

УДК 669.162

С.А. Воденніков, зав. кафедрою, д.т.н., професор

В.Г. Аносов, доцент, к.т.н.

Д.О. Лаптев, аспірант

ВПЛИВ СПОСОБУ ПОДАВАННЯ ПИЛОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ ПІД ЧАС ДОМЕННОГО ПЛАВЛЕННЯ

Запорізька державна інженерна академія

Исследовано влияние способа подачи пылеугольного топлива на эффективность его использования в доменном цехе ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь». Представлены результаты расчетов количества кокса, выведенного из доменной плавки за счет увеличения степени сгорания пылеугольного топлива.

Ключевые слова: доменная печь, выплавка чугуна, пылеугольное топливо, кокс, технический кислород

Досліджено вплив способу подавання пиловугільного палива на ефективність його використання у доменному цеху ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь». Подано результати розрахунків для визначення кількості коксу, що виведено з доменного плавлення за рахунок підвищення міри згоряння пиловугільного палива.

Ключові слова: доменна піч, виплавляння чавуну, пиловугільне паливо, кокс, технічний кисень

Influence of method for serve of coal-dust fuel at efficiency of his use in the blast-furnace workshop of OAS the «Metallurgical combine «Zaporozhsteel» has researched. The results of calculations for quantity of coke, shown out from the domain melting due to the increase of degree of combustion for coal-dust fuel are presented.

Key words: blast furnace, blast furnace, coal-dust fuel, coke, technical oxygen

Вступ. У доменній технології застосовують різні паливні додавання, які слугують заміниками коксу та природного газу. В останнє десятиліття найактивніше розвивається технологія використання пиловугільного палива (ПВП), зважаючи на його більшу доступність і мінімальну вартість за досить високої калорійності. Зниження витрати коксу та відмовлення від застосування природного газу під час виплавляння чавуну, а також заміна їх пиловугільним паливом, є не лише економічно вигідною, але і відповідає жорстким екологічним вимогам європейських і національних законодавчих нормативів.

Аналіз досягнень. На ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь» з листопада 2010 р. здійснюють дослідно-промислові плавлення із заміною природного газу на дешевше пиловугільне паливо. Освоєння ПВП-технології з подаванням на одну тонну чавуну до 160 кг пиловугільного палива замість 100 м³ природного газу характеризується зниженням витрати коксу з 566 до 366 кг/т чавуну, тобто його економією 200 кг/т чавуну, що у два рази більше, ніж під час ведення технологічного процесу плавлення з подаванням природного газу. При цьому коефіцієнт заміни коксу підвищується від 0,8 кг/м³ природного газу до 1,03 кг/кг пиловугільного палива [1].

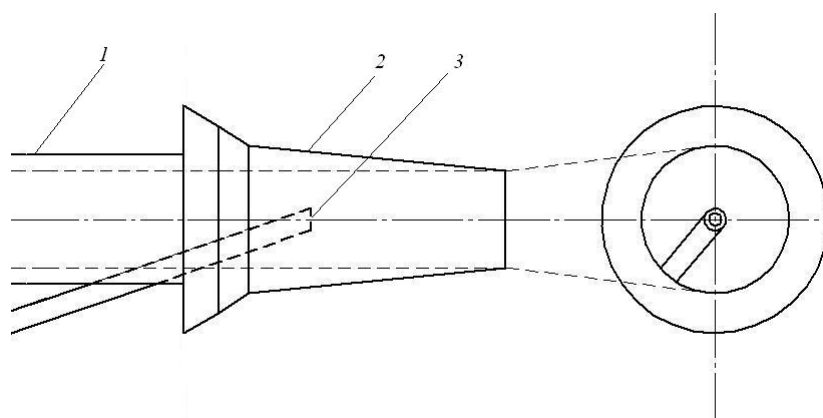
Оскільки значення коефіцієнта заміни коксу безпосередньо пов'язана з повнотою згоряння пиловугільного палива, то досягнення повної газифікації вугільних часток у межах фурмених зон є головною вимогою ПВП-технології. Неповнота згоряння

пиловугільного палива, особливо за його великої витрати, обумовлює підвищення вмісту вуглецю у продуктах плавлення, знижує інтенсивність плавлення під час погіршення газодинамічних характеристик шару шихти та, як наслідок, продуктивність доменного процесу. Незгорілі вугільні частки, адсорбуючись на поверхні шлаку, різко знижують його спроможність фільтрувати краплі чавуну, внаслідок чого масив чавуну, який накопичується на поверхні шлаку, під час контакту з фурмами спричинює їх вихід із ладу.

Як свідчить досвід застосування пиловугільного палива, на доменних печах є суттєве зростання міри його згоряння під час підвищення концентрації кисню в дуття [2]. Проте традиційні способи подавання кисню до фурменої зони доменної печі не забезпечують достатню міру змішування часток пиловугільного палива з дуттям. Для досягнення якнайповнішого їх змішування потрібне збільшення концентрації кисню, що подається у струмів пиловугільного палива.

На ПАТ «Донецький металургійний завод» застосовують метод подавання ПВП через водяну порожнину повітряної фурми та патрубок, що розміщено перпендикулярно потоку гарячого дуття на відстані 330...350 мм від носика фурми. Проте випробування такого методу за витрати пиловугільного палива до 200 кг/т чавуну вказують на відсутність достатньої міри змішування пиловугільного палива з киснем гарячого дуття.

Фірмою «Armco Steel» (США) на металургійному заводі у м. Ешленді було застосовано метод подавання пиловугільного палива через штуцер, який передбачає введення пиловугільної трубки через стінку сопла фурменого приладу до осі потоку гарячого дуття. Цей спосіб було вдосконалено фірмою «Thyssen Stahl» (Німеччина) (рис. 1) [3] та запропоновано подавати пиловугільне паливо через штуцер у соплі повітряної фурми з використанням коаксіальної трубки (трубка в трубці), що дозволяє здійснювати підведення кисню безпосередньо до струменя вугільного пали. Зовнішньою трубкою подають технічний кисень, а внутрішньою трубкою – ПВП. Такий метод вдудання ПВП у струмені кисню було названо технологією «Oxy-coal».



1 - сопло; 2 - фурма; 3 - коаксіальна трубка

Рисунок 1 – Конструкція фурменого приладу фірми «Thyssen Stahl»

Завдяки можливості локального підведення кисню до часток пиловугільного палива таку технологію використовували під час будівництва установки подавання ПВП до доменної печі на ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь».

Постановка завдання. Досліджувати вплив способу подавання пиловугільного палива на ефективність його використання у доменній плавці та зниження питомої

витрати коксу на прикладі доменної печі ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь».

Основна частина дослідження. Для визначення впливу способу подавання пиловугільного палива на ефективність його використання під час доменного плавлення вивчали два технологічні періоди роботи печі:

– базовий (Б), коли ПВП подавали без кисню, а весь об'єм кисню (45 м³/т чавуну) витрачали на збагачення гарячого дуття (вміст кисню у дутті – 23,4 %);

– дослідний (Д), коли ПВП подавали разом з киснем відповідно до технології «Oxy-coal» (вміст кисню у дутті – 23,5 %), при цьому 50 % кисню вдувають разом з гарячим дуттям і 50 % – через коаксіальну трубку.

У табл. 1 наведено результати технічного аналізу коксу ПАТ «Запорізький коксохімічний завод», а також його основні фізико-хімічні та гранулометричні властивості для базового й дослідного періодів.

Таблиця 1 – Технічний склад і фізико-хімічні властивості коксу, %

Період	S	A	W	V	Показники міцності,		Показники якості	
					M25	M10	CSR	CRI
Базовий	0,7	11,7	4,7	0,5	89,8	6,6	47,4	37,0
Дослідний	0,7	11,1	4,7	0,6	90,2	6,4	47,9	36,0

Висока якість коксу є основною умовою стабільної роботи доменної печі за витрати пиловугільного палива більше ніж 100 кг/т чавуну [4]. Під час збільшення кількості пиловугільного палива, що подають, зростає тривалість перебування коксу в доменній печі, пропорційно якому збільшується і кількість чавуну, шлаку, лугів та горнових газів, що контактують з коксом. Зростає і тривалість взаємодії вуглецю коксу з двооксидом вуглецю за реакцією Будуара, яка сприяє руйнуванню коксу та утворенню дрібниці у нижніх шарах печі, що уповільнює процес виходу потоку відновного газу із фурменого осередку та збільшує перепад тисків в печі.

Як видно з табл. 1, показники гарячої міцності (CSR) та реакційної спроможності (CRI) коксу дослідного періоду що порівняно з коксом базового періоду, незначно змінюються, що мінімально впливає на змінювання ефективності використання пиловугільного палива у печі.

Для базового та дослідного періодів роботи доменної печі пиловугільне паливо виготовляли із слабоспікливого кам'яного вугілля марки «СС». У табл. 2 представлено основні показники якості пиловугільного палива.

Таблиця 2 – Властивості ПВП з вугілля марки «СС»

Період	W	S	A	V	Вміст фракції	
					< 90 мкм	< 1,0 мм
Базовий	1,10	0,25	8,80	23,50	85	100
Дослідний	1,10	0,24	7,80	23,90	85	100

У табл. 3 наведено баланс чинників за коксом, де подано реальне змінювання техніко-економічних параметрів доменної печі, а також визначено вплив способу подавання пиловугільного палива на ефективність його використання під час доменного плавлення.

Аналіз балансу чинників показує, що у дослідному періоді витрата сухого коксу знижується на 17 кг/т чавуну, а питоме виробництво чавуну зростає на 31,1 кг/(м³·доба).

Із результатів складання зазначеного балансу видно, що зниженню витрати коксу сприяють зменшення витрати флюсу та вмісту дрібної фракції у залізородній частині (ЗРЧ) шихти, а також вмісту домішок у хімічному складі чавуну. Завдяки рівнішому ходу доменної печі зменшується тривалість її простоїв та тихого ходу, що дозволяє дещо збільшити інтенсивність плавки за дуттям.

Таблиця 3 – Баланс чинників щодо коксу під час змінювання способу подавання ПВП

	Один. вимір.	Чинники		Змінювання:	
		Б	Д	чинника	коксу, кг/т год.
Питоме виробництво	кг/(м ³ ·доба)	2168,5	2199,6	31,10	
Витрата коксу (сух.)	кг/т	393	376	-17	-17
Вихід шлаку	кг/т	404	414	10	1,38
Витрата металевих додавань	кг/т	0	0	0	0
Витрата вапняку	кг/т	16	9	-7	-1,38
Вміст дрібниці у ЗРЧ	%	14,18	13,48	-0,70	-1,38
Доля руди у ЗРЧ	%	1,87	3,40	1,53	1,20
Інтенсивність плавки за дуттям	%	100	100,42	0,42	0,50
Вміст домішок у чавуні:					
- кремній	%	0,69	0,66	-0,03	-1,41
- марганець	%	0,16	0,14	-0,02	-0,16
- фосфор	%	0,052	0,052	0	0
- сірка	%	0,020	0,021	0,001	-0,39
Температура дуття	°С	1166	1161	-5	0,55
Вологість дуття	г/м ³	13,40	21,10	7,7	6,05
Вміст кисню у дутті	%	23,40	23,55	0,15	0,12
Витрата природного газу	кг/т	0	0	0	0
Витрата ПВП	кг/т	143	151	8	-7,20
Тиск газу під колошником	кПа	130	135	5	-0,39
Простої печі	%	0,48	0,05	-0,43	-0,84
Тихий хід печі	%	0,37	0,26	-0,11	-0,22
Характеристика коксу :					
A	%	11,70	11,10	-0,60	-3,54
S	%	0,70	0,70	0	0
M25	%	89,80	90,20	0,40	-0,94
M10	%	6,60	6,40	-0,20	-2,20
+80 мм	%	7,10	5,70	-1,40	-1,10
-25 мм	%	3,80	3,80	0	0,00
Враховані чинники					-11,36
Невраховані чинники					-5,64

Максимального зменшення витрати коксу, що дорівнює 7,2 кг/т чавуну, сягають шляхом збільшення витрати пиловугільного палива.

Слід зазначити, що на зниження витрати коксу в доменній печі негативно впливають підвищення вологості дуття із незначним зниженням його температури, а також збільшення сумарного вмісту кисню та виходу шлаку.

Змінювання вищеперелічених технологічних параметрів супроводжується зниженням витрати коксу на 3,58 кг/т чавуну, а поліпшення якості коксу призводить до додаткового скорочення його витрати на 7,78 кг/т чавуну. Як наслідок, питома витрата сухого коксу в дослідному періоді скорочується на 11,36 кг/т чавуну.

Таким чином, під час подавання пиловугільного палива (кількістю 151 кг/т чавуну) з використанням технології «*Oxy-coal*», додаткова економія коксу складає $(17,1 - 11,36) = 5,64$ кг/т чавуну (1,44 %), що свідчить про поліпшення процесу горіння пиловугільного палива, збільшення коефіцієнта заміни коксу за рахунок збільшення міри згорання зазначеного палива у доменній печі та загальне підвищення ефективності використання пиловугільного палива.

Висновки.

1. Для якнайповнішого згорання пиловугільного палива потрібне підвищення концентрації кисню, що подають у струмінь часток пиловугільного палива.

2. Можливість локального підведення кисню до часток пиловугільного палива у технології «*Oxy-coal*» було використано під час будівництва установки для подавання ПВП на ВАТ «Металургійний комбінат «Запоріжсталь».

3. Дослідно-промислові плавлення з подаванням часток пиловугільного палива у кількості 151 кг/т чавуну разом з 21 м³/т кисню дуття у технології «*Oxy-coal*» сприяють збільшенню міри згорання ПВП і додаткової економії 1,44 % коксу (5,64 кг/т чавуну) порівняно із введенням усього кисню до гарячого дуття.

4. Застосування технології «*Oxy-coal*» може бути ефективним під час подальшого збільшення витрати пиловугільного палива до 200 кг/т чавуну та більше.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Воденников, С. А.* Анализ эффективности доменной плавки с заменой кокса пылеугольным топливом [Текст] / С. А. Воденников, В. Г. Аносов, Д. А. Лаптев // *Металургія : наукові праці Запорізької державної інженерної академії.* – Запоріжжя : ЗДІА, 2012. – Вип. (3) 28. – С. 20-24.
2. *Бабич, А. И.* Интенсификация сжигания пылеугольного топлива в доменной печи [Текст] / А. И. Бабич // *Известия вузов. Черная металлургия.* – 1991. – № 1. – С. 12-15.
3. *Лялюк, В. П.* Коксозамещающие технологии в доменной плавке [Текст] / В. П. Лялюк, И. Г. Товаровский. – Днепропетровск : Пороги, 2006. – 276 с. – Библиогр. : с. 267-274. – ISBN 966-525-749-8.
4. Повышение горячей прочности кокса (CSR) за счет изменения состава угольной шихты КХП ОАО «МК «Азовсталь» [Текст] / *Р. В. Ковальчик, А. А. Томаш, В. П. Тарасов [и др.]* // *Труды междунар. научн.-техн. конф. «Пылеугольное топливо – альтернатива природному газу при выплавке чугуна».* – Донецк : УНИТЕХ, 2006. – С. 117-126.

Стаття надійшла до редакції 21.05.2013 р.
Рецензент, проф. С.О. Гаврилко