

мия. – 1971. – №4. – С. 20-24.

10. Лялюк В.С. Вопросы экономики сушки донецких углей / Кокс и химия. – 1966. – №8. – С. 57-60.

Рукопись поступила в редакцию 15.03.12

УДК 669.749.2

В.П. ЛЯЛЮК, д-р техн. наук, В.П. СОКОЛОВА, канд. техн. наук, доцент,
И.А. ЛЯХОВА, канд. техн. наук, Д.А. КАССИМ, канд. техн. наук,
КМИ ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЧНОСТИ КОКСА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ M_{25} И M_{10} В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОЛЕБЛЕМОСТИ КАЧЕСТВА УГОЛЬНОЙ ШИХТЫ

Качество кокса и, прежде всего, высокая стабильность его показателей является основным фактором, определяющим технико-экономические показатели работы доменных печей. Исследована зависимость стабильности показателей прочности кокса от колеблемости показателей качества угольной шихты: содержания влаги, золы, насыпной массы и др.

Интенсификация работы доменных печей при одновременном значительном увеличении их полезного объема требует существенного улучшения подготовки шихтовых материалов и топлива. Как известно, существуют определённые зависимости между отдельными параметрами качества кокса и производительностью доменных печей, а также удельным расходом кокса. Определению таких количественных зависимостей посвящены многочисленные исследования [1-3]. Так, в работе [1] рассчитаны коэффициенты парной корреляции, в частности, между показателями работы доменной печи (приведенной производительностью Π и удельным расходом кокса K) и качеством кокса (показателями M_{25} и M_{10}) в условиях Нижне-Тагильского металлургического комбината, и получены уравнения регрессии

$$\begin{aligned}\Pi &= 52,01 M_{25} - 2319,67; & r &= 0,863; \\ \Pi &= -105,93 M_{10} + 3110,0; & r &= -0,81; \\ K &= -10,1 M_{25} + 1347,5; & r &= -0,52; \\ K &= 26,6 M_{10} + 241,0; & r &= 0,63.\end{aligned}$$

Из этих данных видно, что между производительностью доменной печи и показателями прочности кокса существует тесная взаимосвязь. Между показателями прочности кокса и его удельным расходом наблюдается менее тесная связь.

В связи с интенсификацией доменного процесса и увеличением объёма доменных печей, с одной стороны, и ухудшением угольной сырьевой базы коксования, с другой стороны, всё актуальней становится вопрос об оптимальном качестве кокса не только с точки зрения величины абсолютных показателей, но и отклонения от них.

Так, например, по данным работы [2] увеличение колеблемости истираемости кокса σ_{M10} на 0,1% увеличивает расход кокса на 1,6 % и снижает производительность доменной печи на 1,2 %. В данной работе для оценки влияния колеблемости свойств кокса на основные показатели работы доменной печи (производительность и удельный расход кокса) использован метод многофакторного регрессионного анализа. Исследования выполнены на доменной печи Череповецкого металлургического завода. В качестве критерия оценки колеблемости показателей качества кокса во времени использовано среднеквадратичное отклонение от среднего значения за единичный период, длительность которого принята 3 суток. Проанализировано влияние на производительность печи Π (т/сутки) и удельный расход кокса K (кг/т чугуна) следующих факторов: показателей прочности кокса M_{40} и M_{10} , влажности кокса W_n , показателей колеблемости содержания золы σ_A , серы σ_S и летучих веществ σ_V , дробимости σ_{M40} , истираемости σ_{M10} и влажности кокса σ_w . Получены следующие уравнения множественной регрессии

$$\begin{aligned}\Pi &= 176M_{40} - 339 \sigma_A - 602 \sigma_V - 763 \sigma_{M10} - 81 W_n - 6371; & R &= 0,833; \\ \Pi &= -605M_{10} - 193 \sigma_A - 958 \sigma_V - 202 \sigma_{M40} + 11099; & R &= 0,602; \\ K &= -11,9 M_{40} + 82,3M_{10} + 136,5 \sigma_V + 3,4 \sigma_{M40} + 632; & R &= 0,787; \\ K &= -6,3M_{40} + 67,1M_{10} + 152,0 \sigma_V + 67,0 \sigma_{M10} + 335; & R &= 0,856.\end{aligned}$$

Из приведенных данных видно, что колеблемость показателей качества кокса наряду с их абсолютными значениями, существенно влияет на результаты доменной плавки.

Ранее, в работе [3], также отмечалось большое влияние на работу доменных печей колеблемости качественных показателей кокса. Разработанные математические модели позволяют дать количественную оценку влияния на производительность доменной печи и удельный расход коша как абсолютных значений наиболее заметно влияющих показателей его качества (зольности, выхода летучих, сернистости, содержания класса более 80 мм и др.), так и их колеблемости. Например, увеличение среднеквадратичного отклонения от среднего значения сернистости за трое суток на 0,02 % (в пределах 0,014-0,09) приводит к снижению производительности доменной печи на 1 % и увеличению удельного расхода кокса на 4,8 кг. Увеличение колеблемости прочности кокса по показателю M_{40} на 0,5% (в пределах 0,2-1,7) приводит к увеличению расхода кокса на 9,6 кг.

Все актуальней становится вопрос о качестве кокса не только с точки зрения величины абсолютных показателей, но и отклонения от них, т.е. стабильности качества кокса.

На большинстве предприятий стабильность качества кокса оценивается коэффициентом равномерности [4,5], рекомендованным ВУХИНОм, который рассчитывается по формуле

$$K=(n-n_1)/n,$$

где n - общее число определений показателей качества за исследуемый период; n_1 - число определений показателей качества с отклонениями, превышающими установленные пределы по каждому из этих показателей, за исследуемый период.

Коэффициент равномерности качества, по сути, определяет относительное количество кокса (в % или долях единицы), качественные показатели которого не выходят за установленные пределы.

Нельзя не согласиться с авторами работы [6], что наиболее полную характеристику стабильности качества кокса дает среднеквадратичное отклонение, которое количественно и качественно учитывает каждое отклонение показателя от среднего значения. Невостребованность этого показателя ранее для оценки стабильности качества кокса автор работы [6] объясняет громоздкостью расчетов. При современном уровне развития вычислительной техники расчеты среднеквадратичного отклонения нельзя считать трудозатратными.

Известно, что определяющее влияние на колебания свойств кокса оказывают колебания качества угольной шихты. Например, по данным работы [7], колебания каждого в отдельности параметра качества угольной шихты (2σ): выхода летучих веществ, содержания класса менее 3 мм, зольности и влажности, равные ± 1 %, вызовут колебания прочности кокса по показателю M_{40} соответственно на $\pm 1,0$, $\pm 0,6$, $\pm 0,5$ и $\pm 0,2$ %.

Значительный теоретический и практический интерес имеют исследования по установлению количественных зависимостей между колеблемостью помола угольной шихты и прочностью кокса. Промышленные опыты [8] с использованием типовых шихт показали, что колеблемость помола ± 1 % приводит к колеблемости M_{40} от $\pm 0,51$ до $\pm 0,66\%$ и M_{10} от $\pm 0,12$ до $\pm 0,48$ %.

Наряду с этим, установлено, что колебания температуры и продолжительности коксования незначительно влияют на стабильность качества кокса при нормальном режиме работы коксовых печей. В частности, в производственных условиях фактическое изменение температуры вызывает в 8 раз меньшие колебания M_{40} , чем изменения выхода летучих веществ (0,2 против 1,6 %). Смещение кокса двух батарей одного блока нивелирует эти отклонения [7]. Исследованиями [8] показано, что колебания прочности кокса, вызванные отклонениями температур по блоку, при постоянстве состава шихты, составляют ничтожно малую величину. В реальных условиях при удовлетворительной эксплуатации печей отклонение средней продолжительности коксования по блоку обычно составляет не более 1 мин. при такой величине отклонения продолжительности коксования показатели M_{10} и M_{40} изменяются не более, чем на 0,01 и 0,035 % соответственно.

Следовательно, стабильность свойств кокса, в конечном счете, полностью определяется стабильностью качества угольной шихты.

Выполнена оценка колеблемости качества кокса и угольной шихты в условиях ПАТ «АрселорМиттал Кривой Рог» с использованием среднеквадратичного отклонения σ как одной из статистических оценок случайных величин, а также проведен анализ влияния колеблемости качества угольной шихты на стабильность качества кокса.

По результатам работы в 2011 г. определены среднемесячные колебания показателей зольности, влажности, насыпной плотности угольной шихты, содержания в ней классов крупности 3-0 и 0,5-0 мм, а также прочности кокса по показателям дробимости M_{25} и истираемости M_{10} . Установлены соотношения между колебаниями показателей прочности кокса и выше названных показателей качества шихты. Для этой цели рассчитывались среднеквадратичные отклоне

названных показателей качества шихты. Для этой цели рассчитывались среднеквадратичные отклонения соответствующих показателей и коэффициенты вариации.

Установлено, что колеблемость качества кокса по показателю истираемости кокса M_{10} больше, чем по показателю дробимости M_{25} . Так коэффициенты вариации составили, соответственно, 1,87-4,85 и 0,22-1,38 %.

Из данных исследований следует, что колеблемость показателей качества кокса M_{10} и M_{25} находятся в достаточно тесной связи с колеблемостью показателей качества шихты: влажности, зольности, крупности помола, насыпной плотности (рис. 1-7).

При этом колеблемость показателя M_{10} обусловлена колеблемостью многих показателей качества шихты, а именно: влажности, зольности, содержания классов крупности 3-0 и 0,5-0 мм, насыпной плотности шихты (см. рис. 1-5), что, очевидно и обуславливает более высокие значения коэффициента вариации показателя M_{10} . Колеблемость показателя дробимости кокса M_{25} обусловлена, в основном, колеблемостью крупности помола шихты (содержания класса 3-0 мм) и насыпной плотности шихты (см. рис. 6-7)

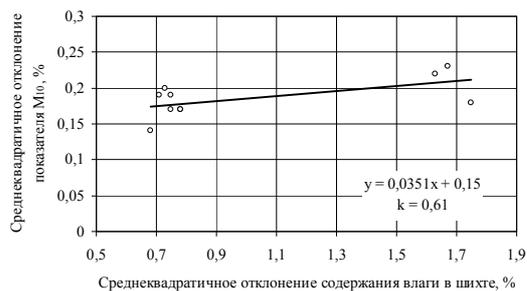


Рис. 1. Влияние колеблемости содержания влаги в шихте на колеблемость показателя M_{10}

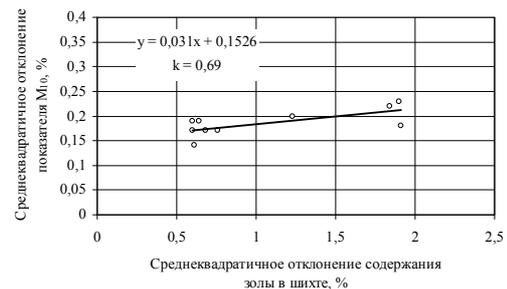


Рис. 2. Влияние колеблемости содержания золы в шихте на колеблемость показателя M_{10}

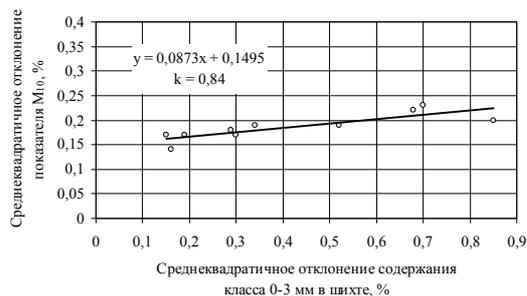


Рис. 3. Влияние колеблемости крупности измельчения угольной шихты на колеблемость показателя M_{10}

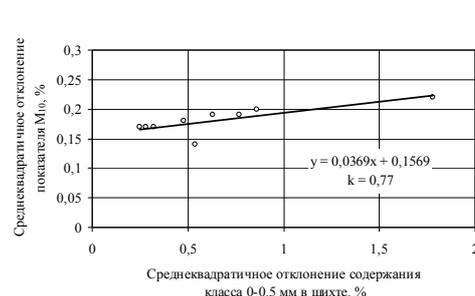


Рис. 4. Зависимость колеблемости показателя M_{10} от колеблемости показателя содержания класса 0,5-0 мм в шихте

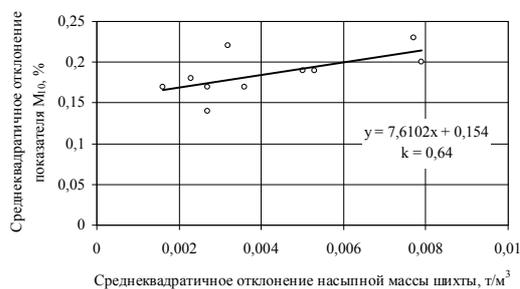


Рис. 5. Зависимость колеблемости показателя M_{10} от колеблемости насыпной массы шихты

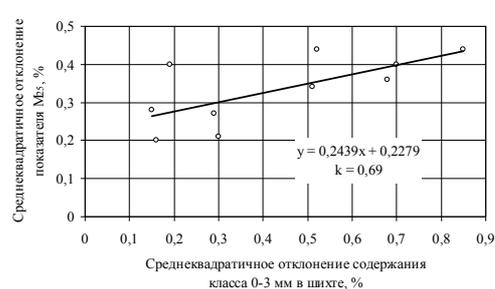


Рис. 6. Влияние колеблемости крупности измельчения угольной шихты на колеблемость показателя M_{25}

Из полученных данных следует, что увеличение колеблемости (среднеквадратичного отклонения) влажности и зольности шихты на 1% вызывает увеличение колеблемости показателя истираемости кокса на 0,1%. В общем за исследуемый период колеблемость влажности и зольности доходила до 2%, при этом σ_{M10} – до 0,23% (см. рис. 1,2)

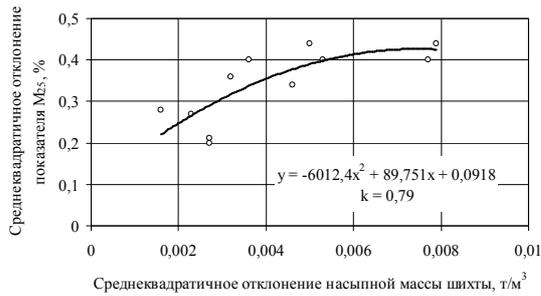


Рис.7. Залежність коливальності показателя M_{25} від коливальності насипної маси шихти

Коливальність вмісту класу 3-0 мм в шихті від 0,15 до 0,85 % обумовило коливальність показателів якості кокса M_{10} і M_{25} , відповідно, від 0,14 до 0,23 % (см. рис. 3) і від 0,2 до 0,45 % (см. рис. 6).

В свою чергу, коливальність насипної щільності угольної шихти, залежної від її вологості та крупності, визначає коливальність показателів якості кокса.

Зміна коливальності насипної щільності шихти за досліджувані періоди в межах 0,002-0,008 t/m^3 втягує за собою коливальність по показателям M_{10} і M_{25} , відповідно, в межах 0,15-0,23 % (см. рис. 5) і 0,2-0,45 % (см. рис. 7).

Таким чином, досліджена нестабільність якості кокса, виражена в значній коливальності показателів міцності кокса M_{25} і M_{10} , обумовлена коливальністю показателів якості шихти, а саме зольності, вологості, крупності дроблення та насипної щільності. Коефіцієнт кореляції в встановлених відносинах між коливальністю показателів міцності кокса та коливальністю показателів якості шихти знаходиться в межах 0,612-0,835.

Стабільність властивостей кокса, в кінцевому рахунку, залежить від ефективності усереднення окремих компонентів угольної шихти при складуванні, так і усереднення шихти при дробленні.

Список літератури

1. О взаимосвязи показателей качества кокса и доменной плавки/ Ю.В. Степанов, А.И. Абрамичева, Р.Я. Колесникова и др.// Кокс и химия, № 7. – 1985. – 15 с.
2. Оценка влияния качества кокса на показатели доменной плавки / В.А. Улахович, В.И. Солодков, К.А. Штец и др.// Металлург, № 7. – 1982. – С. 16-18.
3. Мучник Д.А., Дробная Л.М. Влияние колеблемости качества кокса на работу доменных печей// Кокс и химия, №12. – 1974. С.9-12.
4. Определение равномерности показателей качества металлургического кокса / А.И. Шевченко, А.С. Цыновников, И.М. Лазовский и др.// Кокс и химия, № 1. – 1973. – С.23-27.
5. Об оценке технического уровня и качества металлургического кокса в связи с его аттестацией/ А.С. Цыновников, А.А. Филиппова, В.И. Плеханов и др. // Кокс и химия, №10. – 1976. – С. 9-15.
6. Об оценке колеблемости качества кокса/ А.А. Журавский, А.Н. Крюков, В.П. Махно и др.// Кокс и химия, № 8. – 1985. – С. 23-26.
7. Влияние равномерности качества угольной шихты и режима коксования на равномерность свойств кокса и показатели доменной плавки/ И.З. Шахова, Б.В. Боклан, П.Л. Сычѳв и др. // Кокс и химия, № 6. – 1977. – С.20-22.
8. Шахова И.З., Иваницкий В.Г., Шахова В.И. Технология подготовки угля на стадии усреднения для производства доменного кокса. Днепропетровск: Пороги. – 1997. – 248 с.

Рукопись поступила в редакцию 15.03.12

УДК 662.641

А.Д. УЧИТЕЛЬ, д-р техн. наук, проф., М.В. КОРМЕР, канд. хим. наук, доц.,

Е.О. ШМЕЛЬЦЕР, ст. преподаватель

КМИ ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СМЕРЗАНИЯ УГЛЕЙ ПРИ ИХ ТРАНСПОРТИРОВКЕ

В статье проанализированы основные факторы, влияющие на смерзаемость углей при их транспортировке в холодный период года, рассмотрены процессы тепло- и массообмена, происходящие в процессе смерзания. Приведены основные способы и средства предотвращения смерзания и восстановления сыпучести углей.

С наступлением холодного периода года уголь при транспортировке смерзается, т.е. при температурах ниже 0 °С теряет сыпучесть вследствие смерзания отдельных частиц груза между собой и примерзания их к днищу и стенкам вагона.

Промерзание угля представляет собой сложный теплофизический процесс, сопровождающийся миграцией влаги, изменением температуры, что в первую очередь зависит от температу-