ефективності підприємства металургійної продукції є утилізація заліза та легувальних елементів. Є певний досвід з добування цінних компонентів та легування елементів. Він підтверджує високу економічну ефективність переробки відходів, отриманих при обробці металів та накопичень в очисних пристроях [1–5]. У цьому аспекті величезними потенційними можливостями зі створення мало- та безвідходних процесів [2] й утилізації легувальних елементів володіє порошкова металургія [3–5].

Сучасні методи утилізації легувальних елементів, за рахунок яких, за припущеннями, на 75–80% зростає приріст обсягів виробництва металопродукції, не тільки знизять рівень забруднення навколишнього середовища, а й значною мірою дадуть змогу поповнити сировинну базу якісної металургії.

Підвищення рівня технічних рішень у галузі переробки металургійних відходів супроводжується необхідністю розробки та вдосконалення конкретних методів оцінювання ефективності цих рішень. Зараз, коли активно шукають нові можливості використання

вторинної сировини, практичну зацікавленість показують уточнені методики поняття “прямого” економічного ефекту, отриманого від видобування легувальних елементів.

Над вирішенням перелічених проблем значної економії працювали такі вчені: М. Лейтман [9], Е.В. Сидоров, Х. Крогерус [10], Й. Хунгер, А. Фляйшандерль [11], Р. Бредехеф, С.Г. Грищенко [12], Г. Ендеман [4], Ю. Керкхофф [13] та ін.

Зокрема, М.С. Лейтман та Х. Крогерус здійснювали розробку та оптимізацію методів переробки рудних матеріалів молібдену, вольфраму й інших тугоплавких елементів методами порошкової металургії. При цьому акцент ставився на економії при вичерпних природних запасах з досягненням великої економічної незалежності від країн-експортів [4; 11]. А. Фляйшандерль та Г. Ендеман розробляли економічно вигідні технологічні аспекти переробки оксидних техногенних відходів [4; 11]. Х.Ю. Керкхофф та С.Г. Грищенко аналізували цінову ситуацію на світовому ринку сировинних матеріалів для спеціальної металургії. У результаті було виявлено нестабільність цін, зі стрибкоподібними їх змінами, тенденціями до їх підвищення, що призводить до ускладнення налагодження довгострокових зв'язків з постачальниками й нестабільності забезпечення [9].

### II. Постановка завдання

Дефіцит коштів для фінансування технічного розвитку та організації виробництва на більшості підприємств металургійного комплексу ускладнює упровадження у край необхідних заходів зі скорочення викидів шкідливих речовин. Ефективність витрат на охоронні заходи, визначена розрахунком економічного збитку, завданого народному господарству [6–8], не дає змоги повною мірою показати реальний економічний ефект від упровадження відповідних заходів.

Ставиться завдання поглиблення досліджень у напрямі одержання нових легуваль-

них елементів із сировини, удосконалення методики економічного оцінювання їх ефективності, аналізу факторів, які впливають на собівартість цільової продукції, та оцінювання запропонованих техніко-економічних рішень.

### III. Результати

Зважаючи на обмеженість запасів сировинних джерел тугоплавких та корозійностійких елементів (їх вистачає на 2–5 десятиріч) [13; 14], особливої значущості набуває вирішення завдань з їх утилізації з відходів діючих підприємств. Виконані дослідження та виробничі впровадження технології виробництва порошкових швидкоріжучих сталей з використанням сплаву для легування та розкиснення дали змогу вирішити завдання утилізації тугоплавких легуючих елементів з оксидних та дрібнодисперсних металевих відходів, створених в обробних переділах. Розроблені оптимальні склади шихтових матеріалів для виплавлення сталі, маючи заздалегідь підготовлену вторинну сировину. Це дало змогу уточнити методику розрахунку економічного ефекту з урахуванням конкретних показників, отриманих у промислових умовах.

У разі впровадження розробленого складу шихти для виплавлення швидкоріжучої сталі знижуються витрати дорогих матеріалів легувальних відходів відповідних груп і паспортних заготівель, феросплавів та легувальних металевих матеріалів, розкисників і навуглецевувача.

Сума економічного ефекту визначена з розрахунку використання сплаву за кожною маркою сталі, яка виплавляється, з порівнянням на плавку без сплаву з відходів окалини й стружки. За цінами використаних відходів і феросплавів за марками розраховані витрати на плавку. Ціна виготовленого сплаву розрахована залежно від використаних марок сталі.

Етапом визначення суми економічного ефекту є розрахунок коефіцієнта витрат, які отримані на основі даних використання нового матеріалу в умовах цеху порошкової металургії. Збільшення кількості сплаву в шихті при виплавленні швидкоріжучої сталі зменшує витрати легувального елемента на одиницю вмісту елемента в сталі.

Суму економічного ефекту для граничних значень вмісту сплаву в шихті розраховують за формулою:

$$E = K_1 \sum_{i=1}^n C_i K_1 - K_2 \sum_{j=1}^m C_j K_j, \quad (1)$$

де  $E$  – сума економії на 1 т сталі, грош. од.;  
 $i = 1, 2, 3, \dots, n$  – кількість видів шихтових матеріалів з використанням сплаву;

$C_i, C_j$  – ціна шихтових матеріалів відповідно до і після застосування сплаву, частки од.;

$K_1, K_2$  – коефіцієнт витрат на шихтові матеріали відповідно до і після застосування сплаву.

Економія матеріалів, використаних на плавку, визначається за кожною виплавленою маркою з урахуванням обсягів виробництва сталі з використанням нового легувального матеріалу на основі вторинної сировини.

Наведена формула (1) оцінювання економічного ефекту дає змогу обґрунтувати технічні рішення, спрямовані на утилізацію легувальних елементів з відходів шляхом передчасної рафінуючої плавки з використанням плавлених продуктів у сталеплавильному виробництві. Залежно від джерел формування та видів відходів, їх фізико-хімічних властивостей, особливості передчасної підготовки, можливостей сфери їх використання, змінюються критерії оцінювання ефективності утилізації легувальних елементів. У цьому розумінні перспективним напрямом є отримання металізованих матеріалів у гетерогенних системах, які при незначних витратах на подрібнення й класифікацію можуть використовуватися як порошок для зварювального виробництва [15–17]. При цьому є можливим використання декількох видів відходів.

На сьогодні загострений дефіцит вмісту хрому й (або) нікелю в порошках переживають підприємства, які спеціалізуються на випуску зварювальних металів. Для того, щоб вирішити цю проблему, були випробувані склади шихти й технологічні умови отримання порошків сталі, легуваних хромом та нікелем, які одержані методом відновлення.

Зварювальні шви, які виконані дослідними електродами на основі вторинної сировини, мають показники стійкості характеристик на рівні стандартних чи перевищують їх. Витрати на виготовлення цих електродів значно нижчі, якщо порівнювати з витратами на випуск вітчизняної промисловості.

При впровадженні запропонованого технічного рішення зростає ступінь утилізації легувальних елементів (за рахунок використання в шихті відходів, які мають різні джерела формування), якість порошків і ступінь засвоєння легувальних елементів при використанні порошків у зварювальному виробництві.

Для розрахунку суми економічного ефекту використовують техніко-економічні показники базового варіанта й показники запропонованого варіанта використання шихти для отримання порошків сталі методом відновлення із зарахування діючих цін на всі компоненти шихти. Суму річного економічного ефекту ( $E_{річ}$ ) розраховують за формулою:

$$E_{річ} = \left[ \left( \left( \frac{\sum_{i=1}^n (a_i)}{k_j} \right) \times C_i + \sum_{j=1}^m a_j \times C_j \right) - \left( \frac{\sum_{e=1}^z (B_e)}{K_e} \right) \times C_e + \sum_{j=1}^G B_j \times C_j \right] \times A - E_H (K_e + K_H), \quad (2)$$

де  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  – кількість видів матеріалів, легованих хромом та нікелем, взятих з базового варіанта;

$j = 1, 2, 3, \dots; m$  – кількість видів інших матеріалів, взятих з базового варіанта;

$a_i, a_j$  – витрати матеріалів шихти, взятих з базового варіанта відповідно легованих хромом та нікелем, й інших матеріалів, т/т;

$Ц_i, Ц_j$  – ціна матеріалів шихти, взятих з базового варіанта, відповідно легованих хромом та нікелем, й інших матеріалів, кг/т;

$k_i$  – коефіцієнт засвоєння легувальних елементів відомої шихти;

$e = 1, 2, 3, \dots, z$  – кількість видів матеріалів запропонованої шихти;

$j = 1, 2, 3, \dots; G$  – кількість видів інших матеріалів запропонованої шихти;

$B_e, B_j$  – витрати матеріалів запропонованої шихти, відповідно легованих хромом і нікелем, й інших матеріалів, т/т;

$Ц_e, Ц_e$  – ціна матеріалів запропонованої шихти відповідно легувальних хромом і нікелем, й інших матеріалів, грош. од./т;

$k_e$  – коефіцієнт засвоєння легувальних елементів запропонованої шихти;

$A$  – річний обсяг випуску запропонованої шихти;

$k_e$  – додаткові капітальні вкладення при впровадженні запропонованої шихти, грош. од./т;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності;

$K_n$  – витрати, пов'язані з дослідженням запропонованої шихти, грош. од.

При використанні порошоків в електродному покритті як легувальні матеріали, отримані шляхом металізації оксидних відходів у гетерогенних системах, у розрахунках ефективності їх використання потрібно враховувати сумарні витрати на їх отримання, у тому числі на розмел, розсів, класифікацію, магнітну сепарацію й на інші види підготовки.

Для розрахунку економічного ефекту, отриманого при використанні корозійностійких елементів як компонентів електродного покриття у виробництві зварювальних електродів, необхідно врахувати витрати на виробництво стандартних електродів того самого призначення, орієнтуючись на оптову ціну цих матеріалів. Розрахунок виконують за сумою складових компонентів, потім визначаються витрати з виготовлення електродів. Суму річного економічного ефекту розраховують за формулою:

$$E_{річ} = (S_1 - S_2) \times A - E_n \times K, \quad (3)$$

де  $S_1, S_2$  – витрати на вироблення 1 т відповідно стандартних електродів і розроблених із застосуванням легувальних порошоків, отриманих на основі вторинної сировини, грош. од./т;

$A$  – річний обсяг виробництва електродів із застосуванням розробленого електродно-

го покриття, до складу якого входить передчасно підготовлена вторинна сировина, т;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності;

$K$  – додаткові капітальні вкладення на розробку та впровадження нових зварювальних матеріалів, грош. од.

За запропонованою методикою оцінювання економічної ефективності технічних рішень щодо одержання матеріалів із вторинної сировини й утилізації легувальних елементів із техногенних відходів як приклад наведено додаткову частину розрахунку економії використання попередньо підготовленого сплаву з відходів окалини й стружки швидкорізальних сталей.

Після розрахунків за формулами (1) і (2) визначимо додаткові витрати на додаткові операції з підготовки брикетованого сплаву на весь обсяг (9360 кг сплаву) – 56 864,81 дол. США. Тоді на 1 кг сплаву:

$$56864,81 \div 9360 = 6,075 \text{ дол. США/кг.}$$

На 1 т 6075,3 дол. США/т, з них:

- розмол вуглецевого відновника –  $0,11 \times 6075,3 = 668,28$  дол. США;
- вартість вуглецевого відновника –  $0,17 \times 6075,3 = 1032,8$  дол. США;
- класифікація й усереднення некондиційної за хімічним та гранулометричним складом –  $0,24 \times 6075,3 = 1458,07$  дол. США;
- змішування та усереднення складу в змішувачі, що обігривається, –  $0,16 \times 6075,3 = 972,05$  дол. США;
- брикетування вихідних компонентів шихти й сушка брикетів –  $0,25 \times 6075,3 = 1518,81$  дол. США.

Тоді загальна економія ( $E_{заг}$ ) на весь обсяг виплавленої сталі з використанням брикетованого сплаву становитиме:

$$\begin{aligned} E_{заг} &= E_{1 \text{ P6M5K5}} \times A_1 + E_{2 \text{ P6M5Ф3}} \times A_2 - 3 = \\ &= 1920,18 \times 1600 + 1857,5 \times 2400 - 56\,864,8 = \\ &= 71\,604\,439,19, \text{ округлено до } 71,6 \text{ млн дол.} \\ &\text{США,} \end{aligned}$$

де  $E_{1 \text{ P6M5K5}}$  та  $E_{2 \text{ P6M5Ф3}}$  – економія виплавки сталі з використанням брикетованого сплаву для легування марок сталі P6M5K5 та P6M5Ф3;

$A_1$  та  $A_2$  – обсяги виплавленої сталі з використанням брикетованих легувальних матеріалів.

#### IV. Висновки

Удосконалено методику оцінювання економічного ефекту від розроблених технологічних рішень з утилізації тугоплавких легувальних елементів з оксидних та дрібнодисперсних “забруднених” відходів виробництва швидкоріжучої сталі й отримання порошкової сталі, легованої важкими елементами.

Установлено величину економічного ефекту залежно від факторів, які впливають на собівартість отриманих нових матеріалів різного призначення: для вирощання в сталеві-

плавильному виробництві й у виробництві зварювальних електродів.

#### Список використаної літератури

1. Григорьев С.М. Использование циклонной пыли в производстве железного порошка методом восстановления / С.М. Григорьев, Л.Н. Игнатов, А.Н. Сытник // Сталь. – 1987 – № 8. – С. 88–90.
2. Григор'єв С.М. Утилізація циклонних відходів легованої сталі методами порошкової металургії / С.М. Григор'єв, В.І. Сидоренко, Є.Н. Архипенкова // Раціональне використання, охорона, репродукція біологічних ресурсів та екологічне виховання : тез. доп. республ. конф. 27–29 вересня 1988 р.). – Запоріжжя, 1988. – С. 243–244.
3. Григор'єв С.М. Ресурсо- та енергозбереження в регіональній економічній політиці на прикладі утилізації легувальних елементів з техногенних відходів виробництва прицевійних сплавів / С.М. Григор'єв, Я.О. Зубрицька // Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво. – 2009. – № 5. – С. 61–65.
4. Эндеман Г. Образование пыли, окалины и шлама и их утилизация на металлургических заводах Германии / Г. Эндеман, Х.Б. Люнген, К.Д. Вупперман // Черные металлы. – 2007. – № 2. – С. 49–56.
5. Григор'єв С.М. Стратегічні й тактичні напрями ресурсо- та енергозбереження в металургії важкотопких легувальних матеріалів і спеціальних сталей / С.М. Григор'єв // Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво. – 2009. – № 6. – С. 70–76.
6. Временная типовая методика определения экономической эффективности выполнения природоохранных мероприятий и оценки экономического събыта, нанесенного народному хозяйству загрязнением окружающей среды. – М. : Экономика, 1986. – 95 с.
7. Сахаев В.Г. Економіка природо-використання та охорони навколишнього середовища / В.Г. Сахаев, Б.В. Щербицкий. – К. : Вища школа. Головне видавництво, 1987. – 263 с.
8. Савицкая Г.В. Анализ хозяйственной деятельности предприятия / Г.В. Савицкая. – М. : ИНФРА-М, 2009. – 536 с.
9. Лейтман М.С. Тугоплавкие металлы: состояние рынка и перспективы применения в России / М.С. Лейтман // Сталь. – 2008. – С. 47–50.
10. Крогерус Х. Технология производства феррохрома фирмы Outokumpu: экономическая эффективность и высокая производительность / Х. Крогерус, П. Ойкаринен // Черные металлы. – 2003. – № 12. – С. 23–31.
11. Хунгер Й. ZEWA – Новый металлургический процесс для производства ценных материалов из промышленных отходов / Й. Хунгер, А. Фляйшандерль, У. Женнари, Ж. Борле [и др.] // Черные металлы. – 2005. – № 6. – С. 33–40.
12. Грищенко С.Г. Мировой финансово-экономический кризис и металлургия / С.Г. Грищенко // Сталь. – 2009. – № 2. – С. 68–71.
13. Керкхофф Х.Ю. Взрыв цен на сырье – угроза экономическому подъему / Х.Ю. Керкхофф // Черные металлы. – 2010. – № 10. – С. 61–66.
14. Григорьев С.М. Техничко-экономические показатели развития металлургии губчатых и порошковых лигатур на примере металлизированного молибденового концентрата / С.М. Григорьев // Черные металлы. – 2005. – № 3. – С. 26–29.
15. Григор'єв С.М. Оптимізація техніко-економічних показників виплавки сталі в індукційній печі з використанням хромовмісних брикетів / С.М. Григор'єв, С.Ю. Білим // Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво. – 2006. – № 6. – С. 89–92.
16. А.С.1069969 СССР, МКИ<sup>3</sup> В22К 35/365, № 3466284 / 25–37 / Н.С. Гамов, П.П. Лазебнов, С.М. Григорьев. – Заявл. 09.07.82 // Оpubл. 30.01.84. Открытия. Изобрет. Бюл. № 7. – С. 49.
17. Патент Украины. 19114, МКИ С22С 35/00. № 4807379 / SU / С.М. Григорьев, М.П. Ревун, А.Н. Пивень [и др.] // Заявл. 29.03.93. Оpubл. 25.12.97. Бюл. № 6. – С. 14.

Стаття надійшла до редакції 08.01.2014.

#### Григорьев С.М. Некоторые тактические мероприятия повышения эффективности ресурсосбережения в металлургии специальных сталей

*В статье выполнена оценка экономической эффективности технических решений по получению материалов из вторичного сырья по усовершенствованной методике и установлена величина экономического эффекта в зависимости от факторов, влияющих на себестоимость новых легирующих материалов.*

**Ключевые слова:** ресурсосбережение, эффективность, расходные коэффициенты, экономия материалов, утилизация.

**Grigoriev S. Some tactical activities increase efficiency in resource metallurgy of special steels**

*The article estimated the economic efficiency of technical solutions for the production from secondary raw materials by improved methodology. Installed the value of the economic effects depending on the factors that affect the cost price obtained new alloying materials.*

*One of the main sources of high ecological tension, formation technogenic waste representing industrial interest and damage to the environment and human health, are enterprises of the metallurgical complex. However, these productions are lost valuable components and alloying elements.*

*Perspective directions of increase efficiency of the through use of minerals and recycling of alloying elements from industrial waste prefer methods of powder metallurgy. Special urgency solving these problems in the domestic steel industry acquires utilization technology of refractory and rare alloying elements, the lack of which is executed through imports. There are no mineral resources bases for their production in Ukraine. The current research and accumulated some experience in their recover from industrial waste and the use of special steels in metallurgy demonstrating the high efficiency of the proposed technical solutions.*

*Famous methods of estimation of economic efficiency does not account for, in many cases the factors that are being developed in the implementation and increasing the volume of processing of industrial waste by powder metallurgy.*

*Present work is devoted to improve the methodology of economic evaluation of technical solutions for recycling alloying elements from technogenic raw materials, the method takes into account factors that have been developed to solve the problem recycling refractory oxide of the alloying elements and fine-dyspersated waste generated in the processing redistributions. These factors should include a comparison of the change materials for smelting of ferroalloys using standard and additional introduction, alloy for deoxidation and alloying on the basis technogenic waste.*

**Key words:** resource efficiency, consumption ratios, material saving, recycle.