



УКРАЇНА

(19) UA (11) 67500 (13) U  
(51) МПК (2012.01)  
C21B 5/00ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ВЕДЕННЯ ДОМЕННОЇ ПЛАВКИ

1

2

(21) u201109047

(22) 19.07.2011

(24) 27.02.2012

(46) 27.02.2012, Бюл.№ 4, 2012 р.

(72) ЯРОШЕВСЬКИЙ СТАНІСЛАВ ЛЬВОВИЧ, МІНАЄВ ОЛЕКСАНДР АНАТОЛІЙОВИЧ, КУЗІН АНДРІЙ ВІКТОРОВИЧ, ЄМЧЕНКО АНДРІЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ, МІШИН ІВАН ВАСИЛЬОВИЧ

(73) ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) 1. Спосіб ведення доменної плавки, що включає вдування в горно гарячого й збагаченого киснем дуття, додаткових видів палива, у т.ч. пиловугільного, здійснення заходів, що компенсують, визначальну відповідну зміну шихтового, шлакового, температурно-дуттєвого режимів, який відрізняється тим, що одночасно з гарячим і збагаченим киснем дуттям, пиловугільним паливом (ПВП) в горн вдувають гарячі відновлювальні гази (ГВГ), одержувані з рядових вугіль в агрегатах для безкоксового одержання чавуну типу Корекс, Ромелт.

2. Спосіб по п. 1, який відрізняється тим, що ГВГ вдувають в горн із розрахунку заміни 2,0-2,5 м<sup>3</sup> ГВГ на 1 кг ПВП.3. Спосіб по п. 1, що відрізняється тим, що витрати ГВГ складають 300-600 м<sup>3</sup>/т чавуну.

Корисна модель належить до чорної металургії, зокрема, до технології доменної плавки із вдуванням пиловугільного палива (ПВП) і гарячого відновлювального газу (ГВГ) у доменну піч.

Аналогом пропонованої корисної моделі є спосіб доменної плавки із вдуванням у горн ГВГ, вироблених у процесі газифікації нафти, вугілля, конверсії доменного газу й природного газу.

Зазначені способи були випробувані в ході дослідно-промислових плавок, однак не знайшли масового застосування через низьку продуктивність, складного встаткування для одержання ГВГ, високих капітальних вкладень на реалізацію й, внаслідок усього, низькою економічною ефективністю (Тихомиров Е.Н. Восстановительные газы и кислород в доменной плавке. - М.: Металлургия, 1982. - 104 с.).

В останні 30 років одержала масове промислове впровадження пиловугільна технологія (ПВП), в якій ГВГ одержують у результаті газифікації ПВП за рахунок кисню дуття у фурменних зонах доменної печі.

На сучасних доменних печах за кордоном, що працюють із застосуванням ПВП, витрати останнього на 1 т чавуну підвищені до 200-260 кг, вміст кисню в дутті - до 24-37 %, частка заміни коксу ПВП - до 30-50 %, витрати коксу на 1 т чавуну знижені до 250-300 кг (Савчук Н.А., Курунов И.Ф. Доменное производство на рубеже XXI века // Новости черной металлургии за рубежом. -2000. -

Часть П. -Приложение 5. - М.: ОАО «Черметинформация». - 42 с.).

Подальшому підвищенню витрат ПВП й ефективності даної технології перешкоджають труднощі із забезпеченням компенсації порушень технології, обумовлені неповним горінням ПВП у фурменних зонах і зниженням частки коксу в шихті: ресурси по поліпшенню якості ПВП та коксу, зниженню виходу шлаків, підвищенню температурно-кисневого потенціалу на сучасних доменних печах горна вичерпані практично повністю.

Найбільш близьким до пропонованого по технічній суті є спосіб роботи доменної печі, що включає завантаження шихти через колюшник, введення в шихту компонентів, що вміщують вуглець, наприклад вугілля, попереднє нагрівання шихти в шахті й плавлення в заплечниках, спалювання вуглеводневих матеріалів у фурменній зоні нагрітим дуттям, вдування ГВГ у фурми доменної печі, випуск рідких продуктів плавки з нижньої частини горна, видалення газів через колошник (А.С. SU № 1138036 А, МПК 4 C21B 5/00, опубл. 30.01.85 р.).

Недоліками відомого способу є низькі калорійність і концентрація відновлюваних газів, неможливість регулювати їхній склад у широких межах, що затрудняє використання їх як у доменному виробництві, так і інших виробництвах. Крім того, відомий спосіб не дозволяє в широких межах контролювати склад відновлювального газу, а підготовка відновлювальних газів поза доменною пічкою - дорога й технічно важко реалізований захід.

(19) UA (11) 67500 (13) U

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення способу ведення доменної плавки, у якому за рахунок зміни витрати і якості додаткових палив, що вдуваються в горно, удосконалювання й оптимізації технології забезпечується якісне підвищення ефективності використання комбінованого дуття й відповідне підвищення частки заміни коксу додатковими паливами, зниження витрати коксу.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб ведення доменної плавки, що включає вдування в горно гарячого й збагаченого киснем дуття, додаткових видів палива, у т.ч. пиловугільного, здійснення заходів, що компенсують, визначальну відповідну зміну шихтового, шлакового, температурно-дуттєвого режимів, згідно з корисною моделлю, одночасно і гарячим і збагаченим киснем, пиловугільним паливом в горно вдувають гарячі відновлювальні гази, одержувані з рядових вугіль в агрегатах для безкоксого одержання чавуну типу Корекс, Ромелт і ін. При цьому ГВГ вдувають в горн із розрахунку заміни 2,0-2,5 м<sup>3</sup> ГВГ на 1 кг ПВП, а витрати ГВГ складають 300-600 м<sup>3</sup>/т чавуну.

Для виробництва чавуну й ГВГ можуть успішно використовуватися освоєні у світовій практиці способи «Корекс» або агрегат «Ромелт» (без опалювання оксиду вуглецю (II), що пройшов дослідно-промислове випробування на Липецькому металургійному комбінаті. Зазначені агрегати є як виробниками рідкого чавуну, так і високопродуктивними й ефективними газогенераторами ГВГ із рядових вугіль.

Пропонований спосіб має переваги в порівнянні зі способом найближчого аналога:

1. ГВГ практично не містить золи, тому часткова або повна заміна ПВП ГВГ сприяє зниженню виходу шлаків на 20-30 кг/т чавуну, неминує також відповідне зниження витрати флюсу.

2. ГВГ містить 5-10 % азоту в порівнянні з 40-60 % у горнових газах у доменній печі: отже, вдування 300 м<sup>3</sup>/т чавуну ГВГ забезпечить зниження виходу горнових газів на 100-150 м<sup>3</sup>/т чавуну. Аналогічний вплив здійснює внесення ГВГ додаткового фізичного тепла.

Отже, заміна частини або всього пиловугільного палива ГВГ є компенсуючим порушення газодинаміки фактором, що визначає підвищення потенційного ресурсу технології й відповідне збільшення витрати додаткового палива.

Істотно сприятливий вплив вдування в горно ГВГ на газифікацію ПВП: відповідне зниження витрат ПВП забезпечить підвищення повноти його згоряння за рахунок росту температури газів у фурменій зоні й вмісту в них кисню.

Зазначені додаткові фактори, що компенсують, створюють умови для підвищення оптимальної витрати додаткових палив і, відповідно, частки заміни ними коксу.

Необхідно відзначити також економічні переваги застосування ГВГ: особливості пиловугільної технології, тим більше в міру підвищення витрати ПВП, пред'являють жорсткі й зростаючі вимоги до якості ПВП в частині зольності й сірчистості: внаслідок цього, у значній мірі ПВП в сучасних техно-

логічних умовах виробляється з використанням високоякісних, низкосірчистих, як правило, імпортованих вугіль.

ГВГ можуть вироблятися з недефіцитних і неспікливих вугіль, у тому числі й з донецьких вугіль марок А, Т, Г та ін.

У випадку, коли витрати ПВП граничні по основних визначальних показниках і ГВГ є компенсуючим чинником, коефіцієнт заміни дорівнює 2,0-2,5 м<sup>3</sup> ГВГ на 1 кг ПВП: при такому відношенні досягається максимальний ефект, що компенсує, оскільки зберігається незмінним вихід на 1 т чавуну відновлювальних газів, що необхідно для збереження або поліпшення використання їх теплового й відновлювального потенціалів і, таким чином, збереження ефективності використання додаткового палива.

При меншому значенні даного коефіцієнта заміни (наприклад, 1,8) буде мати місце дефіцит тепла й зниження відновлювального потенціалу горнових газів, що приведе до похолодання печі й погіршенню якості чавуну.

При величині коефіцієнта заміни вище 2,5 (наприклад, 2,8 м на кг ПВП) у технологічних умовах доменних цехів України, що працюють із надлишком відновлювальних газів, зазначений надлишок газу збільшиться, що приведе до зниження використання теплового й відновлювального потенціалів горнових газів, відповідному зниженню ефективності використання додаткових палив.

Оптимальні значення витрати ГВГ на 1 т чавуну рівні 300-600 м<sup>3</sup>/т чавуну. Менше значення показника, наприклад 250 м /т чавуну, буде в даних технологічних умовах недостатнім для досягнення максимальної ефективності застосування додаткових палив і забезпечення номінальної (7 років) окупності пропонованої технології.

При витраті ГВГ вище 600 м на т чавуну, витрата коксу може виявитися нижче критичного рівня, що визначить перевищення рівня гранично припустимих значень визначальних параметрів доменної плавки: швидкості газу в розпарі, температури горіння коксу у фурменних зонах, виходів на 1 т коксу шлаків і горнових газів, що неминує приведе до зниження оптимальної витрати додаткових палив і ефективності їхнього використання.

Приклад реалізації.

Реалізацію способу ведення доменної плавки здійснювали на доменній печі № 1 ЗАТ «Донецксталь»-МЗ», що освоїла технологію із вдуванням на 1 т чавуну 150-180 кг ПВП. На перспективу, розрахований технологічний режим із вдуванням на 1 т чавуну 210 кг ПВП: як додаткові фактори, що компенсують, застосована більш багата залізовмісна шихта, у т.ч. окатиші. Зниження виходу шлаків до 250 кг/т чавуну, підвищення температури дуття до 1200 °С і вмісту в ньому кисню до 29 %, використання ПВП зі вмістом золи 8,8 % і сірки 0,55 %, приготовленого з вугілля, імпортованого з Кузбасу (Росія). Перерахованими заходами практично вичерпані ресурси компенсації й можливості подальшого підвищення витрати ПВП (табл.). В першій частині таблиці приведені витрати ГВГ у кількості 50, 100, 150 м /т чавуну при витраті ПВП 100 кг/т чавуну, в продовженні таблиці приведені витрати

ГВГ у кількості 200, 250, 300, 350 м<sup>3</sup>/т чавуну при витраті ПВП 100 кг/т чавуну.

Для часткової заміни ПВП застосовували ГВГ, вироблений з донецьких вугілля в установці «Ромелт», з коефіцієнтом заміни коксу газом 0,40 кг/м<sup>3</sup>.

З табл. видно, що оптимальні витрати ГВГ при витраті ПВП 100 кг/т чавуну дорівнюють 300 м<sup>3</sup>/т чавуну, подальше підвищення його витрати малоймовірно через перевищення граничного значення основного визначального показника плавки: швидкість газу в розпарі, виходу горнових газів і шлаків не повинні перевищувати їхніх критичних значень відповідно 20 м/сек., 4500 м<sup>3</sup>/т коксу, 1000 кг/т коксу.

Значення витрати ГВГ до 300 м<sup>3</sup>/т чавуну можливі, але менш ефективні (табл.).

Зниження в оптимальному варіанті витрати ПВП на 100 кг/т чавуну, приходу сірки із шихтою на 0,69 кг/т чавуну (12,8 %), виходів шлаків на 21,5 кг/т чавуну й горнових газів на 151,5 м<sup>3</sup>/т чавуну, обумовлені заміною частини ПВП ГВГ, створили додатковий резерв компенсації, можливість підвищення сумарної витрати додаткових палив і

подальшого поліпшення техніко-економічних показників доменної плавки.

Додаткове зниження витрати коксу (35 кг/т чавуну), зниження собівартості на 117,2 грн./т, і приріст продуктивності печі на 15,3 % визначають основну ефективність пропонованої корисної моделі.

Додаткова ефективність пропонованого способу доменної плавки визначається зниженням на  $110 \times 1,1 = 121,0$  кг/т чавуну потреби для виробництва ПВП дефіцитних вугілля із Кузбасу, заміни рядовими донецькими вугіллями, що використані в процесі «Ромелт». Таким чином, вирішується проблема гострого дефіциту вугілля, необхідних для масового промислового впровадження в Україні ПВП-технології (1,1 - коефіцієнт витрати вугілля на виробництво 1 т ПВП).

Реалізація способу в доменному цеху ЗАТ «Донецксталь»-МЗ» (дві доменні печі, корисним об'ємом 1033 м<sup>3</sup>) дозволить забезпечити в річному розрізі зниження імпорту вугілля із Кузбасу на 280,2 тис. т, витрати коксу на 81,0 тис. т, собівартості чавуну на 3006 млн. грн., приріст продуктивності на 283,6 тис. т.

Таблица

Окупність капітальних витрат на реалізацію пропонованої в корисній моделі технології складе 3 роки

| Параметри доменної плавки                                   |                    | БАЗА 210 кг пвп | 100 кг ПВП | ГВГ, м <sup>3</sup> +100 кг ПВП |       |       |
|---|--------------------|-----------------|------------|---------------------------------|-------|-------|
|   |                    |                 |            | 50                              | 100   | 150   |
| Об'єм печі, м <sup>3</sup>                                  | V <sub>кор</sub>   | 1033            | 1033       | 1033                            | 1033  | 1033  |
| Питома продуктивність, т/(м <sup>3</sup> ·добу)             | Пуд                | 2,78            | 2,67       | 2,72                            | 2,78  | 2,93  |
| Сума коксу й коксового горішка, кг/т чавуну                 | ΣК                 | 325,2           | 400,2      | 380,2                           | 360,1 | 340,5 |
| Прихід заліза із шихтою, кг/т чавуну                        | ΣFe <sub>III</sub> | 959,8           | 960        | 959                             | 960,1 | 959,6 |
| Вміст дріб'язку в шихті, %                                  | М                  | 4,8             | 4,8        | 4,8                             | 4,8   | 4,8   |
| Витрата вапняку, кг/т чавуну                                | И                  | 12,1            | 7,9        | 6,7                             | 5,6   | 4,6   |
| Витрата вапна, кг/т чавуну                                  | И1                 | 100             | 100        | 100                             | 100   | 100   |
| Витрата метало-добавки, кг/т чавуну                         | Мет                | 100             | 100        | 100                             | 100   | 100   |
| Витрата окатишів СевГОК, кг/т чавуну                        | О                  | 1325            | 1325       | 1325                            | 1325  | 1325  |
| Витрата сухого дуття, м <sup>3</sup> /т чавуну              | V <sub>d</sub>     | 926             | 849        | 804                             | 767   | 731   |
| Витрата кисню на збагачення дуття, м <sup>3</sup> /т чавуну | V <sub>O2</sub>    | 96,2            | 88,3       | 83,5                            | 79,7  | 76    |
| Температура дуття, °C                                       | T <sub>д</sub>     | 1200            | 1200       | 1200                            | 1200  | 1200  |
| Вологість дуття, гр/м <sup>3</sup>                          | Ф                  | 30              | 30         | 30                              | 30    | 30    |
| Температура ГВГ, °C   | T <sub>ГВГ</sub>   | 1000            | 1000       | 1000                            | 1000  | 1000  |
| Вихід сухого колошникового газу, м <sup>3</sup> /т чавуну   | V <sub>к.г.</sub>  | 1490            | 1406       | 1363                            | 1352  | 1341  |
| Вихід горнових газів, м <sup>3</sup> /т чавуну              | V <sub>гг</sub>    | 1386            | 1221       | 1210                            | 1213  | 1216  |
| Теоретична температура горіння, °C                          | T <sub>теор</sub>  | 2172            | 2370       | 2340                            | 2310  | 2280  |
| Тиск дуття, атн   | p <sub>д</sub>     | 2,4             | 2,4        | 2,4                             | 2,4   | 2,4   |
| Температура колошникового газу, °C                          | T <sub>к</sub>     | 156             | 145        | 148                             | 154   | 160   |
| Прихід сірки із шихтою, кг/т чавуну                         | S <sub>общ</sub>   | 6,24            | 6,27       | 6,13                            | 6,02  | 5,9   |
| Вихід шлаку, кг/т чавуну                                    | U                  | 262             | 257        | 254                             | 251   | 249   |
| Витрата умовного палива, кг/т чавуну                        | У.Т.               | 493             | 441,2      | 448                             | 455   | 462   |

Продовження табл.1

Окупність капітальних витрат на реалізацію пропонованої в корисній моделі технології складе 3 роки

| Параметри доменної плавки                                   |                    | ГВГ, м <sup>3</sup> + 100 кг ПВП |       |       |       |
|---|--------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|
|   |                    | 200                              | 250   | 300   | 350   |
| Об'єм печі, м <sup>3</sup>                                  | V <sub>кор</sub>   | 1033                             | 1033  | 1033  | 1033  |
| Питома продуктивність, т/(м <sup>3</sup> -добу)             | Пуд                | 3,09                             | 3,15  | 3,2   | 3,26  |
| Сума коксу й коксового горішка, кг/т чавуну                 | ΣK                 | 320,7                            | 300   | 280,2 | 260   |
| Прихід заліза із шихтою, кг/т чавуну                        | ΣFe <sub>III</sub> | 959,5                            | 959,4 | 959,3 | 959,2 |
| Зміст дріб'язку в шихті, %                                  | M                  | 4,8                              | 4,8   | 4,8   | 4,8   |
| Витрата вапняку, кг/т чавуну                                | I                  | 3,5                              | 2,3   | 1,3   | 0,5   |
| Витрата вапна, кг/т чавуну                                  | I <sub>1</sub>     | 100                              | 100   | 100   | 100   |
| Витрата металодобавки, кг/т чавуну                          | Me <sub>T</sub>    | 100                              | 100   | 100   | 100   |
| Витрата окатишів СевГОК, кг/т чавуну                        | O                  | 1325                             | 1325  | 1325  | 1325  |
| Витрата сухого дуття, м <sup>3</sup> /т чавуну              | V <sub>d</sub>     | 697                              | 665,6 | 634   | 602,4 |
| Витрата кисню на збагачення дуття, м <sup>3</sup> /т чавуну | V <sub>O2</sub>    | 72,4                             | 69,1  | 65,8  | 62,6  |
| Температура дуття, °C                                       | T <sub>d</sub>     | 1200                             | 1200  | 1200  | 1200  |
| Вологість дуття, гр/м                                       | Φ                  | 30                               | 30    | 30    | 30    |
| Температура ГВГ, °C   | T <sub>ГВГ</sub>   | 1000                             | 1000  | 1000  | 1000  |
| Вихід сухого колошникового газу, м <sup>3</sup> /т чавуну   | V <sub>к.г.</sub>  | 1306                             | 1246  | 1187  | 1127  |
| Вихід горнових газів, м <sup>3</sup> /т чавуну              | V <sub>гг</sub>    | 1223                             | 1228  | 1234  | 1241  |
| Теоретична температура горіння, °C                          | T <sub>теор</sub>  | 2250                             | 2220  | 2190  | 2160  |
| Тиск дуття, атн   | p <sub>d</sub>     | 2,4                              | 2,4   | 2,4   | 2,4   |
| Температура колошникового газу, °C                          | T <sub>к</sub>     | 166                              | 171   | 176   | 181   |
| Прихід сірки із шихтою, кг/т чавуну                         | S <sub>общ</sub>   | 5,78                             | 5,66  | 5,55  | 5,47  |
| Вихід шлаку, кг/т чавуну                                    | U                  | 246                              | 243   | 241   | 238   |
| Витрата умовного палива, кг/т чавуну                        | У.Т.               | 469                              | 476   | 482,9 | 489,9 |

Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601