

## ОСОБЕННОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ НА ШЛАКАХ, ОПТИМАЛЬНЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ

С.Ю. Никишин, С.Л. Ярошевский  
Донецкий национальный технический университет

*Розглянута одна з важливих проблем доменної технології, котра стосується металургійних заводів Донбасу – оптимізація шлакового режиму. Зазначені і обґрунтовані способи її рішення. Розрахована ефективність технологічного режиму на доменній печі № 2 ВАТ “ДМЗ” із вдмухуванням у горно до 200 кг/т чавуна пиловугільного палива в умовах повної і комплексної компенсації.*

В 90-е годы в доменных цехах большинства развитых стран мира расход кокса на 1т чугуна снижен до 250-350 кг/т, ведется интенсивный научный поиск и экспериментальные работы по созданию технологии доменной плавки с удельным (кг/т чугуна) расходом кокса ниже 200 кг/т [1,2].

Прежде всего, указанные изменения определены значительным повышением качества железорудного сырья и температуры дутья, применением дополнительных видов топлива, оптимизацией газораспределения, повышением объема печей и т.д.

Крайне ответственной задачей также является оптимизация шлакового режима. Этот вопрос особенно актуален для современной доменной технологии, включающей в себя применение дополнительных видов топлива. Создание оптимального шлакового режима с точки зрения технологии, является одним из важных компенсирующих мероприятий по отношению к негативным последствиям, которые имеют место при применении заменителей кокса.

На металлургических предприятиях Украины приход серы с шихтой составляет 7-10 кг/т чугуна, поэтому технология ориентирована, прежде всего, на обеспечение производства качественного по содержанию серы чугуна, что определяет необходимость поддержания повышенной основности шлака –  $\text{CaO/SiO}_2$  – 1,20-1,30, следствием чего являются повышенные расходы флюса и выход шлака 500-600 кг/т чугуна. Кроме того, повышение основности шлака способствует росту температуры его плавления, ухудшению вязкости, снижению устойчивости физико-химических свойств при колебаниях температуры и химического состава, гомогенности и т.д.

На ОАО “ДМЗ” успешно освоена современная пылеугольная установка, которая может обеспечить ДП №2 ПУТ в количестве до 200 кг/т чугуна. Однако, не решены вопросы полной и комплексной компенсации, в

первую очередь касающиеся газодинамического и шлакового режимов. Наиболее сложным в теоретическом плане представляется второй вопрос – шлаковый режим, поскольку проблема получения малосернистого кокса в условиях Донбасса неразрешима.

Наши разработки, мировой опыт дают возможность наметить решение данного вопроса.

Определяющими конечное содержание серы в чугуне факторами являются приход серы с шихтой ( $S_{ш}$ ) и коэффициент  $\varepsilon = L_s^{\phi}/L_s^{\circ}$ , определяющий эффективность использования обессеривающей способности шлака.

Показатель основности шлака ( $B$ ) нецелесообразно повышать выше 1.25-1.30 единицы из-за ухудшения физических свойств шлака и снижения величины показателя  $\varepsilon$ . Выход шлака также не решает задачи, поскольку с его повышением растут расход кокса и приход серы с шихтой.

Приход серы с шихтой может быть снижен почти в 2 раза до 4-5 кг/т за счет:

1. Снижения прихода серы с коксом и повышения коэффициента улетучивания серы с колошниковым газом с 5 до 10-15 % на 1-2 кг/т
2. Вдувания пылеугольного топлива до 200 кг/т чугуна, приготовленного из углей с пониженным содержанием серы 0,3%.

Исходя из наших исследований, проведенных на заводах Украины и России, а также на основе изучения свойств полусинтетических шлаков, представляются возможными основания для выбора шлака, оптимального с позиций технологии для условий ОАО “ДМЗ”. Оптимальный шлак имеет основность ( $CaO/SiO_2$ ) 1,05-1,10 при содержании 5-7 %  $MgO$  и 5-10 %  $Al_2O_3$ . Указанный шлак по сравнению с базовым ( $CaO/SiO_2 - 1,30$ ) имеет меньшую на 25-30 °С температуру плавления, меньшую на 67 %, вязкость, составляющую 2,3 пуаз, достаточно высокие значения величины поверхностной энергии. Самое же ценное их свойство - это в 12-24 раза большая устойчивость физических свойств при изменении на  $\pm 0,05$  ед. основности шлака. Так, по изменению вязкости этот показатель улучшается в 24 раза.

Таким образом, с точки зрения технологии выплавки пердедельного чугуна указанный шлак на порядок более полно отвечает требованиям технологии, по сравнению со шлаком базовым ( $CaO/SiO_2 - 1,30$ ). С точки зрения обессеривающей способности очевидна существенно меньшая величина  $L_s^{\circ}$ . За счет снижения прихода серы с шихтой и качественно более благоприятных физических свойств оптимального по технологии шлака, повышение величины коэффициента  $\varepsilon$  должно в определенной степени перекрыть негативное влияние снижения  $L_s^{\circ}$ .

Сказанное убедительно подтверждается и опытом работы доменных печей. Изменение величины  $\varepsilon$  в шлаках основностью от 0,85 до 1,3 носит экстремальный характер при оптимуме основности в пределах 1,0-1,1. Величина  $\varepsilon$  выходит на уровень 0,7-0,9, подтверждающий функциональную зависимость показателя от свойств шлака. Величина  $L_s^\phi$  при этом составляет 40 единиц.

Поскольку процесс десульфурации эндотермический, повышение нагрева горна способствует его интенсификации. Согласно опытным исследованиям, повышение содержания Si в чугуна и соответственно его температуры, способствуют качественному росту величины  $L_s^\phi$  и, главное, коэффициента  $\varepsilon$  до 70-90 % в то же время работа печи на основности шлака 1,3 определяет ухудшение коэффициента  $\varepsilon$  до 40-50 %.

В связи с изложенным предложено при выплавке передельного чугуна на ДП №2 ОАО “ДМЗ” повысить на 0,12-0,15 среднее значение [Si] при одновременном снижении основности шлака на 0,05-0,07 единицы.

Указанное мероприятие позволит повысить величину  $\varepsilon$  на 10-12 % при сохранении на базовом уровне [S] в чугуна и улучшении показателей плавки.

Нами был проведен расчет эффективности технологического режима на ДП №2 ОАО “ДМЗ” с вдуванием в горн до 200 кг/т чугуна ПУТ в условиях полной и комплексной компенсации.

В качестве компенсирующих приняты следующие мероприятия:

- повышение прочностных показателей качества кокса  $M_{25} > 88,5$ ;  $M_{10} < 6,5$  %;
- повышение до 40-50 % доли окатышей ЛебГОК в шихте;
- замена 30-40 % известняка доломитом;
- замена рядового тощего угля Донецкой шахты “Рассвет” с содержанием серы 2-2,5 % на аналогичный Кузнецкий уголь с содержанием серы 0,3 %;
- снижение основности шлака до 1,05-1,10 ( $CaO/SiO_2$ );
- повышение температуры дутья до 1120 °С;
- повышение содержания  $O_2$  в дутье до 24-25 %;
- снижение расхода природного газа до 0-40 м<sup>3</sup>/т чугуна;
- оптимизация технологического режима с использованием математической модели.

Из рисунка 1 видно, что реализация указанного режима определяет снижение расхода кокса на 148,2 кг/т чугуна (32 %), значительное сокращение расхода ПГ (-45 м<sup>3</sup>/т чугуна), рост производительности печи на 19 %, снижение себестоимости чугуна – 36,01 грн/т.

Наиболее корректно при этом решена задача обеспечения выплавки кондиционного по сере чугуна: решение определено снижением прихода

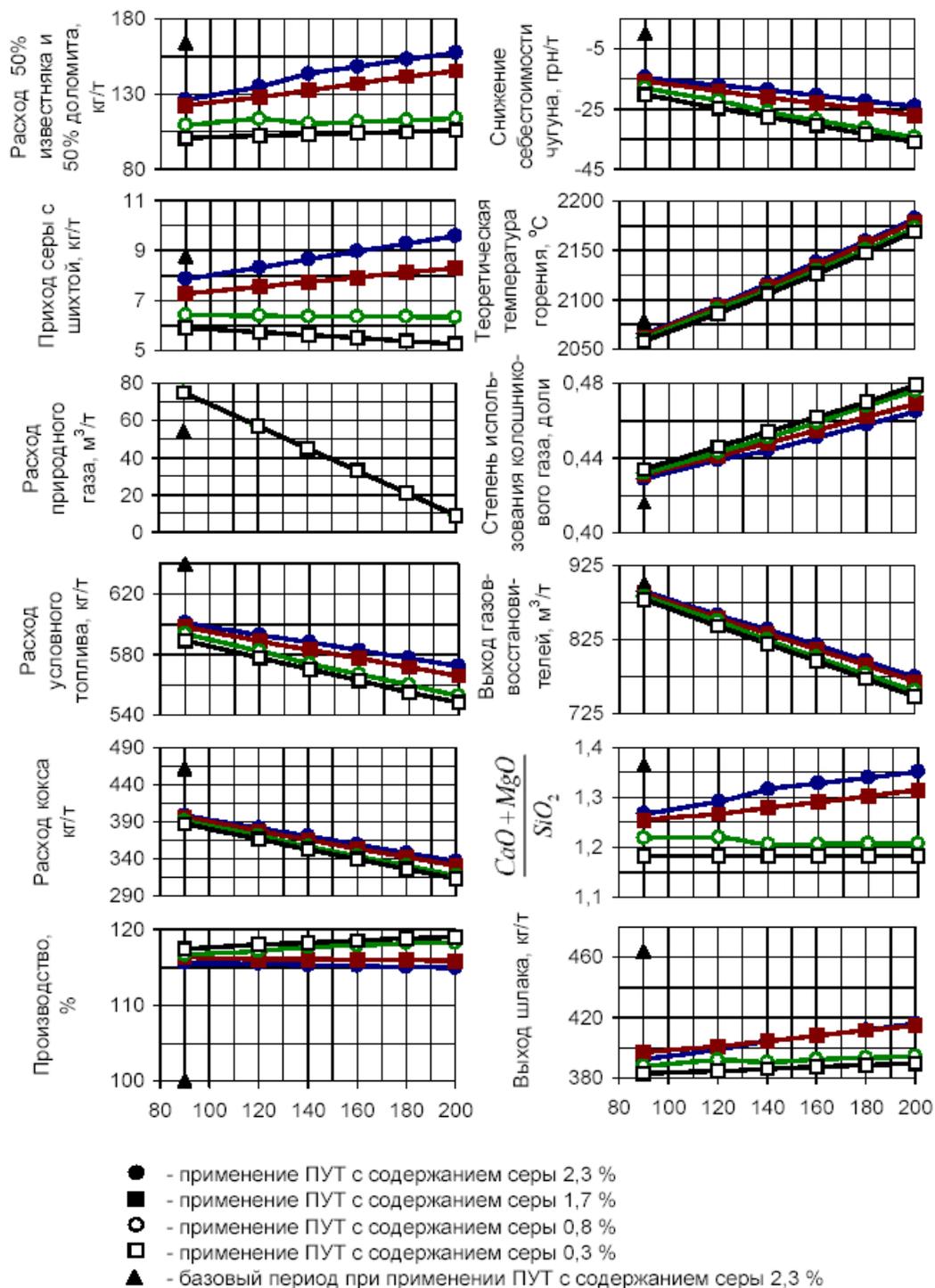


Рис. 1 - Расчетные показатели доменной плавки при вдувании пылеугольного топлива с различным содержанием серы при замене 50 % обычного известняка доломитом для условий дп № 2 ОАО "ДМЗ" (база 14.05-26.05.03 г.)

В базе: ЮГОК 994, 5 кг/т; ЛеБГОК 616 кг/т; тем-ра дутья 1094° С; кислород в дутье 22,84 %  
 В качестве компенсирующих мероприятий использовали: улучшение качество кокса по М 25 и М 10; вывод шлака SiMn; ввод доломита; ЮГОК 858 кг/т, ЛеБГОК 730; повышение температуры дутья - 1120° С и кислорода в дутье - 25 %; повышение [Si] до 0,9 %; снижение ТУ по [S] до 0,054 %; введение 35 кг/т коксового орешка; оптимизация технологического режима; неравномерность распределения ПУТ по фурмам ±5%

серы с шихтой до 4,8 кг/т (-43,5 %) прежде всего за счет снижения  $Q_{\text{кокса}}$  и повышения коэффициента улетучивания серы с газом.

Снижение основности шлака до 1,05, рост содержания MgO (5,5%) и [Si] в чугуна (+0,09 %), снижение выхода шлака и расхода флюса способствовали повышению величины  $\epsilon$  до 0,75 при значении  $L_s^\phi$  26 единиц.

Указанный технологический режим готовится к освоению и внедрению на ДП №2 ОАО “ДМЗ” в 2004 г. и будет соответствовать современному техническому уровню развитых стран.

## Литература

1. Ноздрачев В.А., Ярошевский С.Л., Терещенко В.П. Перспективные технологии доменной плавки с применением кислорода и пылеугольного топлива. - Донецк.: “Новый мир”, 1996. - 173 с.
2. Промышленный опыт работы доменных печей с высокой долей окатышей в шихте / В.И. Бирючев, С.Л. Ярошевский, В.А. Ноздрачев и др.// Металл и литье Украины. - 1998.- № 5-6.- С.16-21.

Поступила в редакцию 11 января 2004 года