

УДК 662.74

А.В. ЕМЧЕНКО*(канд.техн.наук), **С.А. МЕДЯНЦЕВ*** (канд.техн.наук),
С.Л. ЯРОШЕВСКИЙ** (д-р техн.наук, проф.),

А.В. КУЗИН**(канд.техн.наук, доц.)

* "Донецксталь" – металлургический завод, Донецк

** Донецкий национальный технический университет, Донецк

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ КОКСА РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ КРУПНОСТИ

Современная технология доменной плавки с вдуванием больших количеств пылеугольного топлива нуждается в применении кокса высокого качества. В работе проведены исследования по оценке качества отдельных классов крупности металлургического кокса. Исследования металлургического кокса показали, что наилучшими показателями по прочностным характеристикам (M25, M10, CSR, CRI) при комплексной их оценке обладают классы кокса 40 60 и 60 80 мм. Рекомендовано в скиповый кокс выделять указанные классы при ограничении класса 25-40 мм и полном отсутствии класса >80 мм.

Ключевые слова: металлургический кокс, скиповый кокс, прочностные показатели, горячая прочность кокса.

Постановка проблемы

Многолетний опыт доменной плавки показал, что современная доменная технология с вдуванием больших количеств дополнительного вида топлива в горн печи, в частности пылеугольного топлива (ПУТ), не может быть осуществлена при использовании кокса низкого качества. В последнее время при вдувании ПУТ в горн доменной печи роль кокса как разрыхлителя существенно возросла в связи со снижением его доли в шихте с 50-55 до 40% и ниже, в результате чего существенно повысились нагрузки на кокс. В результате этого одним из важнейших вопросов при освоении технологии доменной плавки с вдуванием ПУТ является повышение качества кокса. Ввиду этого актуальным становится вопрос о качестве отдельных классов крупности металлургического кокса, выделяемых в скиповый кокс.

Анализ последних исследований и публикаций

Изучению динамики разрушения различных классов крупности кокса вне доменной печи посвящено немало работ. К концу XX столетия уже были проведены работы по изучению динамики разрушения общей массы различных коксов и отдельных их фракций в барабанах и при сбрасывании на металлическую плиту [1-3].

Было определено, что кокс класса >80 мм по сравнению с коксом классов 25-40, 40-60 и 60-80 мм больше изменяет свой гранулометрический состав при последовательном наложении разрушающих усилий, особенно это заметно на начальных стадиях разрушения [1].

В работе [2] показано, что кокс крупностью 40-60 мм, составляющий основу современного доменного кокса, отличается сравнительно низкой трещиноватостью и меньшей склонностью к истиранию. Высокие прочностные качества обнаруживаются также при сравнительном разрушении в испытательном барабане класса кокса 25-40 и 60-80 мм.

Авторами работы [3] показано, что кокс крупностью >80 мм вследствие его малой прочности уже после 200-250 оборотов барабана образует самый мелкий продукт. Классы кокса 40-60 и 60-80 мм в широком диапазоне изменений истирающих и дробящих нагрузок остаются крупнее кокса 25-40 мм. При воздействии только ударных нагрузок фракция 25-40 мм остаётся наименьшей из всех классов кокса при любом количестве сбрасываний [3].

На основании полученных результатов можно сделать обобщённый вывод о том, что кокс класса 25-40 мм уступает по своим физико-механическим свойствам коксу классов 60-40 и 60-80 мм, но предпочтительнее кокса >80 мм.

В конце прошлого столетия в зарубежных странах начали широко использовать метод по оценке горячей прочности кокса (CSR) и его реакционной способности (CRI) и эти показатели достаточно широко применяются на металлургических предприятиях [4-7]. В Украине стандарт ДСТУ 4703:2006 по определению показателей CSR и CRI введен в действие 2008 г.

В работах [8, 9] приведены результаты исследования по определению показателей горячей и холодной прочности кокса от его фракционного состава (табл. 1).

Таблица 1 – Качество металлургического кокса в зависимости от его гранулометрического состава (по данным [8, 9]).

Показатели	Класс крупности (мм) кокса, %				
	>80	60-80	40-60	25-40	10-25
Значение CSR, %					
ОАО «Алтай-кокс»	56,3	57,3	57,5	58,8	-
ОАО «ММК»	57,9	58,4	59,4	60,7	56,9
Значение CRI, %					
ОАО «ММК»	30,3	30,0	29,5	29,0	30,7
Значение M_{25} , %					
ОАО «Алтай-кокс»	85,1	85,2	85	84,5	-
Значение M_{10} , %					
ОАО «Алтай-кокс»	8,1	8,1	7,9	7,9	-

Результаты исследования показали, что наибольшим значением по показателю CSR обладает кокс класса 25-40 мм при, однако, низком значении показателя M_{25} . Класс кокса 40-60 мм имеет более высокое значение показателя M_{25} при несколько худшем значении показателя CSR. Класс >80 мм обладает наихудшими показателями CSR и M_{25} . На основе проведенных исследований авторы приходят к заключению, что с точки зрения показателей горячей и холодной прочности наиболее оптимальным является использование металлургического кокса класса 40-60 мм [8].

На ПрАО «Донецксталь» - металлургический завод» (Донецк, Украина) осуществляется работа по освоению современного уровня доменной технологии с вдуванием ПУТ в количестве более 150 кг/т чугуна. В связи с этим возникла необходимость исследовать качество отдельных классов крупности металлургического кокса, выделяемых в состав скипового кокса.

Цель (задачи) исследования

Цель работы – оценить качество отдельных классов крупности металлургического кокса.

Методика проведения исследований

Сбор представительных проб кокса марки «Премиум» отдельных классов (25-40, 40-60, 60-80 и >80 мм) осуществлялся на ЧАО «Макеевкокс» (г. Макеевка, Украина) и ПАО «Ясиновский коксохимический завод» (ПАО «ЯКХЗ») (г. Макеевка, Украина) из нескольких партий при условии близких по составу используемых угольных шихт и технологических показателей при коксовании. Вес партии кокса, из которого осуществлялся отбор проб, составлял не менее 300 т.

Общий вес представительной пробы кокса для каждого класса крупности составлял не менее 250 кг. Рассев металлургического кокса по классам крупности осуществлялся согласно ГОСТ 5954.1-91. Исследования отдельных классов крупности кокса по определению механической прочности M_{25} и M_{10} проводились согласно ДСТУ 2206-93. Подготовка и проведение исследований отдельных классов крупности кокса на показатели CSR и CRI проводились согласно ДСТУ 4703:2006.

Проведение исследований кокса ЧАО «Макеевкокс»

В табл. 2 приведены данные качества кокса марки «Премиум» ЧАО «Макеевкокс», отобранные для проведения исследований. На рис 1. приведены результаты исследования качества отдельных классов крупности металлургического кокса. Из рис. 1 видно, что наилучшими показателями CSR и CRI обладают классы кокса 60-80 и 40-60 мм. Так, например, значение CSR у классов 60-80 и 40-60 мм выше, чем у класса 25-40 мм. По мере снижения класса крупности значение показателя M_{25} кокса изменяется с 90,1 до 88,4 %, а CRI – с 29,3 до 35,9 %.

Таблица 2 – Показатели качества кокса марки «Премиум» ЧАО «Макеевкок».

Технический анализ, %				Класс крупности (мм) кокса, %					Показатели прочности, %			
W	A ^c	S	ЛВ	>80	60-80	40-60	25-40	<25	M ₂₅	M ₁₀	CRI	CSR
4,6	10,7	0,70	0,80	3,8	26,1	48,2	18,0	3,9	88,1	7,2	31,5	56,5
4,7	10,5	0,71	0,80	4,4	24,7	45,1	22,3	3,5	88,5	6,8	30,1	59,1
7,0	10,0	0,69	0,80	4,3	20,5	47,0	24,4	3,8	88,7	6,7	34,4	55,5

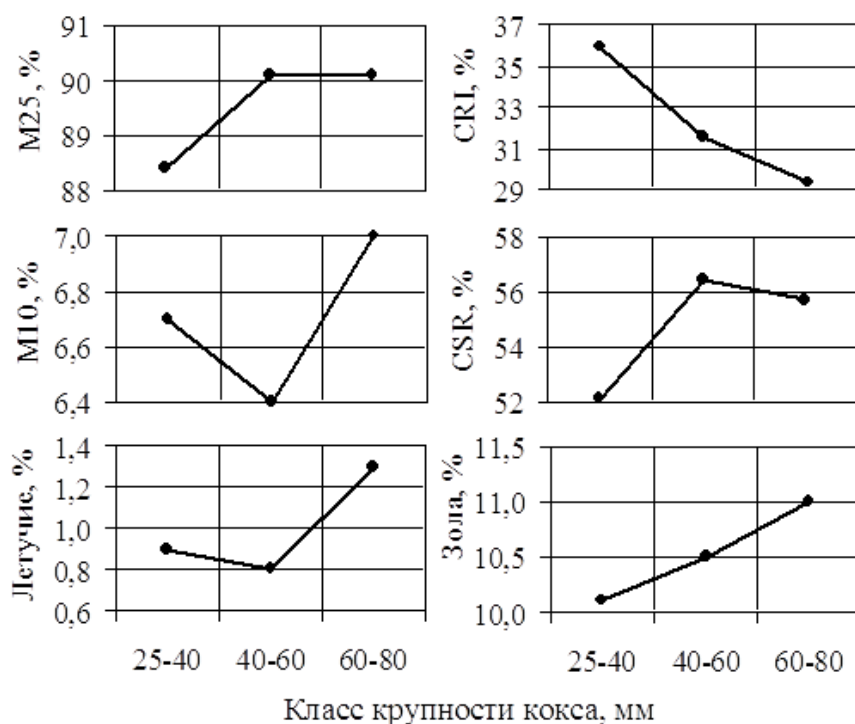


Рисунок 1 – Изменение основных показателей качества кокса марки «Премиум» ЧАО «Макеевкок» от его крупности.

Однако, в связи с недостаточным количеством отобранного кокса класса >80 мм в условиях ЧАО «Макеевкок» для проведения исследований данные результаты имеют незаконченный вид.

Проведение исследований кокса ПАО «ЯКХЗ»

Проведено исследование качества отдельных классов крупности металлургического кокса «Премиум» ПАО «ЯКХЗ».

Провели два параллельных опыта по определению основных показателей качества отдельных классов крупности металлургического кокса, а полученные значения усреднялись. Отобранные для анализа пробы кокса характеризовались низким колебанием золы: колебание золы по классам кокса составляло 9,8-10,1%.

Из рис. 2 видно, что по показателю CSR наилучшими были классы кокса 60-80 и 40-60 мм (54,6 и 53,5% соответственно), наихудшими – 25-40 и >80 мм (50,1 и 48,5% соответственно).

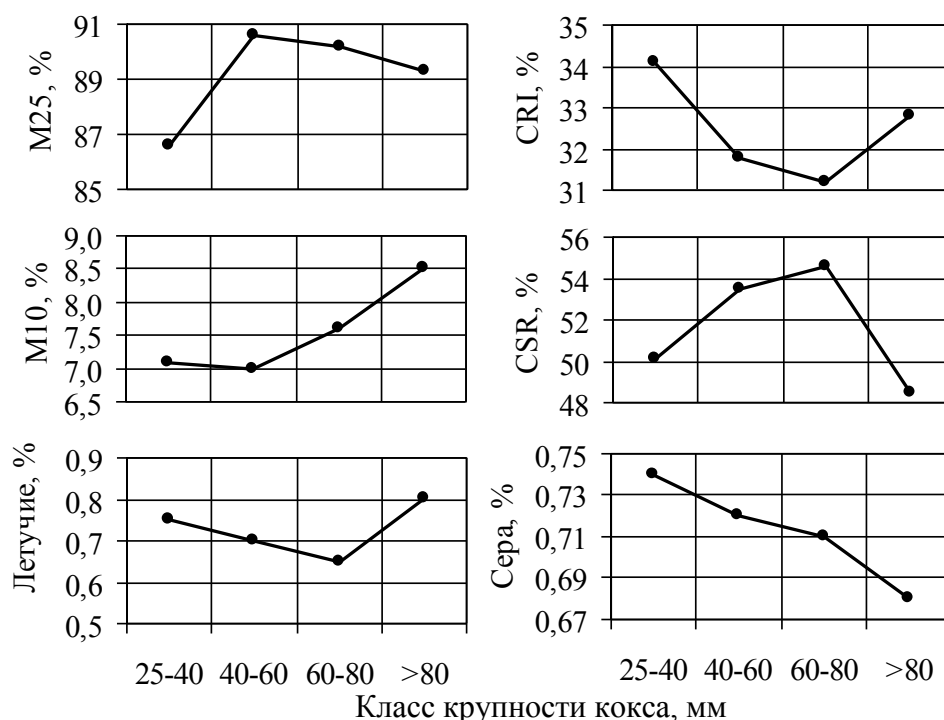


Рисунок 2 – Изменение основных показателей качества кокса марки «Премиум» ПАО «ЯКХЗ» от его крупности.

Значение показателя M_{25} классов кокса увеличивается от 86,6 до 90,6% в следующем порядке: 25-40, >80, 60-80 и 40-60 мм. Причем высокие значения показателя M_{25} имеют классы 40-60, 60-80 и >80 мм (соответственно 90,6, 90,2 и 89,3%), а минимальное – 25-40 мм (86,6 %).

Самое низкое значение показателя M_{10} было зафиксировано у класса кокса >80 мм, а максимальное – у класса кокса 60-80, 25-40 и 40-60 мм в порядке улучшения показателя.

Таким образом, на основании полученных результатов показано, что с точки зрения технологических показателей качества кокса наиболее оптимальными фракциями для выделения их в скиповый кокс являются классы 60-80 и 40-60 мм. Содержание класса 25-40 мм в скиповом коксе желательно поддерживать на минимально возможном уровне для обеспечения наилучшей газопроницаемости коксовой линзы. Наихудшими показателями обладает класс кокса >80 мм, ввиду этого содержание данного класса в скиповом коксе необходимо максимально снижать вплоть до полного его удаления.

Выводы

Оптимальными фракциями для выделения их в скиповый кокс, имеющие максимально лучшие показатели, являются классы 60-80 и 40-60 мм. Содержание класса 25-40 мм в скиповом коксе желательно ограничивать, а класс >80 мм – полностью выделять из скипового кокса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шукин П.А. Исследование свойств металлургического кокса / П.А. Шукин. – М.: Металлургия, 1971. – 184 с.
2. О ситовом составе кокса для доменной плавки / Л.З. Ходак, Б.А. Гесс-Де-Кальве, Ю.И. Борисов [и др.] // Кокс и химия. – 1974. – № 7. – С. 20-24.
3. Об оптимальной крупности кокса для доменной печи / В.А. Улахович, К.К. Шкодин, А.П. Котов [и др.] // Сталь. – 1982. – № 12. – С. 34-38.
4. Оценки технологических свойств доменного кокса / А. Констачак, В. Сабела, Р. Будзик [и др.] // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 1998. – № 11. – С. 10-12.
5. Плужников А.И. Критерии оценки качества доменного кокса. Перспективы его улучшения на ОАО «Испат-Кармет» / А.И. Плужников, О.Г. Риферт, А.А. Трембач // Кокс и химия. – 2001. – № 1. – С. 8-10.
6. Ухмылова Г.С. Оптимизация качества доменного кокса на металлургическом заводе в Линце / Г.С. Ухмылова // Новости черной металлургии за рубежом. - 1996. – № 2. – С. 127-130.
7. Ухмылова Г.С. Стратегия металлургического завода в Таранто фирмы «Илва» по использованию кокса и угля в доменном производстве / Г.С. Ухмылова // Кокс и химия. – 1993. – № 7. – С. 18-20.
8. Исследование зависимости параметров прочности металлургического кокса от его гранулометрического состава / В.А. Венц, А.Н. Черемискина, Н.И. Киселёв [и др.] // Кокс и химия. – 2006. – № 11. – С. 12-27.
9. Прочностные характеристики коксового орешка различного происхождения / С.К. Сибатуллин, А.С. Харченко, Е.О. Теплых [и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2012. – № 1. – С. 19-21.

Надійшла до редакції 08.11.2012

Рецензент канд. техн. наук, доц. В.В. Кочура

А.В. Ємченко *, С.А. Медянцев *, С.Л. Ярошевський **, А.В. Кузін **

* "Донецьксталь" – металургійний завод, Донецьк

** Донецький національний технічний університет, Донецьк

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОКСУ РІЗНИХ КЛАСІВ КРУПНОСТІ

Сучасна технологія доменної плавки із вдуванням більших кількостей пиловугільного палива потребує застосування коксу високої якості. У роботі проведені дослідження з оцінки якості окремих класів крупності металургійного коксу. Дослідження металургійного коксу показали, що найкращі показники за міцнісними характеристиками (M25, M10, CSR, CRI) при їхній комплексній оцінці мають класи коксу 40 60 та 60 80 мм. Рекомендовано в скиповий кокс виділяти зазначені класи при обмеженні класу 25-40 мм і повній відсутності класу >80 мм.

Ключові слова: металургійний кокс, скіповий кокс, міцнісні показники, гаряча міцність коксу.

A.V. Yemchenko *, S.A. Medyantsev *, S.L. Yaroshevskiy **, A.V. Kuzin **

*CJSC "Donetsksteel"-Metallurgical Plant", Donetsk

**Donetsk National Technical University, Donetsk

STUDY OF THE STRENGTH PROPERTIES OF VARIOUS COKE SIZE CLASSES

Long experience in blast furnace melting showed that modern blast furnace technology with injection of large amounts of extra fuel in the furnace hearth, particularly pulverized coal fuel, cannot be fulfilled with the use of poor quality coke. Therefore, the question becomes relevant as for the quality of separate class of coke size, produced as skip coke. The selection of coke classes of 25-40, 40-60, 60-80 and >80 mm was fulfilled at chemical-recovery plants, the weight of individual classes of coke being >250 kg. Sieving of metallurgical coke by size classes was conducted in accordance with GOST 5954.1-91, identification of the mechanical strength of coke on M25 and M10 – according to DSTU 2206-93, identification of indicators of coke CSR and CRI – according to DSTU 4703:2006. The studies of the quality of separate classes of coke size for conditions of PJSC «Makeevka Coking Plant» are fulfilled. It is shown that the best indicators of CSR and CRI have coke classes of 60-80 and 40-60 mm. For example, the value of CSR for classes 60-80 and 40-60 mm is higher than for the class of 25-40 mm. As the coke size lowers the index value M25 of coke changes from 90.1 to 88.4%, and CRI – from 29.3 to 35.9%. However, because of the insufficient amount of the selected coke class of >80 mm for the research the results are unaccomplished. The studies of the quality of separate classes of coke size for conditions of PJSC «Yasinovka Coking Plant» are fulfilled. It is shown that in terms of CSR the best coke classes were 60-80 and 40-60 mm (54.6 and 53.5% respectively), the worst – 25-40 and >80 mm (50.1 and 48.5% respectively). The index value M25 of coke increases from 86.6 to 90.6% in the following order: 25-40, >80, 60-80 and 40-60 mm. The lowest index value of M10 was observed with coke class of >80 mm, and the maximum in the order it increases – with the coke class of 60-80, 25-40 and 40-60 mm. Optimal fractions to produce skip coke with the best possible rates, are classes of 40-60 and 60-80 mm.

Keywords: metallurgical coke, skip coke, strength indices, the hot strength of coke.

УДК 669.162.463.2:721.4

А.М. ЗБОРЩИК (д-р техн.наук, проф.), **Ю.Ю. КУЛИШ**

Донецкий национальный технический университет, Донецк

ВЛИЯНИЕ НИТРИДООБРАЗОВАНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕСУЛЬФУРАТОРА ПРИ ИНЖЕКТИРОВАНИИ МАГНИЯ В ЧУГУН АЗОТОМ

Проанализированы результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния применяемого в качестве транспортирующего газа азота на эффективность использования магния для внедоменной десульфурации чугуна. Показано, что значительных потерь магния в результате взаимодействия с азотом не происходит. Это поз-