

## АНАЛІЗ РЕСУРСОЕФЕКТИВНИХ СПОСОБІВ ВИКОРИСТАННЯ МЕТАЛОБРУХТУ У КОНВЕРТЕРНОМУ ПРОЦЕСІ

Розбицький В.В., Чубіна О.А., Чубін К.І., Похвалітий А.А., Руденко М.Р.  
*Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське, Україна*

**Метою роботи** є придбання надійної інформації про досліджені та впроваджені на металургійних підприємствах технології, що дозволяють підвищити використання металобрухту в конвертерних процесах.

**Вступ.** Одним із завдань, які мають вирішуватись у сталеплавильному виробництві України, є зниження питомої витрати чавуну при виплавці сталі. У конвертерних цехах, що діють, необхідно в першу чергу впровадити ті з них, які не тягнуть за собою зниження обсягів виробництва і якості сталі і не вимагають суттєвих капіталовкладень. В сучасних реаліях пріоритет повинен віддаватися тим технологічним рішенням, які спрямовані на зменшення витрат енергії, вогнетривів та інших витрат матеріалів при зниженні шкідливого впливу на навколишнє середовище.

При цьому слід враховувати, що чим вища частка брухту в металошихті конвертерів, тим більше знижується їх продуктивність та підвищуються витрати на переобладнання. У світлі вищезазначеного, питання у необхідній порівняльній оцінці технологічної та економічної ефективності процесів отримання сталі при високій частині металевого брухту в шихті, а також у порівнянні з результатами застосування деяких з них за кордоном набувають актуальності.

**Основний матеріал.** Відомий ряд процесів, які спрямовані на зниження витрати чавуну під час виробництва конвертерної сталі, що передбачають поряд з верхньою кисневою продувкою вдування через днище нейтрального газу (LBE, LD-OTB, LD-KG, LD-KGC, LDS, ІЧМ-процес, процеси фірм «Hoesch LD-KG» та «Krupp»), суміші нейтрального та окислювального газів (STB, BAP, NK-CB, LD-CB, процес фірми «Jones and Laughlin Steel»), кисню разом із захисним газом (LD-НС, LD-OB, Ф-ІЧМ, LET, ТВ-К-ВОР), а також введення в конвертер додаткових джерел тепла у вигляді твердого палива в порошкоподібному та кусковому вигляді (KMS, KS, ALCI, COIN, ІЧМ-DMK) [2].

Збільшення частки брухту, що переробляється в конвертерах при верхній і комбінованій продувці реалізується за допомогою відомих енергозберігаючих прийомів:

– допалювання конвертерних газів, що відходять, у порожнині конвертера

за рахунок додаткового кисню, що подається через вертикальну або бічну фурми. Згідно з розрахунками, при збільшенні  $\text{CO}_2$  у газах, що відходять, на 1 % при незмінній кількості цих газів, відносну кількість металобрухту можна збільшити на 0,75 %. При хорошій організації процесу до 90 % тепла, що виділяється під час допалювання, засвоюється ванною [3];

– введення деякої кількості кускових вуглецевмісних матеріалів в завалку, на залитий чавун і в ході продування конвертерної ванни, вдування у ванну порошкоподібних вуглецевмісних матеріалів, в першу чергу коксу або вугілля, у тому числі в поєднанні з допалюванням відхідних газів бічною або верхньою фурмою. Вдування 30 кг вугілля на 1 т сталі дозволяє підвищити частку металобрухту більш ніж на 15 %, а при додаванні вуглецю в металошихтові матеріали і аналогічній витраті твердого палива збільшення частки брухту наближалось до 100 %. Теплова ефективність спалювання антрациту за умов без допалювання  $\text{CO}$  становить 60 %, тоді як із спалюванням – 90 %;

– попереднього підігріву брухту за рахунок верхніх, бічних та донних паливно-кисневих фурм, в яких при стехіометричних співвідношеннях спалюються вуглеводні в потоці кисню. Згідно з розрахунками, підігрів сталевих брухту на 70 °C дозволяє збільшити його частку в шихті на 1 %, і при частці брухту в шихті конвертерів 35 – 40 % середньомасова температура його підігріву повинна становити 600 – 800 °C.

Всі процеси, що дозволяють збільшити частку брухту, призводять до зниження питомих енерговитрат на виплавку сталі. Це пов'язано з тим, що енергоємність 1 т брухту втричі нижча за енергоємність 1 т рідкого чавуну, що дозволяє значно економити енергоресурси. Проте зниження витрати чавуну може супроводжуватися зміною інших показників конвертерної плавки, які впливають на енерговитрати. Розрахунки показують, що зменшення витрат енергії з урахуванням додаткових матеріалів при заміні 1 т чавуну на 1 т брухту коливається у широких межах для різних комбінованих процесів (рис. 1).

Найбільша економія енергії досягається при комбінованому процесі з допалюванням оксиду вуглецю без введення зовнішніх теплоносіїв. У разі збільшення ступеня допалювання оксиду вуглецю на 10–16 % зниження витрати чавуну становить 35–40 кг/т сталі. При поєднанні допалювання оксиду вуглецю із введенням зовнішніх теплоносіїв економія енергії знижується залежно від варіанта, проте вона істотно вища, ніж при зниженні витрати чавуну лише внаслідок введення зовнішніх теплоносіїв [4].



1 - продувка киснем зверху, присадка кускового вугілля; 2 – продувка киснем зверху, вдування зверху порошкоподібного вугілля у рідку ванну; 3 – продувка киснем зверху, нагрівання брухту природним газом; 4 - продувка киснем зверху, нагрівання брухту кусковим вугіллям, 5 – продувка киснем зверху, нейтральним газом знизу, допалювання CO до CO<sub>2</sub>; 6 – продувка киснем зверху, нейтральними газами знизу, допалювання CO до CO<sub>2</sub>, присадка кускового вугілля

Рисунок 1 – Порівняльний аналіз кількості енерговитрат при різних конвертерних процесах

При необхідності більш істотного зниження витрати чавуну аналізований процес слід поєднувати з присадкою кускового вугілля у кількості до 10–12 кг/т. Енергоефективність цього процесу може бути підвищена шляхом збільшення стійкості вогнетривкої футерівки корпусу та днища конвертера і застосування двоярусної фурми для збільшення ступеня допалювання вуглецю вугілля до діоксиду вуглецю протягом усієї кампанії роботи конвертера.

**Висновки:** Порівняльний аналіз результатів застосування комбінованих процесів, спрямованих на зниження витрати чавуну в металошихті, дозволяє вважати, що комбінований процес з подачею нейтрального газу через днище з використанням двоярусної кисневої фурми з метою збільшення ступеня допалювання оксиду вуглецю в порожнині конвертера заслуговує на першочергове впровадження у всіх діючих конвертерних цехах, що працюють з продуванням киснем зверху, бо має перевагу перед іншими розглянутими процесами, що зв'язані з використанням зовнішніх теплоносіїв, оскільки не призводить до збільшення тривалості періоду продувки, не супроводжується збільшенням вмісту сірки в сталі, дозволяє підвищити якість сталі в результаті

донного перемішування ванни як у процесі продування киснем, так і після закінчення, характеризується найменшою енергоємністю, економічно ефективний, дозволяє виробляти сталі з дуже низьким вмістом вуглецю без переокислення металу.

### Література

1. Состояние и перспективы снижения расхода жидкого чугуна в конвертерном производстве ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского» / К. Ф. Чмырков, Б. М. Бойченко, К. Г. Низяев [и др.] // Металл и литье Украины. – 2015. – №5 (264). – С. 22–27.
2. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uas.su/articles/steelmaking/00001.php>
3. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://metallurgist.pro/konvertornyj-protsess-s-ispolzovaniem-v-shihte-bolshih-kolichestv-metallicheskogo-loma>
4. Снижение расхода чугуна при производстве стали в действующих конвертерных цехах / Я. А. Шнееров, С.З. Афонин, С.В. Лепорский [и др.] // Бюллетень ЦНИИЧМ. – 1987. - №21 (1049). – С. 2-19.

## ANALYSIS OF RESOURCE-EFFICIENT METHODS OF USING METAL SCRAP IN THE CONVERTER PROCESS

Rozbytskyi Vadym, Chubina Olena, Chubin Kostiantyn,  
Pohvalityi Artem, Rudenko Mykola

**Abstract.** In the modern realities of steelmaking in Ukraine, the price policy for liquid iron and scrap metal, which are dynamically changing, forces steel producers to constantly change the technological mode of converter melting. In the workshops that operate and have operated, at one time, to one degree or another, they underwent industrial inspection and the implementation of technology aimed at reducing the consumption of cast iron. The technologies implemented at enterprises, which allow to reduce the consumption of liquid iron by 45-50 kg per one ton of steel, raise the issue of the amount of energy consumption accompanying these processes. Analysis of methods aimed at further increasing the share of scrap in converter production allows us to draw conclusions about the prospects of using the least energy-consuming of them in the steel industry of Ukraine.

**Keywords:** Steel, converter, metal scrap, charge, purge.