

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ КОКСА УЛУЧШЕННОГО КАЧЕСТВА**

*Ковалев Е.Т., Рыщенко А.И., Шульга И.В.*

Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИН)

*Использование кокса как топлива в доменных печах приводит к образованию парниковых газов, количество которых составляет в среднем 2,85 т/т кокса. Улучшение качества кокса наряду с повышением производительности доменной печи приводит к снижению расхода кокса на выплавку чугуна и соответственному уменьшению количества образующихся парниковых газов.*

Кокс является основным углеродсодержащим материалом в доменной шихте. При этом большая часть углерода кокса (~90%) в результате протекания химических реакций в самой печи, а также сжигания за ее пределами образующегося доменного газа превращается в парниковый газ – диоксид углерода. Остальная часть углерода расходуется на образование карбидов железа в чугуне.

Расчеты показывают, что при средней зольности кокса 11,5%, содержании углерода в горючей массе кокса 97,5%, его расходе на выплавку чугуна ~500 кг/т и содержании углерода в чугуне 4,3% количество образующегося углекислого газа составляет 2,85 т/т кокса. Поэтому, уменьшая расход кокса в доменной печи, можно снизить выбросы парниковых газов. Кроме этого, при уменьшении потребности в коксе в результате снижения расхода появляется возможность уменьшения выбросов вредных веществ при его производстве, которые в современных условиях составляют ~4 кг/т кокса.

Основными направлениями снижения расхода кокса в доменном производстве являются: улучшение качества доменного кокса и использование его заменителей (пылеугольного топлива, коксового орешка, антрацита, восстановительных газов, мазута и других жидких топлив).

Эти два направления являются взаимосвязанными, так как замена значительных количеств кокса (150-250 кг/т чугуна) возможна лишь при его высоком качестве. Все заменители в доменной печи могут выполнять функции только источника тепла и восстановителя. Заменить кокс как разрыхлитель в данной технологии нельзя, так как именно он является единственным твердофазным материалом на нижних горизонтах доменной печи. Поэтому при замене части кокса функцию разрыхлителя должно выполнять меньшее количество материала, что еще раз подтверждает актуальность работ по улучшению качества доменного кокса [1].

Это качество характеризуется комплексом свойств, среди которых в первую очередь следует отметить характеристики вещественного состава (показатели технического и элементного анализа), а также физические свойства – крупность, механическую прочность, теплотворную способность и удельное электрическое сопротивление [2]. В последнее время повышенное внимание уделяется показателям реакционной способности и послереакционной прочности, определяемым по методике Nippon Steel Corporation [3]. Они во многом определяются качеством используемой угольной шихты, в частности, ее зольностью, сернистостью, а также химическим составом минеральной части [4]. В то же время показатели реакционной способности кокса взаимосвязаны и со спекаемостью шихты, соотношением в ней углей разных стадий метаморфизма (оцениваемым с помощью среднего показателя отражения витринита) и технологическими параметрами коксования [5, 6].

Нами на батарее № 1-бис КХП ОАО «МК «Азовсталь» был проведен комплекс научно-исследовательских и производственных работ с целью получения кокса улучшенного качества для последующего испытания его в доменной печи. При разработке состава угольной шихты прежде всего исходили из необходимости снижения сернистости и обеспечения благоприятного химического состава минеральной части. В соответствии с этим в качестве спекающей основы был принят концентрат коксового угля шахты «Красноармейская – Западная № 1», содержание которого в шихте составляло 60%. Также использовали газовые угли ОФ «Распадская», а в качестве отошающего компонента – угли КС/ОС ЦОФ «Коксовая» Кузнецкого бассейна (по 10% каждого угля). Кроме того, для достаточной спекаемости шихты в нее вводили жирный уголь ЦОФ «Киевская» (15%) и коксовый уголь ЦОФ «Пролетарская» (5%). Это позволило обеспечить толщину пластического слоя шихты на уровне 15 мм.

Концентраты ЦОФ «Киевская» и «Пролетарская» являются типичными углями Донбасса, характеризующимися достаточно высокой сернистостью (~1,9%) и хорошей спекаемостью (У для них составлял 22 и 15 мм соответственно). Как показано нашими исследованиями, повышение спекаемости шихты приводит к улучшению реакционной способности кокса даже при снижении среднего показателя отражения витринита, увеличении индекса основности, зольности и сернистости шихты до определенного предела ( $Sdt \leq 1,1\%$ ). Это объясняется участием серосодержащих функциональных групп в процессах спекания, в частности, с образованием сульфидных и дисульфидных связей, как показано нашими результатами исследования структуры кокса. Сернистость шихты составляла 1,00-1,05%, то есть при таком ее уровне введение 20% углей с повышенной спекаемостью благоприятно сказалось на качестве кокса, в том числе и реакционной способности.

В период проведения опытных коксований продолжительностью более 20 суток поддерживался постоянный технологический режим работы коксовой батареи №1. Средняя продолжительность коксования составляла

18,3 ч, а температура в контрольных вертикалах - 1280/1310 °С по машинной и коксовой сторонам соответственно. Коэффициент избытка воздуха при сжигании отопительного газа (коксового) выдерживался на уровне 1,4-1,5. Давление в газосборнике составляло 177 Па (18 мм вод. ст.). Температура кокса по оси пирога за 15 мин до выдачи составляла 1006-1023 °С на уровне 5,5 м от пода печи. Сила тока привода выталкивающей штанги при выдаче печей (так называемый «ампераж выдачи») находилась в пределах 250-300 А, что обеспечивало благоприятные условия эксплуатации батареи.

Полученный кокс характеризовался высоким качеством. По сравнению с обычным коксом он имел меньшие зольность (на 0,6%) и сернистость (на 0,2%), более высокую сопротивляемость дробящим усилиям (показатель M25 возрос на 0,3%) и меньшую истираемость (показатель M10 уменьшился на 0,9%). Показатель CRI снизился на 13,6%, а показатель CSR возрос на 17,6%.

В результате совместного действия всех отмеченных факторов расход кокса улучшенного качества на выплавку чугуна снизился на 6,0% (31,4 кг/т), а производительность доменной печи № 5 ОАО «МК «Азовсталь» возросла на 10,5% (277 т/сутки) [7]. Продолжительность опытной доменной плавки составила 21 сутки. Снижение расхода кокса привело к уменьшению количества образующихся парниковых газов – с 1,49 т/т чугуна до 1,40 т/т.

Аналогичные результаты были получены и другими исследователями, в частности, при испытании кокса улучшенного качества батареи № 9 ОАО «АКХЗ» на доменной печи № 5 Енакиевского МЗ [8].

Повышение качества кокса является предпосылкой для снижения его расхода до 300-400 кг/т чугуна в результате использования заменителей кокса (прежде всего пылеугольного топлива и восстановительных газов), которые по сравнению с самим коксом характеризуются большим содержанием водорода в горючей массе и меньшим – углерода. Это приводит к заметному сокращению выброса парниковых газов. При этом наиболее высоким содержанием водорода характеризуется коксовый газ, объемная доля чистого водорода в котором составляет ~60%, а массовая доля водорода (с учетом метана и других углеводородов) превышает 25%. В результате выбросы парниковых газов на единицу полученного тепла при сжигании коксового газа значительно меньше, чем при сжигании других видов газообразных, жидких и твердых топлив.

## ВЫВОДЫ

1. Использование кокса как топлива в доменных печах приводит к образованию парниковых газов, количество которых составляет в среднем 2,85 т/т кокса.

2. Улучшение качества кокса наряду с повышением производительности доменной печи приводит к снижению расхода кокса

на выплавку чугуна и соответственному уменьшению количества образующихся парниковых газов.

3. Использование кокса улучшенного качества, полученного на батарее № 1-бис КХП ОАО «МК «Азовсталь», при выплавке чугуна на доменной печи № 5 позволило повысить производительность домны на 10,5% и снизить расход кокса на 6,5%. Пропорционально снижению расхода кокса снижается и количество парниковых газов, образующихся при выплавке чугуна – с 1,49 до 1,40 т/т.

4. Повышение качества является предпосылкой для снижения расхода кокса до 300-400 кг/т чугуна в результате использования его заменителей (прежде всего пылеугольного топлива и восстановительных газов), которые по сравнению с самим коксом характеризуются большим содержанием водорода в горючей и массе и меньшим – углерода. Это приводит к заметному сокращению выброса парниковых газов. При этом наибольший экологический эффект достигается при использовании в качестве восстановителя коксового газа, характеризующегося наибольшим содержанием водорода.

1. Ковалев Е.Т., Шмалько В.М., Шульга И.В., Рыщенко А.И. Формирование свойств кокса. Реакционная способность // Углекислотный журнал. 2006. № 5 – 6. С. 13 – 20.

2. Пинчук С.И. Контролируемая технология коксования. – К.: Техніка, 1994. – 170 с.

3. ДСТУ 4703:2006 (ISO 18894:2006, MOD). Кокс. Метод визначення індексу реакційної здатності коксу (CRI) і міцності залишку коксу після реакції (CSR) // М.П. Гапотченко, А.Ф. Кузніченко, Л.Г. Орехова, В.М. Шмалько (УХІН). – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 23 с.

4. Кафтан Ю.С., Дроздник И.Д., Мирошниченко Д.В. и др. Взаимосвязь органической и минеральной частей угольной шихты с «холодной» и «горячей» плотностью кокса // Углекислотный журнал. – 2007. № 3 – 4. С. 3 – 13.

5. Todoshuk T.W., Price J.P., Gransden J.F. Increasing coke strength after reaction with CO<sub>2</sub> (index CSR) in Dofasco // Iron and Steel Technology. 2004. March. P. 73 – 84.

6. Золотухин Ю.А., Андрейчиков Н.С., Гилязетдинов Р.Р. Сравнительный анализ основных факторов, формирующих высокие показатели качества кокса CSR и CRI из шихт «BHP Steel» и ОАО НТМК // Кокс и химия. 2006. № 6. С. 18 – 23.

7. Буга И.Д., Бондарчук П.Н., Рыщенко А.И. и др. Опытные доменные плавки на коксе с улучшенной реакционной способностью // Углекислотный журнал. – 2006. № 3. С. 22 – 28.

8. Подкорытов А.Л., Кузнецов А.М., Падалка В.П. и др. Опыт освоения и оптимизации технологии на доменной печи № 5 Енакиевского металлургического завода // ОАО «Черметинформация». Бюллетень «Черная металлургия». 2008. № 11. С. 59 – 70.