

Энерготехнология резервных доменных печей

Рассмотрен вопрос рационализации использования топлива в доменном производстве Украины за счёт перевода резервных доменных печей в режим работы газогенератора. Получаемый генераторный газ может быть использован для замещения коксового газа, который можно самостоятельно вдувать в доменные печи, либо совместно с ПУТ, улучшая показатели плавки. Возможно также совместное вдувание пылеугольного топлива и генераторного газа.

Ключевые слова: доменная печь, природный газ, коксовый газ, пылеугольное топливо, генераторный газ

В ходе эволюционного развития доменной плавки совершенствование технологии и улучшение конструкции доменной печи было направлено на повышение эффективности выплавки чугуна массового назначения. Другие функции выполнялись попутно и, как правило, существенно не влияли на целевые установки производства. В то же время известен опыт выплавки в доменных печах ферросплавов и высокоглиноземистых шлаков для получения цемента, а производство доменного газа для энергоагрегатов всего металлургического комплекса связывает всю энергетику предприятия в единый комплекс, в центре которого – доменное производство. В силу этого технология доменной плавки и конструкция доменной печи адаптированы к выполнению указанных функций и некоторых других, принципиально возможных по условиям функционирования технологии и оборудования и, в первую очередь – энергетической. Таким образом, развитие энергетических функций доменной печи становится естественным направлением развития металлургии.

В настоящее время в Украине насчитывается 36 доменных печей, из которых в работе 28. В резерве металлургических комбинатов находятся 3 печи (в том числе одна на ПАО «ММК им. Ильича»), к 2014 году планируются к списанию 4 доменные печи. В сложившихся конъюнктурных условиях эти доменные печи могут быть пригодны для выполнения функции газификации углей.

Доменная печь, если исключить процессы восстановления, является мощным газогенератором с жидким шлакоудалением противоточного типа с благоприятными кинетическими условиями для получения газа с минимальным содержанием окислителей. В ИЧМ НАН Украины ведутся разработки по переводу доменных печей в режим газогенератора для получения восстановительного газа, пригодного к использованию в технологических и энергетических агрегатах в качестве высокотеплотворного топлива [1]. Исследованиями выявлено, что наиболее реальным и эффективным режимом работы доменной печи для генерации восстановительных и отопительных газов является вдувание неподогретого дутья (200 °С), обогащенного кислородом до 23 %, при использовании в

качестве топливной смеси тощего угля и антрацита, в качестве твердых «охлаждителей» газа – конвертерного шлака обогащенного, а в качестве флюса – известняка (табл. 1).

Таблица 1

Основные показатели процесса газификации смеси антрацита и тощего угля в доменной печи при $t_d = 200$ °С, $\omega_{O_2} = 23$ %

Показатели	Значения
Температура шахтного и колошникового газа, °С	300,0
Расход угля (50% Т + 50% А), (т/сутки)	1500,0
Расход КШ _{ОБОГАЩ} , кг/кг угля, (т/сутки)	2,03 (3048)
Расход известняка, кг/кг угля, (т/сутки)	0,049 (73,5)
Теоретическая температура горения, °С	1837,0
Количество дутья, м ³ /кг угля, (тыс. м ³ /час)	2,38 (148,7)
Выход газа, м ³ /кг угля, (тыс. м ³ /час)	3,5 (218,8)
Состав влажного газа, %:	
CO	35,2
CO ₂	0,41
H ₂	10,0
S, г/м ³	1,07
Теплота сгорания, кДж/м ³	5533,0
Металл: масса, кг/кг угля, (т/сутки)	1,14 (1713)
Содержание, %:	
Si	1,0
Mn	4,34
C	5,0
S	0,018
P	0,37
Шлак: масса, кг/кг угля, (т/сутки)	1,06 (1584)
Содержание, %:	
CaO	40,7
SiO ₂	35,4
Al ₂ O ₃	13,1
MgO	7,95
MnO	2,02
S	1,25
Вязкость шлака при 1450 °С, Па·с	0,46
при 1500 °С, Па·с	0,32
Серопоглощительная способность, %	19,2
Затраты УТ, кг/МДж теплоты газа	2,4

На большинстве металлургических предприятий основным энергоносителем, замещающим до 20 % кокса в доменных печах Украины, остается природный газ (ПГ), использование которого в сложившихся условиях экономически невыгодно. Снижение себестоимости чугуна в этих условиях может быть достигнуто за счет решения общих проблем энергосбережения и использования других энергоносителей, в том числе вдувания пылеугольного топлива (ПУТ).

В Украине технология вдувания ПУТ освоена на Донецком МЗ, Запорожстали, Алчевском МК. Её реализация в широком масштабе требует больших инвестиций и времени, в течение которого доменные печи Украины будут работать в неэкономичных режимах. Кроме того, как показано работами С. Л. Ярошевского [2], в текущих шихтовых условиях работы отечественных доменных печей, вдувание ПУТ наиболее эффективно при сочетании с вдуванием природного газа. Задача рационализации структуры топливного баланса путем сокращения расхода природного газа может быть решена заменой его коксовым газом (КГ) по ранее разработанной ИЧМ НАН Украины технологии и опробованной на Макеевском металлургическом заводе [3]. Несмотря на то, что реализация вдувания КГ требует инвестиций для сооружения комплекса тонкой очистки и транспортировки КГ, их составляющая меньше, чем для сооружения комплекса вдувания ПУТ. Исследованиями [4] показана также возможность совместного вдувания ПУТ с коксовым газом.

С целью высвобождения коксового газа, необходимого для вдувания в доменные печи, предлагается использовать генераторный газ, полученный по разработанной технологии газификации угля в доменной печи. Полученные в этих печах продукты газификации углей могут быть использованы для отопления коксовых печей и других энергетических нужд наряду с более полным использованием доменного газа при рационализации структуры топливного баланса предприятия.

В случае отсутствия КГ задача реализации технологии вдувания ПУТ осложнена тем, что при необходимости поддержания высоких температур дутья и некоторого обогащения его кислородом для интенсификации сжигания ПУТ развиваются недопустимо высокие температуры у фурм. Понижение температур у фурм до рационального по условиям ровного хода плавки уровня может быть реализовано подачей пара в дутьё. Последнее приводит к увеличению расхода кокса.

Наиболее рациональным решением в указанной ситуации является вдувание генераторных газов (ГГ), полученных в доменной печи. При вдувании 100 м³/т чугуна ГГ экономится 6-7 кг/т кокса и уменьшается на 80-90° теоретическая температура горения.

Расчетно-аналитическую оценку ожидаемых результатов выполнили по разработанной в ИЧМ методике [4] применительно к одной из доменных печей полезным объемом 2000 м³ (среднегодовые показатели).

В таблице 2 приведены результаты прогноза показателей плавки для ряда периодов: база 1 –

Таблица 2

Показатели доменной плавки при замене природного газа вдуванием ПУТ совместно с ГГ

ПОКАЗАТЕЛИ	База	Прогноз 1	Прогноз 2
1	2	3	4
Среднесуточное производство, т	2780,00	2779,00	2812,00
Расход твердого топлива, кг/т, в том числе – кокс антрацит	498,60 443,70 54,80	386,40 343,90 42,50	362,30 322,50 39,90
Дутье: температура, °С	1043,00	1043,00	1200,00
Кислород, %	25,40	24,70	24,70
Расход технического кислорода, м ³ /т	84,60	64,40	60,00
Расход природного газа, м ³ /т	88,70	0,0	0,0
% к дутью	6,80	0,0	0,0
Расход генераторного газа, м ³ /т	0	200,00	250,00
% к дутью	0	17,20	23,10
Расход угля, кг/т	0	150,00	150,00
г/м ³ к дутью	0	129,30	138,60
Колошниковый газ: температура, °С	280,00	282,00	279,00
Содержание, % СО	23,98	22,39	22,12
СО ₂	18,61	21,50	21,89
Н ₂	5,39	1,87	2,02

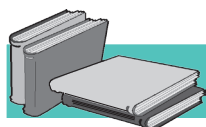
1	2	3	4
Расход, кг/т: агломерат + окатыши + руда	1705,00	1708,00	1708,00
Известняк	35,00	21,00	18,00
Конв. шлак обогащенный + скрап	35,00+1,76	35,00+1,76	35,00+1,76
Железо в шихте, %	53,80	54,00	54,10
Вынос пыли общий, кг/т	27,84	25,49	24,98
В чугуна, %: кремний	0,84	0,84	0,84
марганец	0,36	0,36	0,36
сера	0,024	0,024	0,024
В шлаке, %: кремнезем	38,08	37,15	37,08
глинозем	7,86	7,40	7,29
известь	45,47	44,48	44,28
магнезия	4,90	4,90	4,91
сера	1,19	0,92	0,87
Количество шлака, кг/т	480,00	473,00	472,00
Расход дутья, м ³ /т	1298,00	1160,00	1082,00
Объем влажного газа, м ³ /т	1976,00	1858,00	1809,00
Теор. температура горения, °С	2075,00	2038,00	2053,00
Количество сухого колошникового газа, м ³ /т	1865,00	1804,00	1752,00
Прямое восстановление Fe, %	23,97	26,77	26,92
Степень использования газов, %	44,51	49,39	50,18
Себестоимость чугуна, %	100,00	87,70	85,20

при фактических параметрах с вдуванием ПГ и подачей 11 % кускового антрацита в состав загружаемого твердого топлива; прогноз 1 – замена ПГ (88,7 м³/т) на ГГ (200 м³/т); прогноз 2 – то же, но с повышением температуры дутья до 1200 °С и расхода ГГ до 250 м³/т.

Из результатов расчета следует (табл. 2), что технология вдувания (ПУТ + ГГ) позволяет уменьшить расход твердого кускового топлива с 498,6 до 362,3 кг/т, а кокса с 443,7 до 322,5 кг/т. Себестоимость чугуна уменьшается на 14,8%.

Выводы

В ходе решения задачи замещения кокса и природного газа в доменной плавке выполнена комплексная работа по использованию доменных печей как многофункциональных агрегатов для решения энергетических задач отрасли. Предложенная схема коксозамещения – за счёт использования коксового газа и продуктов газификации углей – позволит снизить себестоимость чугуна, а также решить важный вопрос вовлечения в отрасль низкосортных отечественных углей.



ЛИТЕРАТУРА

1. *Товаровский И. Г., Меркулов А. Е., Вышинская Е. Д.* Возможность использования доменной печи в качестве газогенератора некоксуемых углей // Чёрные металлы. – 2006. – № 2. – С. 22-29.
2. *Ярошевский С. Л.* Резервы эффективности комбинированного дутья в доменных цехах Украины // Познание процессов доменной плавки. Под ред. В. И. Большакова и И. Г. Товаровского, Днепропетровск: Пороги, 2006. – С. 366-387.
3. Доменная плавка с вдуванием коксового газа / В. Ф. Пашинский, И. Г. Товаровский, П. Е. Коваленко, Н. Г. Бойков. – Киев: Техника, 1991. – 104 с.
4. *Товаровский И. Г., Большаков В. И., Меркулов А. Е.* Аналитическое исследование процессов доменной плавки. – Днепропетровск: «Экономика», 2011. – 206 с.

Анотація

Товаровський І. Г., Меркулов О. Є.
Енерготехнологія резервних доменних печей

У роботі розглянуто питання раціоналізації використання палива в доменному виробництві України за рахунок переведення резервних доменних печей в режим роботи газогенератора. Одержуваний генераторний газ може бути використаний для заміщення коксового газу, який можливо самостійно вдувати в доменні печі, або спільно з ПВП, покращуючи показники плавки. Можливо також спільне вдування пиловугільного палива та генераторного газу.

Ключові слова

доменна піч, природний газ, коксовий газ, пиловугільне паливо, генераторний газ

Summary

Tovarovsky I. G., Merkulov A. E.
Energy technologies RESERVE blast furnaces

The question of fuel usage rationalizing in the blast furnaces of Ukraine due to the transfer of reserve blast furnaces in operation mode of gasifier is studied. The resulting product gas can be used to replace the coke oven gas, which by itself may be injected into blast furnaces or in conjunction with the PCI, improving performance heat. Co-injection of pulverized coal and producer gas is also possible.

Keywords

blast furnace, natural gas, coke oven gas, pulverized coal, producer gas

Поступила 01.11.13

ВНИМАНИЕ!

Журнал «Металл и литьё Украины»

практикует выпуск рекламных номеров для экспонирования на международных симпозиумах, выставках-ярмарках и т. п.

Стоимость рекламно-информационного спецвыпуска, целиком посвящённого предприятию (фирме)-заказчику – 6750 грн.