

УДК 658.669.2/8

М.С. Карпунінастарший викладач
Класичний приватний університет**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ
ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПРОДУКЦІЇ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЇ МЕТАЛУРГІЇ**

У статті досліджено механізм ресурсозбереження при виробництві продукції методом порошкової металургії.

Ключові слова: собівартість, енергозбереження, економія, ферохром, ефективність, аналіз.

I. Вступ

Порошкова металургія, затвердившись як промислова технологія в 1920-х рр., залишається динамічною галуззю, що швидко розвивається. За темпами розвитку (зростання світового обсягу виробництва становить близько 10% на рік) вона випереджає більшість інших видів виробництва металопродукції.

Особливим класом металопродукції є порошкові інструментальні та швидкорізальні сталі, продукція з яких заслужено має високий попит на світовому ринку споживання. Високі темпи зростання таких сталей можуть бути забезпечені лише за умови одночасного збільшення виробництва відповідних їм легувальних матеріалів і поліпшення їх якості, при цьому нарощування обсягу легувальних матеріалів має здійснюватися випереджальними темпами.

Вирішити поставлені завдання можна тільки шляхом розробки й упровадження у виробництво прогресивних технологій отримання легувальних матеріалів з особливими, наперед заданими, споживчими властивостями, що задовольняють значно збільшені вимоги сталеплавильного виробництва. Останнім часом у світі набуло поширення пряме легування сталі хромом з руди [3].

Незважаючи на те, що хром сьогодні є відносно недефіцитним металом, потреба в ньому постійно зростає, тому, враховуючи обсяги споживання хрому в металургії якісних і спеціальних сталей і їх ливарному виробництві, перспективним уявляється напрям використання вітчизняних хромвмісних брикетів за ТУУ 322-297-04-96. Застосування таких брикетів замість стандартного ферохрому дає змогу понизити собівартість виплавки сталі в індукційній печі без погіршення її якості, при цьому зменшується чад хрому, оскільки при температурі розплаву металу в брикетах відбувається інтенсивне утворення карбідів хрому з оксиду і розкладання їх з виділенням хрому при переході в розплав сталі. Слід зазначити, що використання хро-

мвмісних брикетів сприяє поліпшенню якості сталі, яка виплавляється, оскільки вміст шкідливих домішок сірки і фосфору значно нижче, ніж у стандартному ферохромі.

II. Постановка завдання

Мета статті – аналіз, розрахунки й економічна оцінка використання хромвмісних брикетів для легування спеціальних сталей.

III. Результати

Традиційно розрахунок сум економії виконується зіставленням кількостей шихти, оціненої у відповідних цінах до і після упровадження заходу. При цьому сума одержаної економії (перевитрати) може бути розрахована не за рахунок скорочення витрати окремого елемента, що входить до складу матеріалу, а через різне співвідношення матеріалів різної ціни. Тому в цих умовах переважним є розрахунок економії за окремо взятими техніко-економічними показниками.

Згідно з чинною технологією, для виплавки сталі марки Х12МФ-МП рекомендований використовувати як легувальний матеріал на основі хрому [1; 2] низьковуглецевий ферохром марок ФХ010Б – ФХ015Б, а також високовуглецевий ферохром ФХ900Б.

Показники використання ФХ010Б і ФХ015Б:

- фактична витрата ФХ010Б – 18,8 кг/т;
- фактична витрата ФХ015Б – 1,6 кг/т;
- ціна 1 т ФХ010Б, ФХ015Б – 15350,40 грн;
- вміст хрому у ФХ010Б, ФХ015Б – 63–68% мас.

Для зручності розрахунків візьмемо середню величину, що дорівнює 65% мас. Тоді фактична витрата чистого хрому на 1 т сталі марки Х12МФ-МП становить:

$$(18,8 + 1,6) \times 0,65 = 13,26 \text{ кг/т.}$$

При застосуванні хромвмісних брикетів за ТУУ 322-297-04-96 (поліпшеної якості із змінами і доповненнями), ціну яких узятو 7770,18 грн за 1 т, розрахунок буде таким.

Середнє значення вмісту хрому в 1 т сталі марки Х12МФ-МП становить 11,5–12,5%, тобто в середньому 12% мас, або 120 кг.

Середня маса однієї плавки – 4 т.

Кількість хрому в одній плавці: $4 \times 120 = 480$ кг.

При виплавці сталі з використанням ферохрому ФХ010Б, ФХ015Б:

- з ферохрому засвоюється хрому $13,26 \times 96\% / 1000 = 1,27\%$, або 0,0127 т;
- з легованих компонентів шихти на плавку, вартість яких 1439,10 грн/т, вноситься: $12 - 1,27 = 10,73\%$, або 0,1073 т.

Витрати за елементом "хром" на випуск 1 т сталі розраховуються за формулою:

$$Z' = V_1 \times C_1 + V_2 \times C_2, \quad (1)$$

де Z' – витрати за елементом "хром", грн/т;

V_1, V_2 – відповідно, кількість елементу, що перейшов у сплав з ферохрому і легувальних домішок, т;

C_1, C_2 – вартість ФХ010Б, ФХ015Б і легувальних елементів, грн.

Тоді витрати за елементом "хром" при використанні ФХ010Б і ФХ015Б на випуск 1 т сталі становлять 349,37 грн.

При повній заміні ферохрому на хромвмісні брикети витрати за елементом "хром" розраховані також за формулою (1) і становлять 253,10 грн на випуск 1 т сталі.

Економію за витратами на хром можна розрахувати за формулою:

$$E_1 = Z' - Z, \quad (2)$$

де E_1 – економія за витратами на хром, грн/т.

Економія за витратами на хром при повній заміні ферохрому на хромвмісні брикети становить 96,27 грн/т.

Тоді економія за елементом "хром" на одній плавці становитиме:

$$96,27 \times 4 = 385,08 \text{ грн.}$$

При річному обсязі виплавки сталі марки Х12МФ-МП 1500 т економія становитиме 144 405 грн.

Показники використання ФХ900Б:

- фактична витрата ФХ900Б – 30,5 кг/т;
- ціна 1 т ФХ900Б – 7995,00 грн;
- вміст хрому у ФХ900Б – 63–68% мас.

Для зручності розрахунків візьмемо середню величину, що дорівнює 65% мас. Тоді фактична витрата чистого хрому на 1 т сталі марки Х12МФ-МП становить:

$$30,5 \text{ кг/т} \times 0,65 = 19,83 \text{ кг/т.}$$

При застосуванні хромвмісних брикетів, ціну яких узято 5638,18 грн за 1 т, розрахунок буде таким.

При виплавці сталі з використанням ферохрому ФХ900Б:

- з ФХ 900Б засвоюється хрому $19,83 \times 96\% / 1000 = 1,9\%$, або 0,019 т;
- з легованих компонентів шихти на плавку, вартість яких 1439,10 грн/т, вноситься: $12 - 1,9 = 10,1\%$, або 0,101 т.

Тоді витрати за елементом "хром" при використанні ФХ900Б на випуск 1 т сталі становлять 297,25 грн.

При повній заміні ферохрому на хромвмісні брикети витрати за елементом "хром" становлять 252,47 грн на випуск 1 т сталі.

Тоді економія за елементом "хром" на 1 т сталі, що виплавляється, становить 44,78 грн, на одній плавці – 179,12 грн, розмір річної економії – 67170 грн.

При використанні ФХ900Б, ФХ010Б, ФХ015Б питома витрата електроенергії становить 950–1000 кВт*год (на 1 т сталі – приблизно 975 кВт*год). Ціна електроенергії – 0,158 грн/кВт*год.

При використанні хромвмісних брикетів за рахунок швидшого розчинення елементів у розплаві сталі споживання електроенергії знижується в середньому на 5% і становить: $975 \times (1 - 0,05) = 926,25$ кВт*год/т.

Економія за статтею "Електроенергія" на 1 т сталі:

$$(975 - 926,25) \times 0,158 = 7,70 \text{ грн.}$$

Тоді на річний обсяг виплавки економія за статтею "Електроенергія" становитиме 11550 грн. Загальна економія визначається як сумарна економія за всіма статтями і становить на 1 т сталі 148,75 грн, а на річний випуск – 223125 грн.

Проведемо оцінювання ефективності використання хромвмісних брикетів при виплавці сталі ПБ-9486 МП. Згідно з чинною технологією, для виплавки сталі марки ПБ-9486 МП рекомендовано використовувати як легувальний матеріал на основі хрому високовуглецевий ферохром ФХ900Б.

Фактична витрата ФХ900Б на виплавку 1 т становить 27,1 кг/т.

Середнє значення вмісту хрому в 1 т цієї марки сталі становить 3,8–4,3%, тобто в середньому – 4% мас, або 40 кг.

Тоді фактична витрата чистого хрому на 1 т сталі марки ПБ-9486 МП становить:

$$27,1 \text{ кг/т} \times 0,65 = 17,62 \text{ кг/т.}$$

При застосуванні хромвмісних брикетів, ціну яких узято 5638,18 грн за 1 т, розрахунок буде таким.

При виплавці сталі з використанням ферохрому ФХ900Б:

- з ФХ 900Б засвоюється хрому $17,62 \times 96\% / 1000 = 1,69\%$, або 0,0169 т;
- з легованих компонентів шихти на плавку, вартість яких 1439,10 грн/т, вноситься: $4 - 1,69 = 2,31\%$, або 0,0231 т.

Тоді витрати за елементом "хром" при використанні ФХ900Б на випуск 1 т сталі становлять 168,36 грн.

При повній заміні ферохрому на хромвмісні брикети витрати за елементом "хром" становлять 128,53 грн на випуск 1 т сталі.

Тоді економія за елементом "хром" на 1 т сталі, що виплавляється, становить 39,83 грн, на одній плавці – 159,32 грн, розмір річної економії становить 9957,50 грн при середньорічному обсязі виплавки 250 т.

На річний обсяг виплавки економія за статтею "Електроенергія" становитиме 1925 грн. Загальна економія визначається як сумарна економія за всіма статтями і становить на 1 т сталі 47,53 грн, а на річний випуск – 11882,50 грн.

У результаті приведених розрахунків нова собівартість 1 т сталі марки ПБ-9486 МП становить 17653,79 грн.

Проведемо оцінювання ефективності використання хромвмісних брикетів при виплавці сталі ПБ-9516 МП. Згідно з чинною технологією, для виплавки сталі рекомендовано використовувати як легувальний матеріал на основі хрому низьковуглецевий ферохром марки ФХ010Б, а також високовуглецевий ферохром ФХ900Б.

Фактична витрата ФХ010Б на виплавку 1 т сталі становить 11,9 кг/т.

Тоді фактична витрата чистого хрому на 1 т сталі марки ПБ-9516 МП становить:

$$11,9 \times 0,65 = 7,74 \text{ кг/т.}$$

При застосуванні хромвмісних брикетів, ціну яких узятю 7770,18 грн за 1 т, розрахунок буде таким.

Середнє значення вмісту хрому в 1 т сталі марки ПБ-9516 МП становить 11,5–12,5%, тобто в середньому 12% мас, або 120 кг.

При виплавці сталі з використанням ферохрому ФХ010Б:

- з ферохрому засвоюється хрому $7,74 \times 96\% / 1000 = 0,74\%$, або 0,0074 т;
- з легованих компонентів шихти на плавку, вартість яких 1439,10 грн/т, вноситься: $12 - 0,74 = 11,26\%$, або 0,1126 т.

Тоді витрати за елементом "хром" при використанні ФХ010Б на випуск 1 т сталі становлять 275,64 грн.

При повній заміні ферохрому на хромвмісні брикети витрати за елементом "хром" становлять 219,54 грн на випуск 1 т сталі.

Економія за витратами на хром при повній заміні ферохрому на хромвмісні брикети становить 56,10 грн/т.

Тоді економія за елементом "хром" на одній плавці становитиме:

$$56,10 \times 4 = 224,40 \text{ грн.}$$

При річному обсязі виплавки сталі марки ПБ-9516 МП 250 т економія становитиме 14 025 грн.

Фактична витрата ФХ900Б на виплавку 1 т сталі – 28,6 кг/т. Тоді фактична витрата чистого хрому на 1 т сталі становить:

$$28,6 \text{ кг/т} \times 0,65 = 18,59 \text{ кг/т.}$$

При застосуванні хромвмісних брикетів, ціну яких узятю 5638,18 грн за 1 т, розрахунок буде таким.

При виплавці сталі з використанням ферохрому ФХ900Б:

- з ФХ 900Б засвоюється хрому $18,59 \times 96\% / 1000 = 1,78\%$, або 0,0178 т;
- з легованих компонентів шихти на плавку, вартість яких 1439,10 грн/т, вноситься: $12 - 1,78 = 10,22\%$, або 0,1022 т.

Тоді витрати за елементом "хром" при використанні ФХ900Б на випуск 1 т сталі становлять 289,39 грн.

При повній заміні ферохрому на хромвмісні брикети витрати за елементом "хром" становлять 247,44 грн на випуск 1 т сталі.

Тоді економія за елементом "хром" на 1 т сталі, що виплавляється, становить 41,95 грн, на одній плавці – 167,80 грн, розмір річної економії – 10487,50 грн.

На річний обсяг виплавки економія за статтею "Електроенергія" становитиме 1925 грн. Загальна економія визначається як сумарна економія за всіма статтями і становить на 1 т сталі 105,75 грн, а на річний випуск – 26437,50 грн.

У результаті приведених розрахунків нова собівартість 1 т сталі марки ПБ-9516 МП становить 2410,61 грн.

Проведемо оцінювання ефективності використання хромвмісних брикетів при виплавці сталі ПБ-9656 МП. Згідно з чинною технологією, для виплавки сталі марки ПБ-9656 МП рекомендовано використовувати як легувальний матеріал на основі хрому високовуглецевий ферохром ФХ900Б.

Фактична витрата ФХ900Б – 6,0 кг/т.

Середнє значення вмісту хрому в 1 т цієї марки сталі – 3,8–4,3%, тобто в середньому 4% мас, або 40 кг.

Тоді фактична витрата чистого хрому на 1 т сталі марки ПБ-9486 МП становить:

$$6,0 \text{ кг/т} \times 0,65 = 3,9 \text{ кг/т.}$$

При застосуванні хромвмісних брикетів, ціну яких узятю 5638,18 грн за 1 т, розрахунок буде таким.

При виплавці сталі з використанням ферохрому ФХ900Б:

- з ФХ 900Б засвоюється хрому $3,9 \times 96\% / 1000 = 0,37\%$, або 0,0037 т;
- з легованих компонентів шихти на плавку, вартість яких 1439,10 грн/т, вноситься: $4 - 0,37 = 3,63\%$, або 0,0363 т.

Тоді витрати за елементом "хром" при використанні ФХ900Б на випуск 1 т сталі становлять 81,82 грн.

При повній заміні ферохрому на хромвмісні брикети витрати за елементом "хром" становлять 73,10 грн на випуск 1 т сталі.

Тоді економія за елементом "хром" на 1 т сталі, що виплавляється, становить 8,72 грн, на одній плавці – 34,88 грн, розмір річної

економії – 2180 грн при середньорічному обсязі виплавки 250 т.

На річний обсяг виплавки економія за статтею “Електроенергія” становитиме 1925 грн. Загальна економія визначається як сумарна економія і становить на 1 т сталі 16,42 грн, а на річний випуск – 4105 грн.

У результаті наведених розрахунків нова собівартість 1 т сталі марки ПБ-9656 МП становить 13640,04 грн.

Проведемо оцінювання ефективності використання хромвмісних брикетів при виплавці сталі ПБ Р12К5Ф5 МП. Згідно з чинною технологією, для виплавки сталі марки ПБ Р12К5Ф5 МП рекомендовано використовувати як легувальний матеріал на основі хрому високовуглецевий ферохром ФХ900Б.

Фактична витрата ФХ900Б на виплавку 1 т становить 37,5 кг/т.

Середнє значення вмісту хрому в 1 т цієї марки сталі – 3,8–4,3%, тобто в середньому 4% мас, або 40 кг.

Тоді фактична витрата чистого хрому на 1 т сталі марки ПБ Р12К5Ф5 МП становить:

$$37,5 \text{ кг/т} \times 0,65 = 24,38 \text{ кг/т.}$$

При застосуванні хромвмісних брикетів, ціну яких узято 5638,18 грн за 1 т, розрахунок буде таким.

При виплавці сталі з використанням ферохрому ФХ900Б:

- з ФХ900Б засвоюється хрому $24,38 \times 96\% / 1000 = 2,34\%$, або 0,0234 т;
- з легованих компонентів шихти на плавку, вартість яких 1439,10 грн/т, вноситься: $4 - 2,34 = 1,66\%$, або 0,0166 т.

Тоді витрати за елементом “хром” при використанні ФХ900Б на випуск 1 т сталі становлять 210,97 грн.

При повній заміні ферохрому на хромвмісні брикети витрати за елементом “хром” становлять 155,82 грн на випуск 1 т сталі.

Тоді економія за елементом “хром” на 1 т сталі, що виплавляється, становить 55,15 грн, на одній плавці – 220,60 грн, розмір річної економії – 13787,50 грн при середньорічному обсязі виплавки 250 т.

На річний обсяг виплавки економія за статтею “Електроенергія” становитиме 1925 грн. Загальна економія визначається як сумарна економія за всіма статтями і становить на 1 т сталі 62,85 грн, а на річний випуск – 15712,50 грн.

У результаті приведених розрахунків нова собівартість 1 т сталі марки ПБ Р12К5Ф5 МП становить 16503,85 грн.

Результати розрахунків відобразимо у вигляді графіків (рис. 1–2).

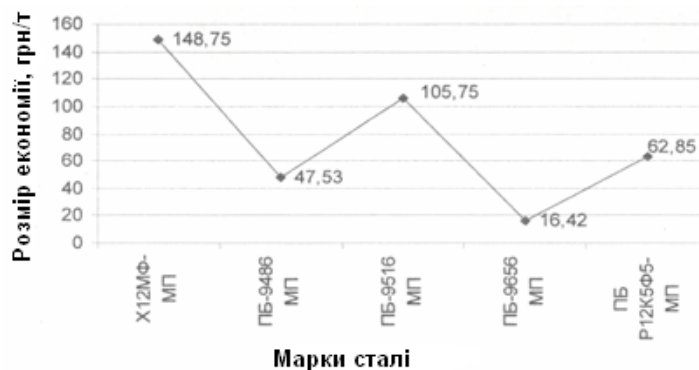


Рис. 1. Сума економії на 1 т сталі, що виплавляється

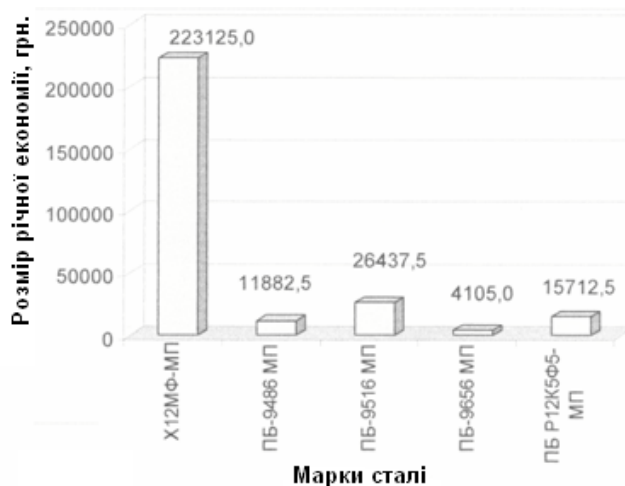


Рис. 2. Сума економії за всіма статтями на річний випуск

Отже, можна зробити такі висновки. Уперше методом порошкової металургії освоєно виробництво нового легувального матеріалу на основі хрому – хромвмісних брикетів за ТУУ 322-297-04-96.

Технологія виробництва і якість хромвмісних брикетів доведені до рівня, який дає змогу використовувати їх замість стандартного високо- і низьковуглецевого ферохрому при виплавці інструментальних сталей без технологічних ускладнень. При виплавці таких марок сталі, як Х12МФ-МП, ПБ-9486 МП, ПБ-9516 МП, ПБ-9656 МП і ПБ Р12К5Ф5-МП, з використанням хромвмісних брикетів замість стандартного високо- і низьковуглецевого ферохрому поліпшуються техніко-економічні показники сталеплавильного переліку. Так, економія за витратами на хром становила 141,05; 39,83; 98,05; 8,72 і 55,15 грн на 1 т сталі, відповідно. Використання хромвмісних брикетів також забезпечить економію за статтею “Електроенергія” в розмірі 7,70 грн на 1 т сталі, що виплавляється. Сумарна річна економія становитиме 223125,0; 11882,5; 26437,5; 4105,0 і 15712,5 грн, відповідно.

IV. Висновки

Аналіз собівартості продукції, що випускається, показав, що фактична собівартість 1 т сталі марок Х12МФ-МП, ПБ-9516 МП нижче від запланованої на 1013,13 і 1121,59 грн, відповідно. Фактична собівартість 1 т сталі марок ПБ-9486 МП, ПБ-9656 МП і ПБ Р12К5Ф5-МП вище від запланованої вели-

чини на 1414,12, 2311,60 і 2865,96 грн, відповідно.

У результаті заміни високо- і низьковуглецевого ферохрому хромвмісними брикетами забезпечується істотне зниження собівартості сталі, що виплавляється. При виплавці таких марок сталі, як Х12МФ-МП, ПБ-9486 МП, ПБ-9516 МП, ПБ-9656 МП і ПБ Р12К5Ф5-МП економія за витратами на хром становила 141,05; 39,83; 98,05; 8,72 і 55,15 грн на 1 т сталі, відповідно. Використання хромвмісних брикетів, також забезпечить економію за статтею “Електроенергія” у розмірі 7,70 грн на 1 т сталі, що виплавляється. Сумарна річна економія становитиме 223125,0; 11882,5; 26437,5; 4105,0 і 15712,5 грн, відповідно.

Список використаної літератури

1. Григорьев С.М. Экономическая эффективность применения хромсодержащих брикетов в сталеплавильном производстве специальных сталей / С.М. Григорьев, М.С. Карпунина // Экономика: проблемы теории и практики. – 2001. – Вып. 77. – С. 154–157.
2. ТУУ 322-297-04-96. Брикет хромсодержащий. Технические условия. Введ. впервые с 01.04.1996 г. – 5 с.
3. Григорьев С.М. Разработка ресурсосберегающей технологии получения хромсодержащих брикетов для легирования стали / С.М. Григорьев, М.С. Карпунина, А. Москаленко // Сталь. – 1999. – № 9. – С. 32–35.

Стаття надійшла до редакції 03.05.2012 р.

Карпунина М.С. Исследование механизма ресурсосбережения при производстве продукции методом порошковой металлургии

В статье исследован механизм ресурсосбережения при производстве продукции методом порошковой металлургии.

Ключевые слова: себестоимость, энергосбережение, экономия, феррохром, эффективность, анализ.

Karpunina M. Innovative development and a efficiency resources and energy in special steel metallurgisis.

The analysis of technical – economic index of chromium-contained brickets use when producing special steel is carried out.

Key words: cost, energy savings, ferrochrome, efficiency, anlysis.