

С.М. Григор'єв

доктор економічних наук, професор  
Запорізький національний університет**ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ УТИЛІЗАЦІЇ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛІВ  
ІЗ ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ ПРЕЦИЗІЙНИХ СПЛАВІВ**

*У статті удосконалено методику розрахунку ефективності утилізації тугоплавких металів із техногенних відходів прецизійних сплавів та виконано оцінювання економії матеріальних ресурсів утилізації на прикладі нікелю та молібдену.*

**Ключові слова:** ефективність утилізації, економія шихтових матеріалів, техногенні відходи, прецизійні сплави, вихід придатного, лігатура.

**І. Вступ**

Світові тенденції останніх років у металургійному виробництві у вітчизняній промисловості й за кордоном свідчать про підвищення темпів нарощування обсягів виробництва спеціальних сталей порівняно з темпами виробництва масових сталей. Для забезпечення стабільного зростання виробництва й конкурентоспроможності виплавки спеціальних сталей потрібні розробка та реалізація альтернативних заходів, що забезпечують зниження їх собівартості. Одним з перспективних напрямів підвищення техніко-економічних показників виплавки спеціальних сталей є ресурсо- й енергозбереження в промисловому виробництві металопродукції [1–4].

Розроблені й упроваджуються ефективні і достатньо оригінальні техніко-економічні рішення, що дають змогу істотно скоротити відставання в цьому напрямі [5–9]. Наукова громадськість обговорює велику кількість пропозицій щодо стратегічних і тактичних рішень, які значною мірою здатні покращити економічний клімат у вирішенні поставлених сучасними умовами завдань [10–12].

Проте, з практичного погляду, слід виділити два шляхи: виробництво легувальних матеріалів і спеціальних сплавів з якісно новими технологічними властивостями та розвиток напрямку переробки техногенних відходів і вторинної сировини, які дають змогу істотно підвищити рівень використання дорогих легувальних матеріалів, дефіцит яких заповнюється імпортними поставаннями із за кордону за світовими цінами.

На сучасному етапі розвитку національної економіки України питаннями, які потребують негайного вирішення, є розробка ефективних механізмів і заходів, що сприятимуть підвищенню матеріальної відповідальності партнерів виробників та постачальників сировини, матеріалів і енергоносіїв. Це

сприятиме підвищенню рівня конкурентоспроможності вітчизняних виробників на зовнішніх ринках та стане запорукою економічного зростання і стабілізації господарських зв'язків. Особливо виразно виявляються ці фактори в промисловому виробництві, зокрема в такій провідній галузі, як металургія.

Проблем оцінювання та аналізу рівня ефективності й міжнародної конкурентоспроможності вітчизняних товаровиробників і формування можливих шляхів подолання кризових явищ присвячені наукові праці таких українських учених, як В. Александрова, В. Білоус, А. Гальчинський, В. Геєць, Б. Губський, Ю. Іванов, В. Найдюнов, Ф. Павленко, С. Салига, Г. Семенов, П. Супрун. У цьому напрямі суттєвий внесок зробили і досягли економічно значущих результатів такі науковці: М.С. Лейтман, Х. Крогерус – розробляли та впроваджували технології виробництва економно легованих матеріалів методами порошкової металургії з акцентом – на раціональному використанні провідних сировинних запасів з метою досягнення найбільшої економічної незалежності від країн-експортерів [2; 3]; А. Фляйшандерль, Г. Ендеман висвітлювали економічне обґрунтування найбільш важливих аспектів переробки оксидних техногенних відходів [3; 13; 20]; Х.Ю. Керкхофф і С.Г. Грищенко аналізували цінову ситуацію на світовому ринку сировинних матеріалів для спеціальної металургії, у результаті чого була виявлена нестабільність цін із стрибкоподібними змінами, тенденціями до їх підвищення, що призводить до ускладнення налагодження довгострокових зв'язків з постачальниками та нестабільності забезпечення промислового виробництва [2; 3; 13; 14].

У вітчизняній промисловості до гостродефіцитних легувальних елементів належать молібден, вольфрам, хром, кобальт, ванадій та нікель, відсутність яких у державі стримує стійке нарощування обсягів вироб-

ництва спеціальних сталей. Протягом останніх років через стрімке зростання цін на них на світовому ринку споживання ця проблема набула ще більшого значення [6; 14; 15]. Тому розробка вітчизняних ресурсо- та енергозбережних технологій одержання сплавів лігатур, надто з паралельною утилізацією немобільних відходів, являє собою не тільки науковий, а й, перш за все, практичний промисловий інтерес. Резерви розвитку цього напрямку далеко не вичерпані.

## II. Постановка завдання

Мета статті – кількісне виявлення факторів, які набули розвитку і впливають на економічну ефективність утилізації тугоплавких елементів при відносно низьких температурах (не більше ніж 1200 °С) розробленими передовими засобами. Для ширшого впровадження запропонованих рішень у край необхідна методика визначення об'єктивності економічної доцільності від його використання [6; 12].

## III. Результати

До факторів слід зарахувати концентрацію тугоплавких елементів, які використовуються у відходах, витратні коефіцієнти, рівень їх наскрізної утилізації, зниження чаду всього комплексу тугоплавких і активних елементів при веденні процесу в системах з надлишковим відновним потенціалом та інші чинники, які не враховуються відомими методиками оцінювання ефективності нової техніки і прямого ефекту від заходів природоохоронного значення.

Нетрадиційний напрям заповнення дефіциту нікелю полягає у використанні висококонцентрованих відходів виробництва корозійностійких матеріалів і прецизійних сплавів на нікелевій основі при отриманні нікелевих лігатур, що задовольняють високим вимогам якісної металургії. Ці лігатури можуть застосовуватися при виплавці спеціальних сплавів на нікелевій основі, а також як легувальні домішки нікелю в різних сферах його використання.

Суть нового технічного рішення полягає в досягненні в лігатурі базового вмісту нікелю 60–85% (мас.) з оптимальним співвідношенням поширених активних елементів (алюміній, титан, кремній, цирконій тощо) і деяких домішок тугоплавких елементів (молібден, вольфрам, кобальт тощо).

Випробувані розробки можуть бути реалізовані на вивільнених плавильних потужностях кольорової металургії без будь-яких конструкційних доробок, що відкриває перспективу впровадження багатьох технологічних проєктів без використання значних капітальних вкладень. При цьому повинні враховуватися такі нетипові фактори, як форма присутності елементів у відходах, наявність і концентрація супутніх шкідливих домішок, що знижують практичну цінність тугоплавких елементів тощо.

Сума річного економічного ефекту або впровадження одного окремо взятого технічного рішення з одержання та використання нових складів лігатур замість традиційно застосовуваних металевих нікелю та молібдену високої чистоти при виробництві прецизійних сплавів на нікелевій основі визначається за формулою:

$$E = \sum_{i=1}^n \{ (E_{\text{ШМ}_i} + E_{\text{ЗВ}_i} + E_{\text{ТВ}_i} + E_{\text{ЗФ}_i}) * E_{\text{ВФ}} \}, \quad (1)$$

де  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  – кількість варіантів отримання та використання лігатур, що відрізняються різною структурою легувальних і активних елементів;

$E_{\text{ШМ}_i}$  – сума економії відповідних витрат на шихтові матеріали при виробництві прецизійних сплавів, грош. од./т;

$E_{\text{ЗВ}_i}$  – сума економії відповідних легувальних елементів і розкиснювачів за рахунок зниження чаду на наступних переділах (видаткових коефіцієнтів), грош. од./т;

$E_{\text{ТВ}_i}$  – сума економії за рахунок скорочення технологічних витрат (палива, води, енергії та ін.) при зниженні температури плавлення і збільшенні швидкості розчинення тугоплавких елементів у розплаві сплаву, грош. од./т;

$E_{\text{ЗФ}_i}$  – економія (перевитрата) за рахунок зміни зовнішніх факторів і їхнього впливу на збільшення швидкості обороту оборотних коштів, грош. од./т;

$E_{\text{ВФ}}$  – річний обсяг виробництва  $i$ -го прецизійного сплаву із застосуванням нового виду комплексного матеріалу, т.

Розрахунок суми економії шихтових матеріалів на плавку прецизійного сплаву проведено за формулою [12]:

$$E_{\text{ШМ}_i} = \sum_{j=1}^m Q_j \sum_{j=1}^{\beta} (X_{01} - X_{ij}) C_j, \quad (2)$$

де  $j = 1, 2, 3, \dots, m$  – кількість порівнюваних марок прецизійних сплавів;

$j = 1, 2, 3, \dots, \beta$  – кількість видів шихтових матеріалів на плавку;

$Q_j$  – обсяг виробництва  $j$ -ї марки прецизійного сплаву після впровадження технології виплавки з використанням лігатури, т;

$X_{01}, X_{ij}$  – витрати шихтових матеріалів до і після впровадження виплавки сплаву із застосуванням лігатури на 1 т сплаву, т;

$C_j$  – ціна кожного компонента шихти, грош. од./т.

За інших рівних умов виплавки прецизійних сплавів на нікелевій основі, легованих рідкісними елементами, визначати ефективність їх виробництва будуть ціна та технологічні особливості нікелю й інших тугоплав-

ких елементів. Тому при розрахунку наскрізної економічної вигоди необхідно враховувати резерви підвищення економії на стадії отримання легувальних матеріалів на основі нікелю, легованих молібденом й іншими елементами:

$$C_j = (\Pi_j + C_j), \quad (3)$$

$$C_j = \sum_{j=1}^{\mu} C_{oj} * K_1 * K_2, \quad (4)$$

де  $\Pi_j$  – прибуток, одержуваний при виробництві лігатури на основі легованих відходів, грош. од./т;

$C_j$  – повна собівартість виробництва цієї лігатури, грош. од./т;

$\sum_{j=1}^{\mu} C_{oj}$  – ціна окремо взятого стандартного компонента шихти, отриманого за наявними технологіями (наприклад, металевих нікелю, молібдену, хрому тощо), грош. од./т;

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує підвищення рівня використання кожного елемента при введенні їх у розплав лігатурою;

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує технологічні переваги комплексної лігатури порівняно з використанням кожного металевого елемента окремо (підвищення швидкості розчинення в розплаві, зниження температури розплаву тощо).

Для аналізу величини одержуваного прибутку за наявності оригінальної і достатньо надійної технології виплавки лігатури з відходів на нікелевій основі, легованих тугоплавкими елементами, з метою її використання при отриманні прецизійних сплавів доцільно врахувати нетрадиційні чинники, які набули матеріалізації при формуванні постатейної структури собівартості. Тоді повну собівартість виплавки лігатури в загальному вигляді можна отримати за формулою:

$$C_j = C_{зв} + C_{вп} + C_{нв}, \quad (5)$$

де  $C_{зв}$  – витрати за статтею “задано у виробництво”, грош. од./т;

$C_{вп}$  – витрати по переділу з урахуванням витрат на оренду основних фондів та допоміжного обладнання, грош. од./т;

$C_{нв}$  – накладні витрати, грош. од./т.

З урахуванням технологічних факторів отримаємо:

$$C_j = \left[ \frac{(C_{зв} + C_{вп} + C_{нв})}{(\eta * y_{\eta}) + (z_{\beta-\sigma} * y_z) + (L_{\xi-f} * y_L)} \right] * K_{\Pi} * \varpi, \quad (6)$$

де  $\eta$  – базовий вміст провідного легувального елемента у відходах виробництва, % (мас);

$y_{\eta}$  – рівень засвоєння провідного легувального елемента лігатурою з відходів;

$z_{\beta-\sigma}$  – концентрація відповідних елементів:  $\beta = 1, 2, 3, \dots, \sigma$  тугоплавких та інших корисних елементів у відходах виробництва, % (мас.);

$y_z$  – рівень засвоєння супутніх  $\beta = 1, 2, 3, \dots, \sigma$  елементів лігатурою з відходів;

$L_{\xi-f}$  – концентрація активних елементів (або розкиснювачів) у відходах та компонентів шихти на виплавку лігатури;

$y_L$  – рівень засвоєння активних елементів (або розкиснювачів) при виплавці лігатури;

$K_{\Pi}$  – коефіцієнт, що враховує концентрацію шкідливих або корисних домішок, які підвищують або знижують споживчі якості лігатури;

$\varpi$  – вихід придатної лігатури.

Ця формула дає змогу визначити собівартість отримання комплексу легувальних і активних елементів у лігатурі на основі нікелю, одержуваного з висококонцентрованих відходів, на відміну від пропорційної собівартості видобування кожного елемента при комплексній переробці рудної сировини або утилізації цінних компонентів з уловленого пилу [16–19], аналогічно [12; 16].

$$E_{TP_i} = T_{p1_i} - T_{p2_i}, \quad (7)$$

де  $i = 1, 2, 3, \dots$  – кількість варіантів технологій виплавки прецизійних сплавів, що відрізняються складами шихтових матеріалів, способом їх введення, технологічними агрегатами для їх здійснення;

$T_{p1_i}, T_{p2_i}$  – технологічні витрати за межею виробництва прецизійних сплавів без і з використанням лігатури, за варіантами, грош. од./т.

За цією статтею витрат найбільш достовірними є показники зниження витрат технологічних палива (електроенергії), води, шлакоутворювальних домішок і флюсів. Це забезпечується технологічними перевагами лігатури порівняно з окремими компонентами шихти на плавку.

Економію за рахунок зниження чаду легувальних елементів і розкиснювачів при виплавці можна визначити за формулою:

$$E_{зв} = 3_1 - 3_2, \quad (8)$$

де  $3_1, 3_2$  – витрати на легувальні й розкиснювальні елементи при виплавці прецизійних сплавів до і після впровадження лігатури, грош. од./т.

Підставляючи конкретні вираження діючих факторів, у цьому випадку отримаємо:

$$E_{зв} = (3_1' y_{\eta}' + 3_2' y_z' + 3_3' y_L') - (3_1'' y_{\eta}'' + 3_2'' y_z'' + 3_3'' y_L''), \quad (9)$$

де  $Z_1'$  – вартість нікелевої основи у сплаві при використанні металевго нікелю, грош. од./т;

$Y_1'$  – рівень переходу нікелю у сплав, частки од.;

$Z_2'$  – вартість інших легувальних елементів при використанні їх у металевому вигляді, грош. од./т;

$Y_2'$  – рівень засвоєння інших легувальних елементів прецизійним сплавом, частки од.;

$Z_3'$  – вартість чистих розкиснювачів при виплавці сплаву, грош. од./т;

$Y_L'$  – видаткові коефіцієнти розкиснювачів при виплавці сплаву за базовою технологією, т/т;

$Z_1''$ ,  $Z_2''$ ,  $Z_3''$  – витрати на нікелеву основу, легувальні елементи та розкиснювачі в разі використання лігатури для виплавки прецизійного сплаву, грош. од./т;

$Y_1''$ ,  $Y_2''$ ,  $Y_L''$  – рівень використання (засвоєння) нікелевої основи, легувальних елементів і розкиснювачів при виплавці сплаву з лігатури, відповідно.

Очікувану економію за рахунок зміни зовнішніх факторів можна розрахувати за допомогою коефіцієнтів, що враховують швидкість обороту оборотних коштів, кон'юнктуру ринкових цін та інших неврахованих факторів. Це стало можливим при значній сумі наскрізної економії витрат (приблизно на 60–70%) з використанням нової ефективної технології переробки висококонцентрованих відходів у комплексний матеріал, що дає змогу виключити використання дорогих нікелю, молібдену та інших елементів. Цю економію можна розрахувати за формулою:

$$E_{3\phi} = C_1 - C_2, \quad (10)$$

де  $C_1$ ,  $C_2$  – ціна прецизійного сплаву, виробленого з використанням чистих елементів і комплексної лігатури, отриманої на основі відходів відповідно, грош. од./т.

$$C_2 = Z_0 * K_1 * K_2 * K_3, \quad (11)$$

де  $Z_0$  – загальні витрати на виробництво та реалізацію прецизійного сплаву, отриманого з використанням комплексної лігатури, грош. од./т;

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує найбільш імовірно зниження оптової ціни на прецизійний сплав в умовах ринку;

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує швидкість обороту обігових коштів в умовах прямих договірних поставок;

$K_3$  – коефіцієнт інших неврахованих факторів.

Найбільш імовірні значення одержуваної економії брали менше ніж 1 (у межах 0,95–0,98).

Згідно запропонованій методиці розрахунку економічної ефективності утилізації тугоплавких елементів із техногенних відходів прецизійних сплавів виконані перетворення та попередні розрахунки по формулам 1...11, а заключні розрахунки виконані таким чином: розрахунок обсягу виплавленого прецизійного сплаву марки 79НМ з використанням сплаву для легування та розкиснення марки НМ1 склав:

$$70,6 \times \frac{1000}{180} = 392,22 \text{ т.}$$

Згідно обсягу використання в об'ємі 70,6 т і сертифікації хімічного складу сплаву для легування та розкиснення НМ1 при промисловому виробництві сплаву марки 79НМ, в перерахунок на базовий вміст (100% мас.), економія по нікелю склала:

$$\frac{70,6}{100} \times 86,5 = 61,07 \text{ т,}$$

де 70,6 – маса використаного сплаву марки НМ1, т;

100 – базовий вміст провідного елемента, % мас.;

86,5 – середнє значення вмісту нікелю в сплаві марки НМ1, % мас.

Аналогічно до розрахунків економії нікелю заощадження по молібдену склали:

$$\frac{70,6}{100} \times 2,45 = 1,73 \text{ т.}$$

1) Економія коштів за рахунок зниження витрат легуючих елементів на 1 т прецизійного сплаву 79НМ (в порівнянні з використанням стандартних феросплавів і легуючих матеріалів):

$$\begin{aligned} E_1 &= (n_1 - n_2) \times \eta_1 \times C_1 + (m_1 - m_2) \times \eta_2 \times C_2 = \\ &= (792,5 - 636,8) \times 0,98 \times 15,999 + \\ &+ (39,5 - 35,1) \times 0,97 \times 22,5 = \\ &= 2537,47 \text{ дол. США / т,} \end{aligned}$$

де  $n_1, n_2$  – видатки нікелю при виплавці сплаву 79НМ з використанням стандартного електролітичного нікелю та додатковою добавкою сплаву НМ1 відповідно, кг/т сплаву;

$m_1, m_2$  – видатки молібдену при виплавці сплаву 79НМ з використанням стандартного феромолібдену та додатковою добавкою сплаву НМ1 відповідно, кг/т сплаву;

$\eta_1, \eta_2$  – ступінь засвоєння нікелю та молібдену відповідно згідно запропонованого технічного рішення з використанням сплаву НМ1, дол. од.;

$C_1, C_2$  – ціна за 1 кг нікелю та молібдену відповідно станом на 25.03.2014 р. на Лондонській біржі металів (LME), дол. США.

2) Економія коштів при використанні 1 т сплаву для легування та розкиснення марки НМ1:

$$E_2 = E_1 \times \frac{1000}{180} = 2537,47 \times \frac{1000}{180} = 14097 \text{ дол. США.}$$

3) Загальна економія коштів при використанні 70,6 т сплаву для легування та розкиснення марки НМ1:

$$E = (E_2 - B_1 - B_2) \times 70,6 = (14097 - 8672,13 - 2124,28) \times 70,6 = 233,03 \text{ тис. дол. США, округлено 233 тис. дол. США}$$

де  $B_1$  – вартість витрати на збір компонентів шихти, виплавку та розливу сплаву, подрібнення та транспортування на 1 т сплаву марки НМ1, дол. США;

$B_2$  – витрати на НДР, супроводження нормативно-технічною документацією на випробування та виробництво промислової партії, в перерахунку на 1 т сплаву марки НМ1, дол. США.

Загальний обсяг витрат коштів на НДР по науковому обґрунтуванню, розробці технології виплавки сплаву для легування і розкиснення та його використання при виплавці нікельмолібденвмісних прецизійних сплавів склав 150 тис. дол. США.

#### IV. Висновки

На основі нових технічних рішень запропоновано один із напрямів заповнення дефіциту нікелю та деяких супутніх тугоплавких елементів шляхом переробки висококонцентрованих відходів виробництва та обробки прецизійних сплавів і матеріалів на нікелевій основі з отриманням нових складів лігатур для застосування їх замість чистого нікелю та інших тугоплавких елементів.

Уточнено методику оцінювання наскрізної економічної ефективності переробки легованих відходів на нікелевій основі та застосування нових матеріалів у тих виробництвах, де традиційно застосовують металевий нікель й інші дорогі елементи.

Виконані розрахунки економічної ефективності запропонованих нових техніко-економічних рішень утилізації тугоплавких елементів техногенних відходів виробництва прецизійних сплавів підтверджують економічну доцільність обраного напрямку підвищення ефективності в металургії спеціальних сталей.

#### Список використаної літератури

1. Волынкина Е.П. Отходы металлургического предприятия: от анализа потерь к управлению / Е.П. Волынкина, Е.В. Протопопов // Известия вузов. Чёрная металлургия. – 2005. – № 6. – С. 72–76.
2. Грищенко С.Г. Мировой финансово-экономический кризис в металлургии / С.Г. Грищенко // Сталь. – 2009. – № 2. – С. 68–71.
3. Грищенко С.Г. Рынок металлопродукции Украины в странах СНГ: проблемы и задачи / С.Г. Грищенко // Сталь. – 2008. – № 9. – С. 88–90.
4. Григорьев С.М. Экономическая целесообразность альтернативных источников ресурсо-энергосбережения в металлургической промышленности / С.М. Григорьев, И.В. Петрищева // Вісник Запорізького національного університету : збірник наукових статей. Економічні науки. – Запоріжжя : ЗНУ, 2012. – № 2. – С. 15–20.
5. Григорьев С.М. Техничко-экономические показатели развития металлургии губчатых и порошковых лигатур на примере металлизированного молибденового концентрата / С.М. Григорьев // Чёрные металлы. – 2005. – № 3. – С. 26–29.
6. Григор'єв С.М. Ресурсо- та енергозбереження в регіональній економічній політиці на прикладі утилізації легувальних елементів з техногенних відходів виробництва прецизійних сплавів / С.М. Григор'єв, Я.О. Зубрицька // Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємство. – 2012. – № 2. – С. 89–92.
7. Григорьев С.М. Извлечение тугоплавких элементов из окалина быстрорежущей стали / С.М. Григорьев // Сталь. – 1994. – № 3. – С. 63–66.
8. Григорьев С.М. Получение и использование сплава для легирования и раскисления быстрорежущей стали / С.М. Григорьев // Сталь. – 1994. – № 5. – С. 45–48.
9. Григорьев С.М. Утилизация техногенных отходов при получении порошков хромоникелевых сталей / С.М. Григорьев, А.В. Геллер // Сталь. – 1999. – № 8. – С. 72–74.
10. А.С. 1722755 СССР, МКИ<sup>4</sup> В23К 35/365. Состав электродного покрытия / М.Н. Голубов, П.П. Лезебнов, С.М. Григорьев и др. № 4801980/08; Заявка 11.12.89; Опубл. 30.03.92
11. Патент 18365 Україна, МКИ<sup>5</sup> С22С 35/00. Лигатура для выплавки сплавов на никелевой основе / Григор'єв С.М., Архипенкова Е.М. № 5002496/SU; Заява 24.09.93; Опубл. бюл. № 6 – 25.12.97.
12. Григорьев С.М. Экономическая эффективность утилизации редких металлов из окалина быстрорежущей стали / С.М. Григорьев, А.Н. Пивень // Цветные металлы. – 1993. – № 3. – С. 39–44.
13. Керкхофф Х.Ю. Взрыв цен на сырьё – угроза экономическому подъёму / Х.Ю. Керкхофф // Чёрные металлы. – 2010. – № 10. – С. 61–66.
14. Лейтман М.С. Тугоплавкие металлы: состояние рынка и перспективы применения в России / М.С. Лейтман // Сталь. – 2008. – № 3. – С. 47–50.

15. Хансман Т. Технология оптимального рынка отходов чёрной металлургии / Т. Хансман, П. Фонтана, А. Чиапперо // Чёрные металлы. – 2008. – № 10. – С. 32–37.
16. Экономическая оценка технических решений по утилизации легирующих элементов в порошковом производстве специальных сталей / С.М. Григорьев, М.П. Ревун, А.Н. Пивень и др. // Цветные металлы. – 1991. – № 10. – С. 6–8.
17. Смирнова Т.А. Экономика цветной металлургии СССР / Т.А. Смирнова, Н.Т. Глушков, А.Г. Шкурский. – Л.: Металлургия, 1983. – 384 с.
18. Временная типовая методика определения экономической эффективности осуществления природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. – М.: Экономика, 1986. – 95 с.
19. Расчеты экономической эффективности новой техники: справочник / под общ. ред. К.М. Великанова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение (Ленингр. отделение), 1990. – 448 с.
20. Фляйшандерль А. ZEWA – Новый металлургический процесс для производства ценных материалов из промышленных отходов / А. Фляйшандерль, У. Женнари, Ж. Борле // Чёрные металлы. – 2005. – № 6. – С. 33–40.

Стаття надійшла до редакції 21.02.2014.

---

**Григорьев С.М. Экономическая эффективность утилизации тугоплавких металлов из техногенных отходов прецизионных сплавов**

*В статье усовершенствована методика расчёта эффективности утилизации тугоплавких металлов из техногенных отходов прецизионных сплавов и выполнена оценка экономии материальных ресурсов на примере утилизации никеля и молибдена.*

**Ключевые слова:** эффективность утилизации, экономия шихтовых материалов, техногенные отходы, прецизионные сплавы, выход пригодного, лигатура.

**Grigor'ev S. Increase of efficiency of utilization of the refractory metals from the technogenic waste of the precision alloys**

*Improved the methodic of refractory metals utilization efficiency from technological wastes of precision alloys and estimation of material resources saving by utilization for example, nickel and molybdenum was made.*

*At the present stage of development of the national economy of Ukraine issues that need urgent attention, is the development of effective mechanisms and measures that will promote financial accountability partner manufacturers and suppliers of raw materials and energy. This will help increase the competitiveness of domestic producers on foreign markets and will ensure economic growth and stabilization of economic relations. Especially pronounced these factors in industrial production and in such leading industries as metallurgy.*

*Unconventional way of compensation nickel deficiency is to use highly concentrated industrial corrosion resistant waste materials and precision alloys of nickel in obtaining nickel ligatures satisfying the requirements of high quality steel.*

*These ligatures can be used in the smelting of special alloys based on nickel and as alloying agent of nickel in various areas its use.*

*Tested technology can be implemented in the released on ferrous metallurgy smelting facilities without any structural improvements, which offers the prospect of implementing many technology projects without significant investments. Atypical factors should be taken into account such as the presence of form elements in the waste, the presence and concentration of co-harmful impurities that reduce the practical value of refractory elements, and so on.*

*Expected savings due to changes in external factors can be calculated using the coefficients that take into account the rate of turnover of working capital situation of market prices and other unaccounted factors. This became possible by a significant amount-through cost savings (approximately 60–70%) using a new highly efficient technology of recycling highly concentrated wastes to complex material that avoids the use of expensive nickel, molybdenum and other elements.*

*On the basis of new technical solutions offered one of the directions to fill the deficit of nickel and some accompanying refractory elements by recycling highly concentrated wastes from production and handling of precision alloys and nickel-based materials to obtain new compositions of ligatures for use instead of pure nickel and other refractory elements.*

*The calculations of economic efficiency of the proposed new technical and economic solutions for utilization of refractory elements from technogenic wastes of precision alloys confirm the economic viability of the chosen direction of improving the efficiency of special steel industry.*

**Key words:** efficiency of utilization, economy of charging materials, a technogenic waste, precision alloys, addition alloy.