

2. Домна в энергетическом измерении / А.В. Бородулин, А.Д. Горбунов, Г.И. Орел [и др.]. – Кривой Рог: Издательство СП «Мира». – 2004. – 436 с.
3. Работа доменной печи с рациональным газодинамическим режимом в шахте / М.Т. Бузовера, А.Г. Ульянов, С.Т. Шулико [и др.] // Черная металлургия. – 1985. – №12. – С.47-48.
4. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика / Г.Н. Абрамович. – М.: Наука, 1969. – 824 с.
5. Роуч П. Вычислительная гидродинамика / П. Роуч. – М.: Мир, 1980. – 616 с.
6. Исследование газодинамической работы колошника / Б.В. Корнилов, Н.Н. Лычагин, А.Л. Чайка // Теория и практика тепловых процессов в металлургии: Сб. докл. междунар. научно-практ. конф. 18 – 21 сент. 2012 г. – Екатеринбург: УрФУ, 2012. – С. 99-107
7. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. – М.: Наука, 1970. – 904 с.
8. Давідсон В.Є. Вступ до гідродинаміки : підручник. [пер. з рос.] – Вид-во ДНУ, 2004. – 216 с.

УДК 669.162.16

**Н.В. Косолап, Ю.А. Зинченко, А.Г. Курпе**

ПАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича», г. Мариуполь

### **СОВРЕМЕННЫЙ КОМПЛЕКС ПО ВДУВАНИЮ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА В ДОМЕННЫЕ ПЕЧИ**

В настоящее время комплексы по пылеугольному вдуванию в доменные печи (ПУТ) применяют более чем в 30 странах и в мире ежегодно выплавляется свыше 600 млн т чугуна. Доля замены кокса ПУТ выросла до 40-50 %, ведутся научно-исследовательские работы по повышению этого показателя до 60-80 %.

На ПАО «ММК им. Ильича» для подготовки к освоению технологии – ПУТ приняты следующие мероприятия, компенсирующие его негативное влияние на технологию: повышено в агломерате содержание фракции >80 мм почти в два раза, выведен из состава дутья природный газ (ПГ) и повышено содержание в нем кислорода, что обеспечило повышение теоретической температуры горения и снижение выхода горновых и колошниковых газов. Указанных средств оказалось достаточно для обеспечения эффективной работы доменных печей при вдувании ПУТ в горн до 150-170 кг/т чугуна. Для производства ПУТ используется уголь марки СС с содержанием золы до 8 % и серы < 0,5 %.

В 2013 г. с использованием пылеугольного комплекса расход ПУТ на доменных печах № 1-5 вырос до 150-170 кг/т чугуна, что позволило исключить вдувание в горн природного газа снизить расход кокса с 500-520 до 360-380 кг/т чугуна и повысить производительность печей.

В анализируемых периодах выведение из состава дутья ПГ в количестве 37 м<sup>3</sup>/т чугуна обеспечило рост теоретической температуры горения на 153°С и снижение выхода горновых газов на 57 м<sup>3</sup>/т чугуна. Расход кокса снижен на 109-155 кг/т чугуна (21,0-29,9 %), что определило уменьшение его объемной доли в шихте на 5,5-9,4 %. Суммарный коэффициент замены SK3 при изменении расхода ПУТ от 0 до 170 кг/т чугуна составил 1,04 кг/кг, что соответствует основному требованию принципа полной и комплексной компенсации.

Эффективность компенсирующих мероприятий без вдувания ПУТ (июль – август 2012 г.) и с вдуванием (июнь 2013 г.) составила 34 кг/т чугуна (0,2 кг/кг). Следовательно, коэффициент замены кокса только ПУТ составил 0,8 кг/кг. Коэффициент замены углерода кокса углеродом ПУТ несколько выше и составляет 0,983 – 0,993 кг/кг. Освоение ПУТ-технологии сопровождалось также снижением расхода условного топлива на 21-26 кг/т чугуна (3,72 – 4,6 %) и стоимости энергоресурсов на 157 – 186 грн.

Анализ выполненных материально-тепловых балансов подтверждает положительные изменения в технологии доменной плавки при вдувании в горн ПУТ. Прежде всего – это комплексные компенсирующие факторы: снижение расхода дутья на 184-247 м<sup>3</sup>/т чугуна (13,9-18,7 %), выхода горновых газов на 183-230 м<sup>3</sup>/т чугуна (10,7-13,4 %), выхода колошниковых газов на 201-252 м<sup>3</sup>/т чугуна (10,3-12,9 %), выхода шлака на 8-38 кг/т чугуна, прихода серы с шихтой на 27,9-33,8 %, степени прямого восстановления FeO на 5,5-9,4 % (абс.) и др.

Производительность печей при вдувании ПУТ существенно повысилась, что является прямым следствием увеличения содержания кислорода в дутье на 1,57-2,28 %, снижение выхода шлака, улучшение качества кокса и ПУТ. Суммарным показателем указанных изменений, является снижение выхода горновых газов на 10,7-13,4 % на 1 т чугуна, что при прочих равных условиях предопределяет аналогичное повышение производительности печи. Увеличение производительности в опытных периодах можно объяснить интенсивной компенсацией данных показателей скоростью газа в распаре (11,7-17,2 м/с) и выходом горновых газов (3684-4069 м<sup>3</sup>/т кокса), значения которых при вдувании ПУТ в условиях ПАО «ММК им. Ильича» существенно ниже критического уровня.

При совершенствовании ПУТ-технологии в условиях ПАО «ММК им. Ильича» необходимо, прежде всего, обеспечить снижение уровня выхода шлака и мелочи 5-0 мм в железорудной шихте до базового уровня с тем, чтобы сохранить возможность повышения производительности печей.

Таким образом, построенный и введенный в эксплуатацию пылеугольный комплекс мощностью по пылеугольному топливу 1 млн т/год на ПАО «ММК им. Ильича» дал возможность освоить технологию доменной плавки с вдуванием ПУТ в количестве 150-170 кг/т чугуна, что позволило полностью вывести из состава дутья ПГ, снизить расход кокса на 109-155 кг/т чугуна (21,0-29,9 %), повысить производительность доменных печей. Успешному освоению ПУТ-технологии способствовали такие компенсирующие мероприятия как, повышение содержания кислорода в дутье на 1,57-2,28 %, вывод из состава дутья природного газа, улучшение качества кокса и агломерата, высокое качество ПУТ и др.

УДК 669.054:669.74

**С.А. Купцов, М.Ю. Проценко, И.С. Скиданов**

ДонГТУ, Алчевск

## **АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НАСЫЩЕНИЯ МЕТАЛЛА МАРГАНЦЕМ МЕТОДОМ ДУГОВОГО ГЛУБИННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ**

Внепечная обработка железоуглеродистых расплавов с использованием традиционных агрегатов ковш-печь целесообразна лишь для ковшей объемом более 10 т, поэтому возникает необходимость в поиске альтернативных технологий и оборудования, позволяющих осуществлять эффективную доводку небольших объемов металлического расплава. Одним из перспективных способов обработки расплавов в ковшах небольшой емкости может быть, относительно новый, метод дугового глубинного восстановления (ДГВ) элементов для рафинирования и раскисления-легирования металла [1, 2]. Сущность разработанной технология ДГВ заключается в восстановлении необходимых элементов из рудной смеси входящей в состав специальных блоков в зоне погруженной в расплав электрической дуги. Основным элементом технологии является дуговой блок состоящий из комбинированного электрода вокруг которого набивается рудно-восстановительная смесь.