

*к.т.н. Новохатский А.М.,
Михайлюк Г.Д.,
Карпов А.В.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНТРАЦИТА КАК ЗАМЕНИТЕЛЯ КОКСА В ДОМЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Проаналізовані результати промислового використання вугілля як заміника коксу. Отримана механічна міцність вугілля в барабані, що обертається. Представлені методики дослідження металургійної цінності вугілля.

Ключові слова: антрацит, кокс, промисловий досвід заміни коксу, механічна міцність.

Проанализированы результаты промышленного использования угля как заменителя кокса. Получена механическая прочность угля во вращающемся барабане. Представлены методики исследования металлургической ценности угля.

Ключевые слова: антрацит, кокс, промышленный опыт замены кокса, механическая прочность.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Для замены кокса, который определяет себестоимость получаемого чугуна на 40-50%, используют ряд альтернативных топлив:

- природный газ, в современных рыночных условиях, при его высокой стоимости и дефицитности, использование является экономически нецелесообразным, так как коэффициент замены кокса природным газом в реальных условиях обычно не превышает значения 0,7.

- коксовый газ, применение его в доменной плавке осложняется тем, что для вдувания в печь необходимо повышать давление в газодувках, работа которых затруднена из-за содержания в нем смолистых веществ, от которых необходимо предварительно его очистить. Кроме того, имеющиеся объемы коксового газа целесообразнее применять как топливо в прокатном производстве и т.д.

- пылеугольное топливо, для вдувания ПУТа необходима закупка большого количества дополнительного дорогостоящего оборудования, а также последующее обслуживание его, что является серьезным недостатком.

Все вышеперечисленные методы предполагают подачу заменителей кокса непосредственно через фурмы в зону горения. В силу этого невозможно обеспечить расход кокса ниже 250-300 кг/т чугуна. Это объясняется тем, что кокс должен выполнять еще и роль «разрыхлителя» столба шихтовых материалов. Преимущество замены кокса каменным углем в том, что он подается через колошник.

Перспективным направлением коксозаменяющей технологии является использование антрацита. Замена кокса антрацитом до 50 кг/т чугуна и выше не оказывает отрицательного влияния на технологию ведения доменной печи. Также при использовании антрацита в качестве заменителя кокса в доменном производстве сокращаются выбросы вредных веществ в атмосферу в результате снижения производства кокса.

Использование антрацита не приводит к существенному изменению основных технологических параметров процесса: производительность, выход колошникового газа, образование шлака и его основность колеблются в пределах, характерных для работы печей. Чугун по химическому составу соответствует стандарту.

Анализ исследований и публикаций.

Впервые в мировой практике доменного производства на доменных печах №1 и 3 АО ЗСМК объемом по 3000 м³ в декабре 1994 г. и в 1995 г. начали проводить плавки с использованием углей марок ТПК шахты "Краснокаменская" и Краснобродского разреза.

Полученные результаты плавков показали целесообразность и необходимость частичной замены кокса углем без ограничения полезного объема доменных печей. Экономическая эффективность использования каменного угля в доменной плавке определяется соотношением стоимости кокса и угля, количеством замененного кокса углем и коэффициентом замены.

Существует несколько способов загрузки угля. В способе доменной плавки [1], для исключения загромождения горна, предполагается вести загрузку через колошник подач, состоящих из кокса, рудной части шихты и каменного угля вводимого в печь с периодом, равным времени пребывания шихты в печи, при заданном массовом отношении угля к коксу, загрузку подач с каменным углем производить с периодом от времени пребывания шихты в печи, до величины произведения времени пребывания шихты в печи на отношение насыпных весов кокса и угля.

По этой причине максимальная продолжительность периода загрузки подач, топливная часть которых состоит из 100 % угля, должна быть во столько же раз меньше периода загрузки подач со 100 % кокса, с тем, чтобы не допускать заполнения горна только углем и обеспечить его полное удаление.

Так же есть способ доменной плавки с загрузкой в доменную печь послойно руды и кокса, а в слой руды добавлять до 20 % угля [2].

Помимо этого были проведены исследования распределения угля по сечению колошника в зависимости от типа загрузки, на модели колошника печи объёмом 1719 м³, выполненном в масштабе 1:10 [3].

Исследования распределения шихтовых материалов показали, что уголь распределяется по радиусу, аналогично распределению кокса.

Характер распределения угля по сечению модели колошника зависит от способа его загрузки в печь. Учитывая особенности поведения углей при их нагревании и влияния этих процессов на газодинамику плавки автор [3] рекомендует осуществлять загрузку углей совместно с агломератом при системе загрузки ААКК↓ или с первым скипом агломерата при системе КААК↓.

Для оценки влияния тощих углей на газопроницаемость слоя шихтовых материалов, проводились исследования на установке Kobe Steel при повышении температуры до 800 °С [4, 5].

Исследования показали, что при увеличении температуры до 200-300 °С, газопроницаемость углей резко снижается, но при дальнейшем повышении температуры, вплоть до 600 °С она практически не меняется. Так же установлено, что летучие большей частью переходят в газовую фазу при температуре 600 °С, а их остатки до 700 °С.

Для сохранения ровного хода печи при применении угля, необходимо знать его механическую прочность. Она является важным критерием оценки пригодности материала к металлургической обработке. Отсюда вытекает необходимость объективной её оценки. Механическую прочность металлургических материалов определяют по трём показателям: ударной прочности, прочности на раздавливание и истираемости [6]. При этом основным показателем считается ударная прочность. Её определяют сбрасыванием с различной высоты или разрушением в барабанах различных конструкций.

Прочность на сбрасывание кокса обычно находят путём его четырехкратного сбрасывания с высоты 2 м [7]. Результаты выражают в индексах сбрасывания 80, 50, 40, 25 и 12,5 мм и определяют среднюю величину кусков кокса до и после испытаний.

Постановка задачи. Определить основные направления исследований для повышения количества применяемого антрацита как заменителя кокса.

Изложение материала и его результаты.

В июле 2005 года на ОАО «ЕМЗ», авторами статьи, произведен промышленный опыт замены кокса, антрацитом марки АТ. При этом использовано 1589 т антрацита марки АТ в шихте доменных печей. Ко-

личество использованного антрацита определялось его поступлением на предприятие.

Показатели качества антрацита:

- 1) зола, %не более 7,0;
- 2) сера, %не более 0,7;
- 3) влага, %не более 5,0.

Классы крупности, %:

- 1) + 100 мм..... не более 20;
- 2) 0-5 мм..... не более 6.

Результаты применения антрацита показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Опытное использование антрацита марки АТ

Дат	ДП№1		ДП№3		Дат	ДП№1		ДП№3	
	Пр-во, т	расход антр, кг/т	Пр-во, т	Пр-во, т		Пр-во, т	расход антр, кг/т	Пр-во, т	расход антр, кг/т
8	2234	4,8	1898	17,6	19	2450	18,4	1956,3	25,6
7	2281	4,2	1815	19,5	18	2651,3	7	1953	44,2
6	2452	1,2	1920	1,5	17	2229	20,7	1923	27,9
5	2335	0	1811	6,5	16	2505	9,6	1958	20,1
4	2438	6,1	1756	9,8	15	2556	0	2176,1	19,6
3	2458	16,3	1736	21,4	14	2594,4	10,6	1952	19,2
2	2267	15,6	1919	15,5	13	2454	12,9	1904	12,1
1	2449	7,8	1896	8,6	12	2451	8,6	1957,7	12,1
28	2154	25,4	1802	13,3	11	2450	11,7	1922	12
27	2479	20	1905	24,7	10	2456	12,1	2001,5	18
26	2510	7,4	1927	22,7	9	2403,1	0,4	1955,6	6,1
25	2450	0	1861	27,8	8	2453	2	1925	9
24	2351	5,7	1903	34,8	7	2453	4,3	1902	20,7
23	2154	18,7	1804	36,7	6	2459	9,4	1907	17,6
22	2451	20	1900	33,8	5	2451	3,9	2172,6	8,1
21	2520,4	14,5	1904	34,8	4	2451	5,5	1902	13,6
20	2475	15,5	1921	28,5	3	2468	0	1965,9	29

В результате опыта сделаны следующие выводы:

1) удельный расход антрацита составил в среднем за месяц 10 кг/т чугуна. В отдельные периоды массового поступления антрацита его расход достигал 50 кг/т чугуна.

2) при использовании антрацита, в оговоренных пределах, существенного ухудшения хода доменных печей не отмечалось, содержание

углерода в колошниковой пыли не увеличилось, признаки загромождения горна отсутствовали.

3) выполненный пофакторный анализ расхода кокса на производство чугуна по итогам июля 2005 года показал, что коэффициент замены кокса антрацитом составил 0,9 т/т.

По данным таблицы построены графики зависимостей производительности от расхода антрацита во времени. Результаты по ДП№1 представлен на рисунке 1, по ДП№3 - рисунке 2.

При использовании антрацита на ДП№1 (рис.1), полезным объемом 1386 м³, увеличение расхода угля приводило к частичному падению производства. Например, 28 числа при расходе антрацита 25,4 кг/т, производительность была равна 2154 т/сутки, в то время как без применения антрацита она была равна 2300-2500 т/сутки. Данный факт можно объяснить плохим качеством шихтовых материалов, и неоптимальным выбором системы загрузки угля. Замена кокса антрацитом до 15 кг практически не приводила к падению производительности.

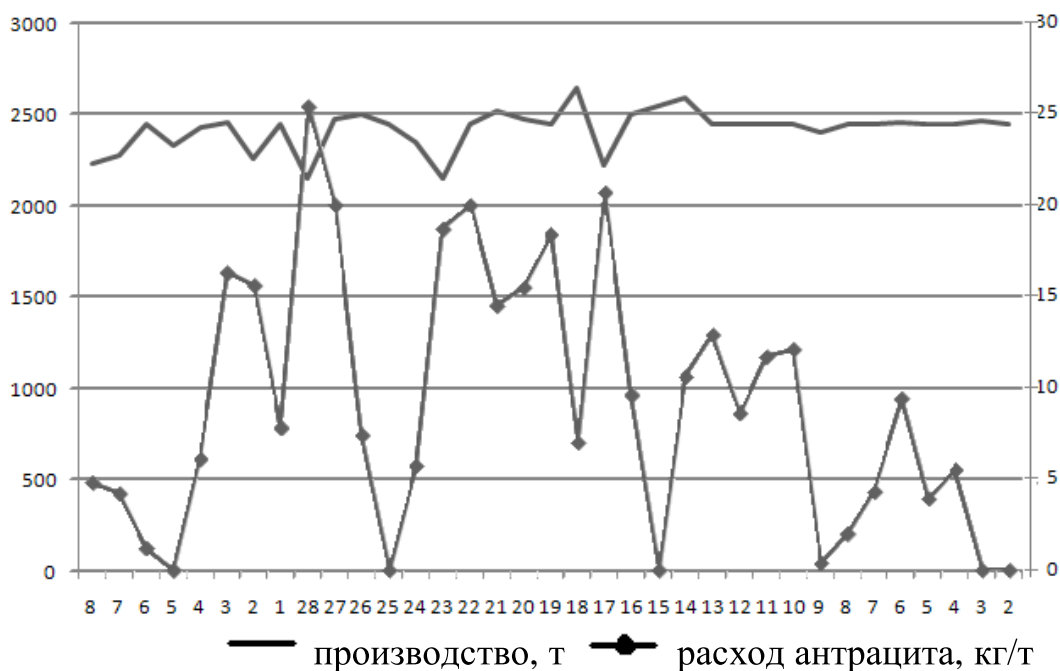


Рисунок 1 - График зависимостей производительности от расхода антрацита во времени на ДП№1

Как видно из рисунка 2, при использовании антрацита на ДП№3, полезным объемом 1033 м³, изменение производительности не связано с расходом антрацита. В периоде от 14 до 28 чисел, когда заменялось наибольшее количество кокса антрацитом (от 20-40 кг/т чугуна), производительность практически не изменялась. Сохранение ровного хода печи можно объяснить высоким качеством кокса и шихтовых материа-

лов, выбором оптимальной системы загрузки антрацита для конкретно сложившихся условий.

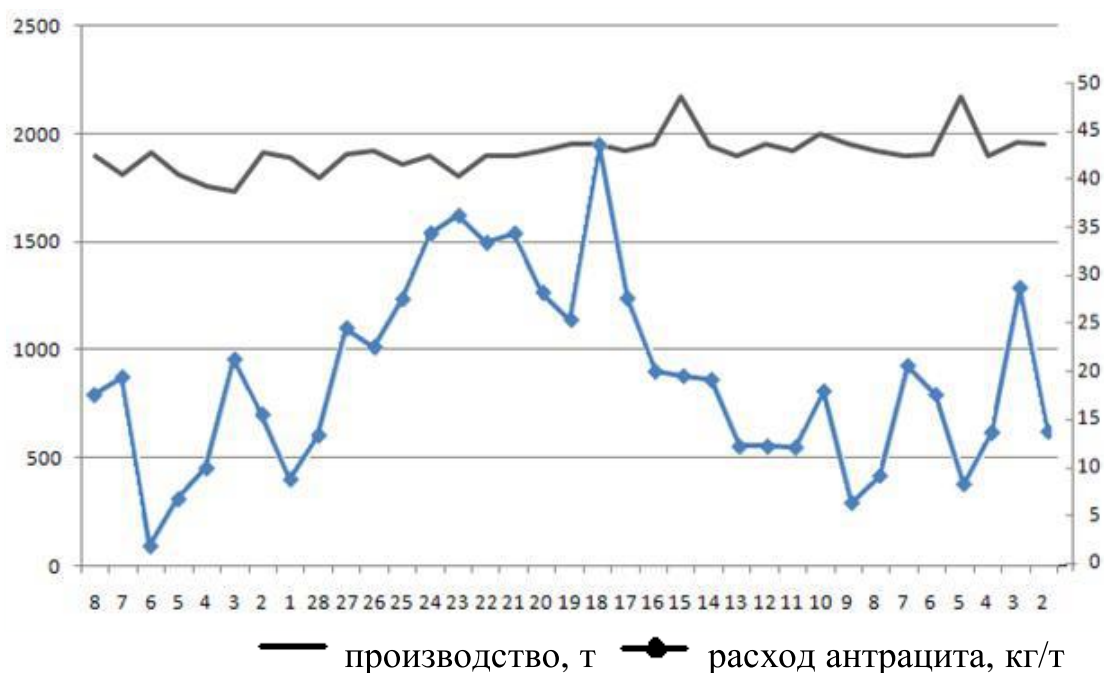


Рисунок 2 - График зависимостей производительности от расхода антрацита во времени на ДП №3

Результаты промышленного испытания показали хаотичные изменения производительности при замене кокса антрацитом. С целью обеспечения ровного хода печи, во время применения антрацита, необходимо поддерживать высокое качество шихтовых материалов, в частности антрацита. Этого можно достигнуть, зная его механические свойства.

Для сравнения прочностей антрацита и кокса, авторами статьи, было проведено исследование их разрушения во вращающемся барабане.

Пробу массой 12 кг с кусками 40 мм и выше помещали в барабан диаметром 1 м, шириной 265 мм и вращали 4 минуты, что соответствовало 200 оборотам.

Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Прочности кокса и антрацита во вращающемся барабане

Показатель	Антрацит	Кокс
Масса пробы, кг	12,0	12,0
Фракция - 10, кг/%	4,75/39,6 (гранулы 8-10 мм)	0,55/4,6 (мелкодисперсная пыль)
- 25, кг/%	0,85/7,1	1,0/8,4
+25, кг/%	6,4/53,3	10,45/87,0

Из таблицы видно, что уголь имеет меньшую прочность, по сравнению с коксом. В результате разрушения кокса образуется мелкодисперсная пыль, а угля – гранулы 8-10 мм. Этот факт показывает, что антрацит предпочтительнее грузить в смеси с агломератом, а не с коксом, так как фракционные составы агломерата и антрацита более сопоставимы. Соответственно для того, чтобы заменить максимальное количество кокса углем, необходимы изменения в технологии ведения доменной печи.

Так же предполагается находить прочность угля путем пятикратного сбрасывания и определения количества фракций 25, 20, 15, 10 и 5 мм. Такое количество сбрасываний более соответствует числу падений антрацита, начиная от рудного двора до доменной печи.

Куски антрацита представляют собой фигуры сложной формы, состоящие из множества граней различного размера. Каждый кусок угля по своей внешней форме является индивидуальным.

По внешнему виду различают несколько разновидностей антрацита: 1) обыкновенный антрацит - вещество черного цвета, со стеклянным блеском и раковистым изломом; 2) шестоватый антрацит - вещество пористое и матового цвета; 3) шлакообразный антрацит - с пузыристым строением и 4) волокнистый антрацит.

Определение прочности сжатием производится с помощью прессы, замеряющего силу сжатия, необходимого для разрушения загружаемого в него материала. При определении прочности угля этим методом результат будет искажаться из-за сложной формы кусков.

Для устранения этих искажений необходимо исследовать куски угля одинаковой формы, наиболее подходящей формой является куб.

Предлагаемая методика исследования предполагает:

- сжатие заготовок в холодном состоянии;
- сжатие заготовок, нагретых до 900 °С;
- определение прочности при тепловом ударе, т.е. холодные заготовки помещать в печь, нагретую до 300°С, выдерживая его 10 минут, а затем определять прочность сжатием;
- определение прочности сжатием при медленном нагреве заготовок с 0 до 300°С.

Выводы и направления дальнейших исследований. Проанализированы результаты промышленного использования угля как заменителя кокса. Получена механическая прочность угля во вращающемся барабане. Предложены методики дальнейшего исследования физических свойств угля. В дальнейшем предполагается применить полученные результаты для корректирования технологии ведения доменной печи, а также оптимизация системы загрузки угля, при замене им кокса.

Библиографический список

1. Способ доменной плавки. В.Г. Воскобойников, Б.М. Герман, В.Т. Белолипецкий и др. А.с. СССР №1158591. - МКИ⁴ С 21в 3/00. - М.: Бюллетень ВНИИГПЭ СССР.-1985.-№20.
2. Способ ведения доменной плавки. Заявка №1-28802. Япония. - МКИ⁴ С 21 В 5/00. - Изобретения за рубежом. - М.: ВНИИГПЭ, 1982.
3. Бочка В. В. Распределение материалов на колошнике доменной печи при частичной замене кокса кусковым углем. Труды V Международного конгресса доменщиков. - Днепропетровск: Пороги, 1999. - с. 315-317.
4. Бочка В.В., Сиваков М.И. Некоторые особенности поведения каменных углей в столбе шихты доменных печей. Теория и практика производства чугуна. Сборник трудов международной научно-технической конференции. - Кривой Рог: ОАО «Криворожсталь». -2004. - С. 438-442.
5. Некоторые особенности выплавки чугуна при использовании кусковых заменителей кокса. В.В. Бочка, Е.Г. Донсков, Г.П. Костенко, Ю.Н. Пустыльников. Сборник трудов международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании». - Варна, Болгария, 3-10.06 2005. - Днепропетровск: Пороги, - С. 44-47.
6. Доменное производство: Справочное издание. В 2-х т. Т.1. Подготовка руд и доменный процесс / Под ред. Вегмаиа Е.Ф. - М.: Металлургия- 1989 - 496 с.
7. ГОСТ 28946-91. Кокс каменноугольный. Метод определения прочности на сбрасывание.

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Петрушовым С.Н.