

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ СЖИГАНИЯ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА В ДОМЕННОЙ ПЛАВКЕ

В.В.Кочура¹, А.И.Бабич², С.Л.Ярошевский¹

1. Донецкий национальный технический университет, г.Донецк

2. Институт черной металлургии, г.Аахен, Германия

Проведено теоретичні та експериментальні дослідження спалювання пиловугільного палива в умовах фурменної зони доменної печі. Розроблено метод збагачення дуття киснем та запропоновано конструкцію фурменного приладу для інтенсифікації спалювання вугільних часток. Проведено промислові дослідження запропонованого способу.

Важнейшая задача черной металлургии - снижение энергоемкости металлопродукции не может быть решена без существенного сокращения расхода кокса на выплавку чугуна.

Поэтому особое значение приобретает широкомасштабное внедрение технологии доменной плавки с вдуванием в горн пылеугольного топлива (ПУТ), приготовленного из недефицитных и относительно недорогих некоксующихся марок углей с низким содержанием серы и золы. Преимуществами угля по сравнению с другими заменителями кокса является его низкая стоимость, большие запасы и высокая теплота сгорания у фурм доменной печи.

Вдувание пылеугольного топлива в доменную печь (ДП) является эффективной технологией с точки зрения снижения себестоимости чугуна, повышения производительности печи и защиты окружающей среды.

Первая в Европе промышленная установка по приготовлению и вдуванию ПУТ была построена в 1980 году на Донецком металлургическом заводе (ДМЗ) [1]. В настоящее время более 100 пылеугольных комплексов работают в странах Европейского Союза, Китае, Японии, Корее, США и других странах [2,3].

Эффективное использование дорогостоящих комплексов пылевдувания достигается лишь при больших расходах вдуваемого угля (свыше 150 кг/т чугуна).

Главными причинами, препятствующими увеличению количества вдуваемого в горн доменных печей ПУТ, являются обеспечение его полного сгорания в фурменной зоне и равномерное распределение по окружности печи.

Промышленный опыт свидетельствует о существенной интенсификации горения угольной пыли в окислительной зоне ДП при повышении концентрации кислорода в дутье [1-4]. Однако существующие

способы подачи кислорода не обеспечивают максимальную эффективность его использования ввиду сложности обеспечения полного смешения угольных частиц с дутьем. Из-за неполного смешения ПУТ с дутьем предлагается увеличить концентрацию кислорода вблизи движущейся угольной струи. Несмотря на то, что некоторые аспекты этой идеи опробованы на практике на доменных печах фирм Тиссен Стил (Германия) и Бритиш Стил (Великобритания) при использовании коаксиальных трубок их подход не обеспечивает оптимального использования кислорода.

Это связано с тем, что горение частиц угольной пыли протекает в четыре стадии: прогрев угольных частиц до воспламенения летучих веществ, воспламенение летучих, воспламенение коксового остатка и выгорания коксового остатка [4]. Повышение концентрации кислорода сказывается лишь на время протекания последней стадии. Поэтому предварительное смешение ПУТ с кислородом нецелесообразно: попадая в фурму или сопло, значительная часть ПУТ благодаря высокой локальной концентрации кислорода вокруг угольных частиц сгорает до их выхода в окислительную зону. Горение же ПУТ в фурменном приборе нежелательно из-за увеличения температуры газов и плавления золы, отклонения струи продуктов сгорания и несгоревших частиц вверх по периферии печи. Кроме того, вначале, как обычно, сгорают мелкие частицы и, следовательно, их горение происходит в более благоприятных условиях. Выгорание крупных частиц, которое происходит позднее, протекает уже в области пониженной концентрации кислорода.

Следовательно, повышать концентрацию окислителя наиболее эффективно после прогрева и выхода летучих веществ и прогрева коксового остатка. Расчеты показывают, что это время составляет 0,005-0,020с в зависимости от характеристик ПУТ и температурно-дутьевых условий плавки.

Экспериментальная проверка полученных теоретических результатов осуществлялась на лабораторной установке, созданной на принципах горячего физического моделирования, и позволяющей имитировать процесс сжигания угольной пыли в условиях фурменной зоны доменной печи [4].

В таблице приведены результаты расчетов времени сгорания ПУТ при индивидуальной подаче технологического кислорода в фурмы доменной печи ДМЗ. Зона активной диффузии кислорода к частицам ПУТ принята равной 25% площади сечения фурмы.

Из таблицы видно, что при вводе кислорода в фурму рост его концентрации в дутье от 21 до 25 % обеспечивает увеличение локальной концентрации в области движения ПУТ в 2 раза, что уменьшает время сгорания почти на 40 %.

Для обеспечения своевременного попадания кислорода в поток предварительно прогретого пылеугольного топлива были выполнены расчеты траектории движения струи кислорода и угольной пыли в полости фурмы по методике Ю.В. Иванова [5].

Таблица – Зависимость времени сгорания ПУТ от расхода кислорода

Расход кислорода, м ³ /т чугуна	Содержание кислорода в дутье, %	Локальная концентрация кислорода, %	Время выгорания коксового остатка, с	Общее время горения, с
-	21	21	0,045	0,065
20	22	26	0,035	0,055
35	23	30	0,025	0,045
50	24	35	0,020	0,040
70	25	40	0,015	0,035

Разработанная конструкция фурменного прибора с вдуванием ПУТ, ПГ и индивидуальной подачей технологического кислорода приведена на рисунке [6].

Для проведения исследований на ДМЗ была создана опытно-промышленная установка [4,6]. Подача кислорода в фурму осуществлялась из коллектора кислорода через кислородопровод, оснащенный необходимой арматурой и приборами.

Доменная печь объемом 1033 м³ в период исследований выплавляла передельный чугун на железорудной шихте, состоящей из 94 % агломерата ЮГОК и окатышей ЦГОК в соотношении 1,5:1 с небольшими добавками железной и марганцевой руд. Средний расход кокса составлял 487 кг/т чугуна, пылеугольного топлива 76 кг/т, природного газа 84 м³/т, кислорода 75 м³/т. Печь оборудована системой контроля распределения дутья и ПУТ по фурмам. Давление кислорода в кислородопроводе 750-1000 кПа, расход кислорода на фурму 320-350 м³/ч.

Эффективность предложенного способа подачи кислорода оценивали с помощью количественного метода определения полноты сгорания ПУТ в фурменных зонах, который заключался в зондировании горна с отбором проб материалов из различных точек по длине фурменного прибора и окислительной зоны водоохлаждаемой трубой.

Исследования проводили на обогащенном кислородом до 25 % и атмосферном дутье (прекращалась подача кислорода на всас воздуходувной машины). Количество подаваемого через фурму кислорода соответствовало его расходу на обогащение дутья в расчете на печь. Во всех опытах расход ПУТ составлял 8 т/ч. Каждый опыт включал два

эксперимента, выполняемых последовательно с интервалом в несколько минут: зондирование горна при подаче в фурму кислорода и при его отключении.

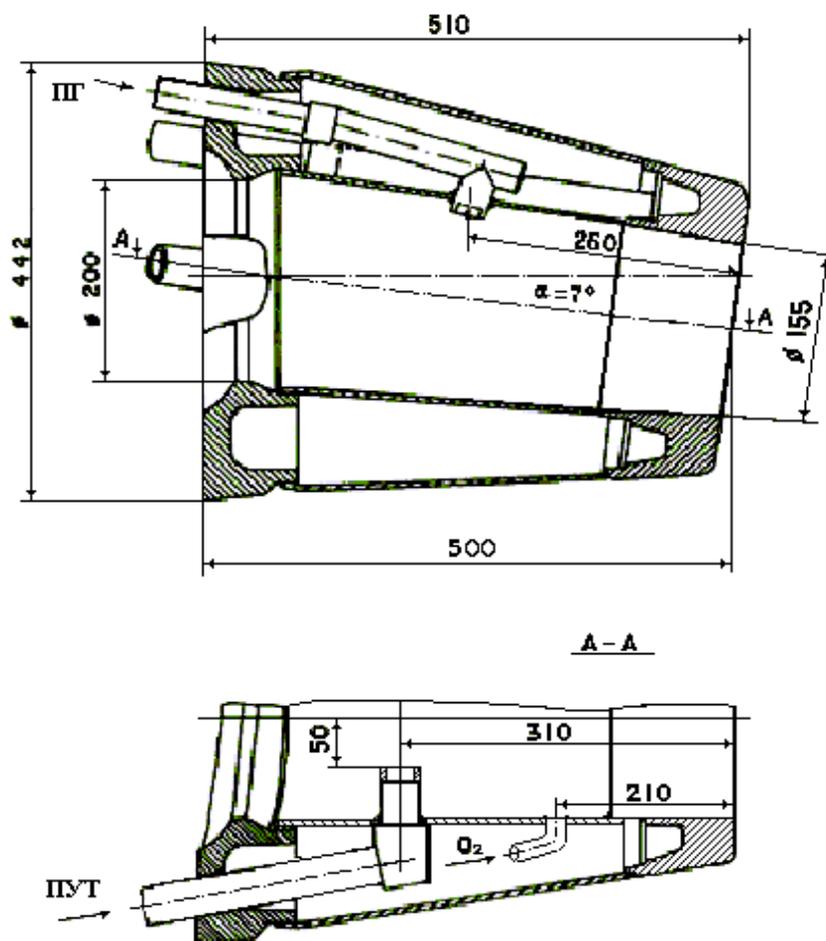


Рисунок – Конструкция воздушной фурмы с вдуванием ПУТ, ПГ и кислорода

Результаты минералогического анализа проб отобранных из горна материалов, показали, что как при подаче кислорода в фурму, так и без него в точке подвода кислорода преобладают мелкие частицы угольной пыли остроугольной формы размером 0,004-0,008 мм, реже до 0,02 мм. На срезе фурмы, кроме, неизменных частиц ПУТ, имеются остатки его несгоревших частиц в виде тонких ободков. На расстоянии 0,25 мм от носка фурмы неизменные частицы ПУТ перестают существовать. Остаются лишь остатки от частиц пыли в виде ободков с размером 0,004-0,012 мм.

Сопоставление соответствующих пар опытов показало, что содержание частиц ПУТ на срезе фурмы при индивидуальной подаче в нее кислорода в среднем на 15-30 % меньше, чем при традиционном способе.

Полученные результаты свидетельствуют об интенсификации сжигания пылеугольного топлива при индивидуальном подводе кислорода.

Таким образом, теоретические и экспериментальные исследования показали, что в условиях доменной плавки полная газификация больших количеств вдуваемого ПУТ (свыше 150 кг/т чугуна) может быть обеспечена повышением локальной концентрации кислорода в районе выгорания коксового остатка угольных частиц. Промышленные исследования на доменной печи ДМЗ с отбором проб из горна подтвердили целесообразность данного способа интенсификации сжигания ПУТ по сравнению с традиционным обогащением дутья кислородом.

Литература

1. Ярошевский С.Л. Выплавка чугуна с применением пылеугольного топлива. – М.: Metallurgy, 1988. – 176 с.
2. Состояние и перспективы технологии доменной плавки с вдуванием пылеугольного топлива/ А.И.Бабич, С.Л.Ярошевский, В.В.Кочура, В.П.Терещенко// Металл и литье Украины. – 1995. - №11-12. - С.12-18.
3. Производство первичного металла в странах Западной Европы/ А.И.Бабич, В.В.Кочура, А.Формосо, Л.Гарсия// Металл и литье Украины. – 1997. -№5. - С.32-37.
4. Бабич А.И., Ярошевский С.Л., Терещенко В.П. Интенсификация использования пылеугольного топлива в доменной плавке. – К.: Техника, 1993. – 200 с.
5. Померанцев В.В. Основы практической теории горения. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 243 с.
6. Intensifying pulverised coal combustion in blast furnace/ V.V. Kochura, A.I. Babich, S.L.Yaroshevskiy// International blast furnace lower zone symposium. – Wollongong, Australia. - 2002. - P.35-47.

Поступила в редакцию 12.01.04