

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ
ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ПРОЧНОСТНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК КОКСА**MODERN CONCEPTS OF DETERMINATION OF
COKE STRENGTH CHARACTERISTICS

© 2013 Медянцеv С.А., к.т.н.
(ПАО «Донецксталь»-МЗ»),
Саенко А.К., Дудяк В.Н. (ПАО «ЯКХЗ»),
Шмалько В.М., к.т.н., Шульга И.В., к.т.н.
(ГП «УХИИ»)

Medyantsev S.A., **PhD in technical sciences**
(PRSC «Donetsksteel»-MP»),
Saenko A.K., Dudyak V.N.
(PJSC “Yasinovsky Coking Plant”),
Shmalko V.M., PhD in technical sciences,
Shulga I.V., PhD in technical sciences
(SE “UKHIN”)

В статье дан анализ способов определения прочностных характеристик металлургического кокса. Отмечена роль показателей реакционной способности (CRI) и послереакционной прочности кокса (CSR), разработанных фирмой Nippon Steel Corporation (NSC). Показана необходимость выпуска в Украине кокса улучшенного качества, предназначенного для использования в доменных печах одновременно с пылеугольными топливом. Дан анализ некоторых особенностей определения показателей CRI и CSR.

The article analyzes the methods of determining of the strength characteristics of metallurgical coke. The role of the Coke Reaction Index (CRI) and Coke Strength after Reaction (CSR) developed by Nippon Steel Corporation (NSC) has been shown. The necessity of production in Ukraine improved quality of coke for use in blast furnaces together with pulverized coal has been detected. The analysis of some characteristics for determination CRI and CSR indicators has been given.

Ключевые слова: кокс, пылеугольное топливо, реакционная способность, послереакционная прочность, методика.

Keywords: coke, Nippon Steel Corporation, reaction index, strength after reaction, technique.

В стоимости чугуна в Украине затраты на кокс составляют более половины [1], что является мощным стимулом для поиска возможностей снижения его потребления, особенно в связи с неблагоприятными для Украины тенденциями на мировом рынке металлопродукции.



Высокие расходы на кокс стимулируют ужесточение требований металлургов к качеству кокса и подталкивают их к дальнейшему развитию в Украине технологий вдувания пылеугольного топлива (ПУТ) в доменном производстве.

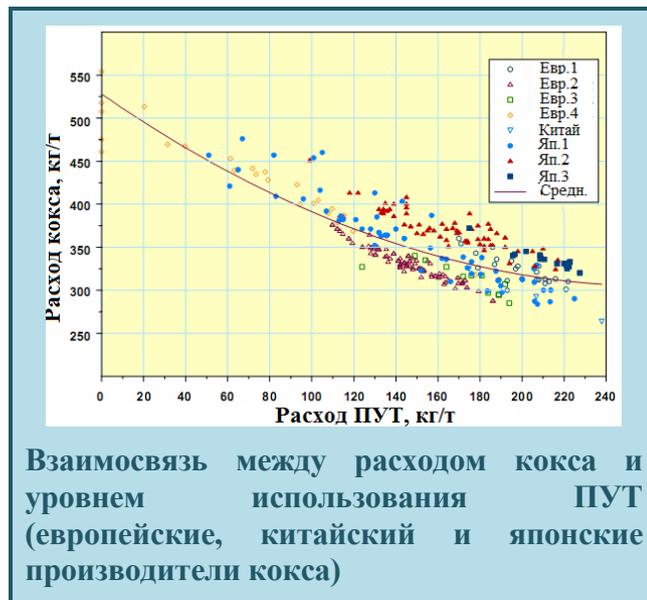
За последние годы технология ПУТ определяет развитие и эффективность доменной технологии, что позволяет сократить расход кокса при выплавке чугуна [2].

Освоение технологий с использованием ПУТ и иных заменяющих кокс восстановителей (угольная пыль, мазут, отработанная пластмасса) привело к увеличению рудных нагрузок на кокс с 34 до 57 т/т [2], что и потребовало значительного повышения качества кокса, особенно по прочности. Очевидно, что улучшение качества кокса является важнейшим и необходимым компенсирующим мероприятием при работе доменных печей с применением ПУТ.

Известно, что кокс выполняет три функции в доменной печи, а именно: топлива для плавки чугуна и шлака; восстановителя железа и разрыхлителя, обеспечивающего необходимую газопроницаемость столба шихтовых материалов и нормальный дренаж жидких продуктов плавки [3-5]. В верхних горизонтах доменной печи кокс должен быть реакционноспособным для осуществления реакций восстановления железа, в то время как для удерживания рудной массы требуется его низкая реакционная способность и высокая прочность [5].

Функции разрыхлителя кокс преимущественно выполняет в нижних горизонтах доменной печи при высоких температурах, оставаясь твёрдым кусковым материалом, в то время когда рудные материалы находятся в размягчённом состоянии и в виде расплава [5].

Любые другие заменители кокса лишь частично могут принимать на себя функции восстановителя и источника тепла [6]. Кокс как разрыхлитель заменить нечем, потому что он единственный компонент доменной шихты, который остается в твердой фазе на нижних горизонтах печи в зоне высоких температур и обеспечивает нужную газопроницаемость засыпки и дренаж жидких продуктов плавления [7].



На рисунке приведена зависимость расхода кокса от степени замещения его ПУТ по данным [8].

Поскольку кокс является самым дорогим компонентом доменной шихты, в современном доменном производстве для снижения затрат на кокс в больших масштабах используют и другие виды топлива, которые поступают в доменную печь вместе с нагретым дутьем или коксом. Главными видами заменителей кокса в мире являются:

1. Природный газ. Приоритет в использовании природного газа в доменных печах принадлежал СССР, где 1000 м^3 природного газа стоили в девять раз дешевле, чем тонна кокса [9]. В настоящее время из-за непрерывного роста цены природного газа, большинство предприятий Украины отказалось от его использования в доменном производстве.

2. Коксовый газ. В 60^е-70^е годы XX века многие металлургические предприятия использовали коксовый газ в доменных печах. При вдувании коксового газа относительный расход кокса снижается на 5,2-7,6 %. В настоящее время интерес к этому вопросу, несмотря на относительно небольшую теплотворную способность коксового газа по сравнению с другими видами доменного топлива, постепенно возобновляется. [9].

3. Мазут и угольно-мазутные смеси. Этот заменитель кокса имеет высокую теплотворную способность, но он актуален только для стран, имеющих значительные собственные ресурсы нефти.

4. Горячие восстановительные газы, содержащие оксид углерода и водород. Для повышения эффективности использования углеводородов предложено вдувать в доменную печь не сырые газы и мазут, а продукты их конверсии (оксид углерода и водород), предварительно нагретые до $1200 \text{ }^\circ\text{C}$. Такие газы можно получить на установках газификации угля или сухого тушения и прокаливания кокса (УСТПК) [9].

5. Коксовый орех. Эффективность использования коксового ореха для частичной замены доменного кокса в периферийной части засыпки шихтовых материалов доказана в Украине работами специалистов ПАО «ЕМЗ» и ДонНТУ [10]. Однако ресурсы коксового ореха весьма ограничены – его выход от валового кокса не превышает нескольких процентов. К тому же коксовый орех является дефицитным топливом для другого важного металлургического производства – ферросплавного.

6. Антрацит. Опыт ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» свидетельствует о возможности использования для выплавки чугуна до 50 кг/т сортового антрацита как добавки к коксу с целью его частичной замены. Однако такой заменитель имеет большую реакционную способность, которая не соответствует требованиям доменного производства. Кроме того, сортового антрацита в Украине остро не хватает для малых энергетических установок и бытового использования в качестве топлива.

7. Пылеугольные суспензии – измельченный уголь в смеси с водой в соотношении уголь:вода равном 0,8-1,5. Для предупреждения разрушения суспензии в нее добавляют поверхностно-активные вещества (стабилизаторы). Такое решение позволяет облегчить процесс приготовления топлива, но требует дополнительных затрат тепла на выпаривание влаги в доменной печи.

8. Пылевидное угольное топливо. Сегодня этот заменитель кокса является самым распространенным в мире.

В Украине пылеугольное топливо (тощие угли, измельченные до 0,08-0,1 мм) используют в доменной печи № 1 и 2 ПАО «ДМЗ» в количестве до 160 кг/т чугуна [11]. Это позволяет снизить расход кокса до достаточно низкого для Украины уровня – 390 кг/т чугуна без использования природного газа [12].

Созданы и осваиваются установки ПУТ на ПАО «Алчевский металлургический комбинат» и ПАО «Запорожсталь». Освоена установка для использования пылеугольного топлива на доменных печах ПАО «ММК им. Ильича». Строительство аналогичных установок планируется и другими ведущими производителями чугуна в Украине [6].

В XX веке после фундаментальных исследований охлажденных доменных печей в СССР и Японии ученые и производственники изучали изменения структуры кокса в процессе доменной плавки. Было установлено, что кокс для доменной плавки должен характеризоваться узким диапазоном гранулометрического состава, высокой прочностью и низкой истираемостью, а также низкой реакционной способностью.

На основании полученных результатов был осуществлен ряд разработок методов, позволяющих оценить качество кокса и прогнозировать его поведение в доменной печи на различных горизонтах.

Показатели реакционной способности CRI (Coke Reaction Index) и послереакционной прочности CSR (Coke Strength after Reaction) разработанные фирмой Nippon Steel Corporation (NSC) во многих странах был принят в качестве стандарта. Согласно методу NSC определяют реакционную способность кокса по отношению к диоксиду углерода и его так называемую «горячую» прочность, т.е. прочность кокса, прошедшего высокую температуру в условиях, приближающихся к условиям реальной доменной плавки. В настоящее время метод оценки свойств кокса по методу NSC стандартизирован в Великобритании (BS 426 261 984), в США (ASTM D 5341-93) и широко применяется в Украине [13].

В методе NSC кокс реагирует при 1100 °С с газообразным диоксидом углерода по реакции Будуара:



В связи с высокой корреляцией между показателями CRI и CSR (коэффициент корреляции, как правило, около 0,9) авторы работы [14] предлагают использовать только один параметр – CRI.

Несмотря на то, что метод NSC получил широкое распространение в мире, он не лишен недостатков. Один из них – изменение со временем внутреннего диаметра рабочей реторты в зоне реакции [15]. Допуски по внутреннему диаметру реторты в международном стандарте ISO 18 894 установлены в Shoal Bay в 2003 году [16] на 78±1мм.

Однако, как нам представляется, допуски с такой точностью не имеют смысла. Реторты, выполненные, как правило, из жаропрочной стали или никелевого сплава имеют ограниченный срок службы (производители оборудования обычно указывают его на уровне 100-120 опытов). Ограниченность срока службы реторты означает, что реторты «прогорают», т.е. материал реторты в зоне загрузки кокса изнашивается до нарушения целостности стенок. Таким образом, внутренний диаметр реторты в реакционной зоне не является постоянной величиной в течение срока службы реторты. При толщине стенок 5 мм пределы изменения внутреннего диаметра реторты могут составлять не ±1 мм, а (при допущении равномерного износа стенок в зоне реакции) на порядок больше. Соответственно, внутренний диаметр реторты, выполненной согласно проекту международного стандарта ISO/DIS 18 894, теоретически может изменяться от 78 мм до 88 мм. Кстати, возможно, что изменение внутреннего диаметра реторт приводит к довольно

широкому разбросу данных по реакционной способности при межлабораторных испытаниях, в которых ПАО «ЯКХЗ» регулярно участвует.

В конечном итоге имеющиеся недостатки стимулировали разработки альтернативных методов. Так в Японии был разработан метод Kobe Steel, который отличается от NSC только конструкцией барабана и для которого значения прочности кокса (Kobe Steel Reaction Index, RSI) эквивалентны CSR, но значения отличаются на 10 единиц [17]. Т.е.:

$$RSI = SCR + 10 \quad (2).$$

В ЮАР фирмой Iscor Ltd. был разработан метод динамических испытаний кокса в горячем состоянии [18]. Этот метод отличается от NSC тем, что реакция с диоксидом углерода происходит при температуре 1100 °С, но во вращающемся барабане загрузки в 1500 г образца кокса с размерами кусков 25-30 мм. Барабан вращается со скоростью 3 об/мин в течение 120 мин., в то время как углекислый газ подается постоянно в количестве 37 л/мин. Тест, по мнению разработчиков, более точно имитирует поведение кокса в реальных условиях эксплуатации доменной печи. Согласно этому тесту получают два показателя: CO₂-RI (индекс реакционной способности кокса) и SARI-ID – индекс, который является мерой степени химической деградации кокса. Реакционная способность кокса по CO₂ рассчитывается следующим образом:

$$CO_2\text{-RI} = [(1500 - \text{масса после реакции}) / (1500)] \times 1000 \quad (3),$$

а прочность после реакции выражается как:

$$SARI\text{-ID} = [(\text{масса фракции, оставшейся на сите больше 10 мм}) / (\text{масса после реакции})] \times 100 \quad (4).$$

Кроме вышеописанных методик существуют также:

1. Методика по ГОСТ 10089 [19], которая определяет реакционную способность кокса по константе скорости его взаимодействия с углекислым газом. Преимущества метода: оперативность, простота подготовки пробы. Недостатки: метод не дает возможности оценивать термомеханическую прочность; крупность испытуемого кокса, влияющая на скорость гетерогенного взаимодействия, не соответствует реальной крупности доменного кокса.

2. Методика ИЧМ и Национальной металлургической академии Украины (бывший ДМетИ, г. Днепропетровск) [20], которая предусматривает определение реакционной способности (по степени потери массы) и прочности кокса после реакции с CO₂ в пробе фактической крупности массой 10-20 кг. Преимущества метода: получение данных для кокса фактической крупности. Недостатки: трудоемкость испытания, прочность кокса оценивается после реакции, то есть механическое воздействие происходит не одновременно с химическим и термическим.

3. Методика УХИНа [21], которая оценивает показатели свойств кокса в пробе крупностью 6-10 мм массой 600 г при одновременном термическом, механическом и химическом воздействии в специальной установке, представляющей собой вращающийся барабан с нагревом кокса электродуговым способом и окислением его в потоке воздуха. Определяются реакционная способность (по степени потери массы), термомеханическая прочность (остаток кокса крупнее 6 мм после испытания), средняя скорость истирания (скорость образования мелких классов при испытании). Преимущество метода: оценка показателей кокса при одновременном химическом, термическом и механическом воздействии, как это в реальности имеет место в доменной печи. Недостатки: отличие крупности испытуемого кокса от реальной. К тому же испытания производится при 600 °С в потоке воздуха, а в промышленных условиях доменной печи имеют место гораздо более высокие температуры и основным газифицирующим агентом является углекислый газ.

Таким образом, учитывая вышеизложенное, несмотря на недостатки метода NSC, последний нашел широкое практическое применение, регламентированное ISO 18894:2006.

Поэтому Ясиновский КХЗ впервые в Украине в 2003 г. приобрел установку производства фирмы Automazione (Италия) для испытания кокса по методу NSC и использовал ее для определения реакционной способности и «горячей» прочности еще до введения в Украине технических условий на кокс улучшенного качества.

Показатели холодной прочности $M_{25(40)}$ и M_{10} определяют газопроницаемость слоя шихты в доменной печи до зоны жидко-пластического состояния и коксовых окон в этой зоне. Показатели CRI и CSR определяют механическую прочность кокса в нижней части шахты печи, в зоне и ниже зоны жидко-пластического состояния, включая горн печи. Противопоставлять их или занижать важность для доменной плавки каждого из этих показателей некорректно.

Перечень требований к качеству кокса без использования технологии ПУТ и с ее использованием приведен в работе [22] (см. табл. 1).

Теоретическое и экспериментальное обоснование главных направлений улучшения свойств кокса в Украине позволило сформулировать требования к коксу повышенного качества, предназначенного для использования в доменных печах одновременно с пылеугольными топливом. Эти требования были обобщены в технических условиях ТУ У 23.1-00190443-086:2006, разработанных УХИНом и утвержденных в установленном порядке.

Таблица 1

Характеристика свойств кокса в Украине и кокса ведущих мировых производителей

Показатели и единицы измерения	Численные значения	
	Украина	Ведущие мировые производители
Реакционная способность CRI, %	35-40	≤ 30
Послереакционная прочность CSR, %	45-50	≥ 60
Механическая прочность в микум-барабане, %:		
M_{40}	68-70	≥ 80
M_{10}	7-8	≤ 7
Зольность сухой массы A^d , %	≤ 12	≤ 11
Сернистость общая на сухую массу S_t^d , %	≤ 2	≤ 1
Выход летучих веществ из сухой обеззоленной массы V^{daf} , %	≤ 1	≤ 1

Показатели качества продукции ПАО «ЯКХЗ»

Наименование показателя	Численное значение
Кокс доменный марки "Премиум", марка "КДП"	
Зольность A^d , %	10,7-11,0
Массовая доля общей серы S^{dc} , %	0,85-1,0
Массовая доля общей влаги W^{rb} , %, не более	6,0
Выход летучих веществ V^{daf} , %, не более	0,8
Индекс реакционной способности кокса CRI, %	26,0-29,0
Прочность остатка кокса после реакции CSR, %	57,0-60,0
Показатели прочности, %:	
M_{40} , не менее	78,0
M_{25} , не менее	88,0
M_{10} , не более	7,2
Массовая доля кусков размером, %, не более:	
более 80 мм	7,0-8,0
менее 25 мм	2,0-3,0
Кокс доменный, 25 мм и более	
Зольность A^d , %	11,0-11,5
Массовая доля общей серы S^{dc} , %, не более	1,2
Массовая доля общей влаги W^{rb} , %	5,0-6,0
Показатели прочности, %:	
M_{25} , не менее	87,0
M_{10} , не более	7,5
Массовая доля кусков размером, %, не более:	
более 80 мм	3,0-7,0
менее 25 мм	2,5-3,5

В настоящее время в результате проведенных производственных мероприятий по разработке угольных шихт и условий их коксования, обеспечивающих требуемые значения показателей CRI и CSR, ПАО «ЯКХЗ» выпускает кокс с характеристиками, приведенными в табл. 2 [23].

В настоящее время показатели индекса реакционной способности кокса CRI и прочности остатка кокса после реакции CSR в Украине определяют девять лабораторий. Лаборатория ПАО «ЯКХЗ» регулярно участвует в межлабораторных испытаниях приборов для определения качества кокса по методу NSC.

Кроме того, ПАО «ЯКХЗ» участвует в проводимых УХИНОм работах по межлабораторной аттестации стандартного образца кокса для определения реакционной способности и «горячей» прочности по ДСТУ 4703:2006. Такой стандартный образец в Украине и в мире не выпускается и разрабатывается впервые.

Стандартный образец свойств индекса реакционной способности кокса и прочности остатка кокса после реакции предназначен для метрологической аттестации методик выполнения измерений по ГОСТ 8.010-99 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений и контроля правильности и точности измерений при определении показателей индекса реакционной способности кокса и прочности остатка кокса после реакции по ДСТУ 4703:2006 (ISO 18894:2006) «Кокс. Определение индекса реакционной способности кокса (CRI) и прочности остатка кокса после реакции (CSR)» и в работах по межлабораторной аттестации стандартных образцов кокса.

Разработка и аттестация стандартного образца включает:

- отбор и подготовка исходного материала;
- исследование однородности материала;
- межлабораторную аттестацию образца;
- исследование стабильности материала;

– разработку, экспертизу и утверждение документации.

Проведено два раунда аттестации, в которых каждая из восьми участвующих лабораторий выполнила по пять параллельных определений показателей индекса реакционной способности и прочности остатка кокса после реакции по ГОСТ 4703:2006. УХИН проводил контроль качества выполнения измерений по программе межлабораторного эксперимента и статистическую обработку полученных данных в соответствии с ГОСТ 8.532-2003.

Исследование стабильности материала стандартного образца осуществляли с МИ 1952-88 «Государственная система обеспечения единства измерений. Стабильность стандартных образцов состава веществ и материалов. Методика оценки». Погрешность от нестабильности оценивали путем использования результатов, полученных по аттестованной методике. Вследствие прогнозирования значения погрешности от нестабильности был установлен срок годности экземпляров стандартного образца в течение 5 лет.

Метрологическую экспертизу разработки проводил УХИН – головная организация метрологической службы Минпромполитики Украины, центр стандартных образцов.

Экспериментальные данные, полученные в ходе межлабораторной аттестации, свидетельствуют о том, что аттестованные значения метрологических характеристик стандартного образца и их погрешности соответствуют заданным (табл. 3).

Заданные уровни ошибок аттестованного значения $\Delta_{ат}$ в табл. 3 соответствуют требованиям ДСТУ 4703:2006 (табл. Е1, стр.14). Как видно из данных табл. 3 фактические значения результатов определения этих ошибок значительно ниже заданных.

Таблица 3

Заданные и фактические значения метрологических характеристик стандартного образца (%)

Метрологические характеристики	Заданные значения в соответствии с ДСТУ 4703:2006		Фактические значения результатов межлабораторной аттестации	
	Аттестованное значения \hat{A}	Ошибка аттестованного значения $\Delta_{ат}$	Аттестованное значения \hat{A}	Ошибка аттестованного значения $\Delta_{ат}$
CRI	22,0-35,0	$\leq 5,0$	29,8	1,3
CSR	45,0-60,0	$\leq 8,0$	58,1	1,5

Результаты межлабораторной аттестации позволяют сравнить данные, полученные в ЦЗЛ ПАО «ЯКХЗ» и центральной лаборатории качества ПрАО «Донецксталь»-МЗ», и погрешности измерений в этих лабораториях. Всего в течение двух туров межлабораторной аттестации было получено 13 результатов измерений в ЦЗЛ ОАО «Ясиновский КХЗ» и 10 результатов в центральной лаборатории качества ПрАО «Донецксталь»-МЗ».

**Результаты определений в ЦЗЛ ПАО «ЯКХЗ» и центральной лаборатории качества
ПрАО «Донецксталь»-МЗ» (%)**

i	ЦЗЛ ПАО «ЯКХЗ»		Центральная лаборатория качества ПрАО «Донецксталь» – МЗ»	
	CRI	CSR	CRI	CSR
1	26,7	59,9	31,6	57,8
2	28,7	59,1	30,2	58,8
3	27,1	60,4	31,8	58,1
4	28,9	58,6	31,0	58,2
5	26,8	59,7	30,7	58,0
6	28,3	58,7	27,8	60,4
7	26,6	60,6	29,0	60,2
8	28,3	58,7	28,4	59,8
9	28,4	57,5	28,7	60,2
10	28,6	56,5	28,7	60,2
11	28,1	57,4	-	-
12	28,5	57,6	-	-
13	28,3	57,8	-	-
\bar{x}	27,9	58,7	30,0	59,2
s	0,83	1,26	1,46	1,11

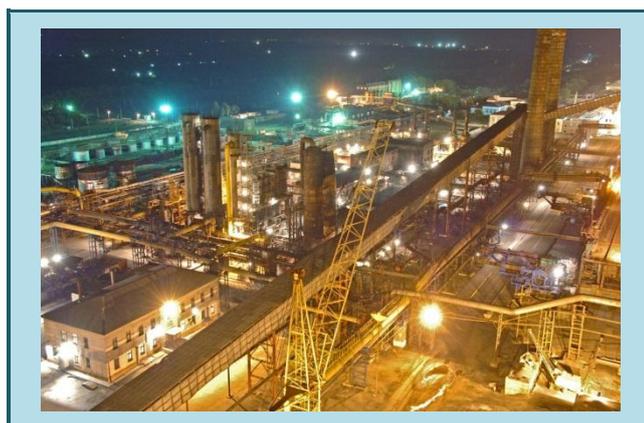
Абсолютные расхождения результатов определения между двумя лабораториями составили:

- по показателю CRI: $30,0 - 27,9 = 2,1$ %;
- по показателю CSR: $59,2 - 58,7 = 0,5$ %.

По требованиям международного стандарта ISO 18894:2006, модифицированная версия которого (с отдельными техническими изменениями) действует в Украине как ДСТУ 4703:2006, предельные значения различий воспроизводимости результатов определения одной пробы, полученных в двух лабораториях, не должны превышать в соответствии с табл. Е.1 ДСТУ 4703:2006 (ISO 18894:2006, MOD) следующих значений:

- по показателю CRI 3,5 % (при уровне значений показателя не более 33 %) ;
- по показателю CSR 4,5 % (при уровне значений показателя не менее 55 %) .

Полученные различия между результатами двух лабораторий значительно меньше (в 1,4-9,0 раз), чем допустимые. Т.е. погрешности измерения в двух лабораториях незначимо отличаются от погрешностей метрологических характеристик стандартного образца, обусловленных погрешностями применяемой методики и неоднородностью материала, которая сведена к минимуму при изготовлении стандартного образца, но полностью устранена быть не может в принципе. Итак, другие факторы, в том числе и конструктивные особенности используемого оборудования, не оказывают существенного влияния на погрешности измерений.



Концепция производства кокса улучшенного качества марки «Премиум» включает формирование соответствующей угольной сырьевой базы. ПрАО «Донецксталь» МЗ», ПАО «ЯКХЗ» и ЧАО «Макеевкокс» совместно с ГП «УХИН» сформулировали для своих условий следующие основные положения:

- базовым компонентом должен быть уголь ПАО «Шахтоуправление «Покровское», являющийся собственным активом компании;
- изыскание ресурсов жирных углей для повышения общей спекаемости шихты с учетом требований к качеству кокса;
- изыскание возможности включения в шихту отошающих компонентов как низких, так и высоких стадий метаморфизма без ухудшения качества кокса с целью удешевления шихты [24].

Одним из наиболее привлекательных свойств угля ПАО «Шахтоуправление «Покровское» является химический состав его минеральной части (золы), характеризующийся невысоким содержанием основных оксидов (прежде всего Fe_2O_3) и низким основно-кислотным отношением (I_0). Данное обстоятельство делает этот уголь весьма ценным для коксования при получении низкорекреационного кокса и определяет его высокую потребительскую стоимость [25].

Таким образом, определение показателей CRI и CSR в настоящее время является одним из ключевых факторов разработки комплекса технологических мероприятий для производства кокса улучшенного качества марки «Премиум».

Библиографический список

1. Ковалев Е.Т. Формирование свойств кокса. Реакционная способность / Е.Т.Ковалев, В.М.Шмалько, И.В.Шульга, А.В.Рыщенко // Углекимический журнал. – 2006. – № 5-6. – С. 13-20.
2. Филатов Ю.В. Эффективность применения кокса улучшенного качества («Премиум») при работе доменных печей с использованием пылеугольного топлива / Ю.В.Филатов, А.Н.Рыженков, А.В.Емченко, В.Е.Попов, А.И.Дрейко, С.Л.Ярошевский, И.В.Мишин // Бюл. Черная металлургия. – 2011. – № 1. – С. 30-40.
3. Дышлевич И.И. Доменное производство Украины: новый подход к оценке качества кокса / И.И.Дышлевич, Н.Н.Изюмский, В.А.Журавлев // 8-й международный семинар «Уголь в металлургии и энергетике». Сб. докладов. Ялта, 2002. – С. 21-34.
4. Кузин А.В. Оценка гранулометрического состава кокса и порозности в нижней части доменной печи / А.В.Кузин, С.Л.Ярошевский Р.В.Ковальчик, А.А.Томаш // Сб. научн. тр. ДонГТУ. – 2008. – Вып. 27. – С. 192-200.
5. Naito M. Function of coke in a blast furnace. Development of Production and Utilization Technology of Coke with High Strength and High Reactivity / M.Naito, S.Nomura, K.Kato // Tetsu-to-Hagané. – 2010. – Vol. 96. – No. 5. – S. 17-24.
6. Ярошевський С.Л. Ресурсозберігаючі технології металургійного виробництва на основі використання українського вугілля / С.Л.Ярошевський, А.В.Ємченко, І.В.Шульга, А.Г.Старовойт, О.М.Кузнєцов, В.Г.Гусак, С.І.Кауфман, Ю.В.Філатов, О.І.Коло-мійченко, В.Є.Попов. – Харків: Контраст, 2012. – 204 с.
7. Гусак В.Г. Теория и практика подготовки металлургического кокса к доменной плавке / В.Г.Гусак, А.М.Кузнєцов, А.В.Емченко, В.Е.Попов, А.В.Кузин. – К.: Наукова думка, 2011. – 216 с.
8. Bennett P. Impact of PCI Coal Quality on Blast Furnace Operations / P.Bennett, T.Fukushima / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.coaltech.com.au/LinkedDocuments/Bennett_Fukushima.pdf.
9. Ярошевський С.Л. Ресурсозберігаючі технології металургійного виробництва на основі використання українського вугілля / С.Л.Ярошевський, А.В.Ємченко, І.В.Шульга, А.Г.Старовойт [та ін.]. – Харків, ІПЦ Контраст, 2012. – 203 с.

10. **Ярошевский С.Л.** Подготовка и использование коксового орешка в доменной плавке / **С.Л.Ярошевский, Н.С.Хлапонин, А.М.Кузнецов, А.В.Кузин.** – Донецк: УНИТЕХ, 2006. – 68 с.
11. **Ярошевский С.Л.** Эффективность пылеугольной технологии за счет полной и комплексной компенсации нарушений технологического процесса выплавки чугуна в доменной печи / **С.Л.Ярошевский, Н.В.Голухин, В.П.Ивлев, В.Е.Попов, С.А.Иванов, А.И.Дрейко** // *Металлургические процессы и оборудование.* – 2010. – № 2. – С. 9-17.
12. **Ярошевский С.Л.** Ресурсы и эффективность полной и комплексной компенсации при использовании пылеугольного топлива в доменной плавке / **С.Л.Ярошевский, А.В.Емченко, В.Е.Попов, А.И.Дрейко, Н.В.Голухин, З.К.Афанасьева** // *Бюл. Черная металлургия.* – 2010. – № 7. – С. 40-50.
13. ДСТУ 4703:2006 Кокс. Метод визначення індексу реакційної здатності коксу (CRI) і міцності залишку коксу після реакції (CSR) (ISO 18894:2006, MOD).
14. **V.P.Lyalyuk, V.A.Sheremet, A.V.Kekuh, P.I.Otorvin, A.K.Tarakanov, D.A.Kassim.** Investigation of Coke Reactivity Effect on Parameters of Blast Furnace Operation / **V.P.Lyalyuk, V.A.Sheremet, A.V.Kekuh, P.I.Otorvin, A.K.Tarakanov, D.A.Kassim** // *Metallurgical and Mining Industry.* – 2010. – Vol. 2. – No. 5. – S. 317-323.
15. **Szmalko V.M.** Wplyw srednicy wewnetrznej retort na oznaczanie zdolnosci reakcyjnej metoda Nippon Steel Corporation / **V.M.Szmalko, N.V.Tolmaczov, E.T.Kovaliov** // *Karbo.* – 2006. – № 1. – S. 28-30.
16. **Reifenstein A.** The Coke reactivity test. Critical parameters // **A.Reifenstein, M.Machoney.** – Presentation to ISO TC27 SC3 / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.acarp.com.au/abstracts.aspx?repId=C12004>.
17. **Pearson D.E.** Influence of Geology on CSR (Coke Strength After Reaction With CO₂), *Pearson Coal Petrography* / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.coalpetrography.com/library/pdf/GeologyCSR.pdf>.
18. **Barry Ryan W.H.** Blast-furnace coke: A coal-blending model / **W.H. Barry Ryan, R.J. Dippenaar** // *J.S. Afr. Inst. Min. Metal.* – V. 91. – No. 2. – S. 53-61.
19. **Скляр М.Г.** Химия твердых горючих ископаемых. Лабораторный практикум / **М.Г.Скляр, Ю.Б.Тютюнников.** – К.: Вища школа, 1985. – 248 с.
20. **Пинчук С.И.** Промышленная установка для определения физико-химических свойств доменного кокса / **С.И.Пинчук, А.С.Брук, А.Д.Джигота [и др.]** // *Бюл. Черная металлургия.* – 1977. – № 23. – С. 41-43.
21. **Скляр М.Г.** Методы комплексной оценки свойств кокса как доменного топлива / **М.Г.Скляр, В.Х.Данг** // *Кокс и химия.* – 1990. – № 6. – С. 48-51.
22. **Kovaliov E.T.** Charakterystyka jakosciowa i strukturalna koksov z Ukrainy / **Kovaliov E.E., Szmalko W.M., Szulga** // *Karbo.* – 2007. – Wydanie specjalne. – S. 30-37.
23. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://yakhz.donetsksteel.com/products/tu/>.
24. **Филатов Ю.В.** Концепция развития угольной сырьевой базы для производства кокса марки «Премиум» / **Ю.В.Филатов, В.И.Чаленко, Е.Т.Ковалев, И.Д.Дроздник** // *Углекимический журнал.* – 2013. – № 6. – С.12-19.
25. **Дроздник И.Д.** Угли для коксования и пылеугольного топлива / **И.Д.Дроздник, А.Г.Старовойт, В.Г.Гусак, Ю.В.Филатов, А.В.Емченко.** – Харьков: ИПЦ Контраст, 2011. – 187 с.

Рукопись поступила в редакцию 12.09.2013



Поздравляю Ясиновских коксохимиков с 60-летием!

На юбилейных датах видна быстротечность времени. Несколько десятков лет назад Ясиновский коксохимический завод был молодым предприятием с передовой технологией, и сегодня ПАО «ЯКХЗ» остается одним из флагманов отечественной коксохимии.

Этот завод всегда отличался технологической изюминкой. На нем была освоена современная углеобогатительная фабрика, которая позволяла получать максимальный выход угольного концентрата из рядового угля. Впервые в отечественной коксохимии пущена ректификация сырого бензола с гидроочисткой, освоена высокотехнологичная система водоподготовки и многие другие процессы.

Следует отметить, что эти процессы внедрялись не только в советский период. Уникальным является пуск батареи № 5 в 2002 году. При нормативном сроке окупаемости 7 лет батарея окупилась за 8 месяцев. Естественно, что в этом достижении значительная доля принадлежит конъюнктуре рынка, но высокий профессионализм коллектива завода позволил произвести пуск батареи безупречно и без потерь времени на устранение недостатков при проектировании и строительстве.

Сегодня Ясиновский коксохимический завод является передовым предприятием, которое неустанно проводит модернизацию всех основных цехов.

В этот славный юбилей хочу поздравить ветеранов завода, а также всех ИТР и рабочих. Желаю личного счастья, благополучия и уверенности в будущем

Генеральный директор УНПА «Укркокс», д.т.н., проф.

А.Г.Старовойт



Коллективу ПАО «Ясиновский коксохимический завод»

Дорогие друзья!

От имени сотрудников ГП «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИН)» сердечно поздравляю коллектив ПАО «ЯКХЗ» со знаменательной датой – 60-летием завода.

Ученые и инженерно-технические работники нашего института отмечают, что Ясиновский коксохимический завод сегодня занимает почетное место в развитии коксохимической отрасли Украины.

Построенный в пятидесятые годы прошлого столетия с использованием передовых достижений отечественной и мировой коксохимической науки и техники, Ясиновский коксохимический завод превратился в одно из крупнейших предприятий по производству кокса и химических продуктов. Вы были пионерами в области механизации трудоемких процессов в коксовом производстве, автоматизации обогрева коксовых печей, новаторами в технологии обогащения и подготовки углей для коксования, производства чистого бензола на Украине. Для работников завода характерной чертой является постоянный поиск нового, стремление создавать и внедрять высокоэффективные технологические процессы и оборудование по подготовке и коксованию углей, улавливанию и переработке химических продуктов коксования.

Славные традиции Вашего предприятия приумножаются и в наши дни. На Вашем заводе за многие годы сложился трудовой творческий коллектив рабочих, ИТР и служащих, способных решать важнейшие государственные задачи.

В день Вашего 60-летия нам особенно приятно отметить, что многие сложные научно-технические задачи и проблемы решаются в тесном сотрудничестве наших коллективов. Результаты совместных работ, новые высокоэффективные технические решения способствовали и способствуют прогрессу отечественной коксохимической промышленности.

Только за последние годы сотрудниками УХИНа на ПАО «ЯКХЗ» проведен комплекс научно-исследовательских работ по формированию угольной сырьевой базы с оптимизацией участия угля ПАО «Шахтоуправление «Покровское» с учетом обеспечения качества кокса марки «Премиум», а также по освоению коксовой батареи № 4, предназначенной для работы на влажной и термически подготовленной шихте. Можно отметить комплекс исследований по подготовке и очистке коксового газа для его использования в технологии гидроочистки с целью получения высококачественного бензола для синтеза. Нашими коллективами проведена целая серия работ, направленных на решение вопросов улучшения экологической обстановки на ПАО «ЯКХЗ». Сотрудники УХИНа надеются, что в самое ближайшее будущее нас ждет еще более тесное, более эффективное и самое плодотворное сотрудничество со славным коллективом ПАО «Ясиновский КХЗ».

Мы поздравляем всех сотрудников завода с 60-летием со дня основания, желаем дальнейшего процветания и новых больших успехов в плодотворном труде на благо нашей Украины.

**Директор УХИНа, д.т.н., проф.
Е.Т.Ковалев**

Ясиновскому коксохимическому заводу – 60 лет



В 1947 году появилась необходимость в строительстве нового коксохимического предприятия в районе Макеевки, когда после Великой Отечественной войны Макеевский металлургический завод им. С.М.Кирова ощутил острую нехватку в коксе и газе. Площадка под строительство будущего коксохимического завода выбиралась из пяти вариантов. Остановились на участке территории близ разъезда Чайкино, где располагалось небольшое село Ясиновка, которое и определило название завода.

Проектное задание, а также рабочие чертежи многочисленных объектов нового завода разрабатывал «Гипрококс» с участием других специализированных проектных организаций. Первая коксовая батарея Ясиновского завода была построена за полгода и 6 ноября 1953 года выдала первый кокс. Менее чем за год были введены в строй еще три коксовые батареи. В практике строительства предприятий коксохимической промышленности такие темпы были достигнуты впервые.

В 1958-1959 гг. были построены и введены в эксплуатацию коксовые батареи №№ 5 и 6 объемом камер коксования 30 м³, системы ПВР – самые производительные на тот период.

При проектировании, строительстве и пуске комплексов коксовых батарей строительными, монтажными организациями и эксплуатационным персоналом завода были успешно реализованы новейшие на то время разработки Гипрококса. В процессе строительства завода было найдено немало решений, получивших широкое распространение не только в Донбассе, но и на других стройках страны.

В настоящее время ПАО «Ясиновский коксохимический завод» – одно из крупнейших коксохимических предприятий Украины производственной мощностью до 2,18 млн. тонн кокса в год. Предприятие неоднократно отмечалось в числе флагманов отечественной коксохимической отрасли. Его коллектив реализует новые технические решения, внедряет новое оборудование и технологии. В числе главных достижений ПАО «ЯКХЗ» – освоение производства кокса доменного марки «Премиум», отвечающего самым высоким требованиям отечественных и зарубежных металлургов.

Сотрудничество ПАО «ЯКХЗ» и ГП «Гипрококс» можно с полной уверенностью и правом назвать плодотворным, взаимовыгодным и успешным, что подтверждено многолетним опытом партнерства в части проектирования и строительства объектов коксохимического производства.

Успехи ясиновских коксохимиков в разные годы неразрывно связаны с такими именами как Антонов А.Т., Гармата В.В., Кузьмин В.А., Сухов А.А., Венжега А.Г., Коломийченко А.И., Чаленко В.И. и другими.

Поздравляя коллектив ПАО «Ясиновский коксохимический завод» с 60-летием завода, желаем нашим уважаемым коллегам крепкого донецкого здоровья, дальнейшего развития, благополучия и процветания их предприятию!

Директор ГП «Гипрококс»

В.И. Рудыка



ЧАО «Коксохимпроект» поздравляет трудовой коллектив Ясиновского коксохимического завода с Юбилеем – 60-летием!

На сегодняшний день Ваше предприятие, одно из ведущих предприятий коксохимической подотрасли черной металлургии Украины, плодотворно работает по внедрению новых технологий, модернизации и техническому перевооружению основных фондов, культуре производства, экономичности технологических процессов.

Благодаря самоотверженному труду, Ваше предприятие в течение многих лет работает стабильно и ритмично, покоряя все новые вершины. С глубоким удовлетворением осознаем свою причастность к Вашим успехам, внося посильный вклад в общее дело.

Желаем Вам быть всегда предприятием высокой культуры производства и образцом для коллективов родственных предприятий.

Уверены, что коксохимики Ясиновского КХЗ с успехом справятся со всеми стоящими перед ними задачами и впредь, как и всегда, будут в авангарде технического прогресса, а также надеемся на дальнейшую совместную работу.

Коллектив ЧАО «Коксохимпроект» искренне желает Вашему предприятию и всему коллективу новых трудовых побед, процветания, благополучия и плодотворной деятельности на благо развития черной металлургии Украины.

**По поручению трудового коллектива
ЧАО «Коксохимпроект»
Директор**

В.И. БЕЖИН



УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ !



От имени коллектива ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОКСОХИМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ» от всего сердца поздравляю коллектив ПАО «ЯСИНОВСКИЙ КОКСОХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД» с шестидесятилетним юбилеем !

Завод пережил все стадии в своем развитии и стал одним из элитных предприятий.

На протяжении всех лет завод был полигоном отработки новых конструкций коксовых батарей, новых химических процессов.

Мы рады, что на протяжении всех этих славных лет мы трудились рядом. И в Ваших успехах есть и наша доля.

Отличительной чертой Ясиновского коксохимического завода всегда были его кадры. Имена А.Т.Антонова, В.В.Гарматы, В.А.Кузьмина, А.А.Сухова известны специалистам всей Украины и далеко за ее пределами. Сегодня их славное дело продолжают высококлассные специалисты.

Особенно теплые слова хочется высказать ветеранам завода, чей опыт используется и сегодня.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОКСОХИМИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ» желает коллективу завода успехов в труде, улучшения благосостояния и большого личного счастья !

**С уважением,
Директор
ГП «КОКСОХИМСТАНЦИЯ»**

Б.И.Самитов