

## Список литературы

1. Бабич, А. И. Интенсификация использования пылеугольного топлива в доменной плавке / А. И. Бабич, С. Л. Ярошевский, В. П. Терещенко. — К. : Техника, 1993. — 200 с.
2. Шульц, Л. А. Элементы безотходной технологии в металлургии / Л. А. Шульц. — М. : Металлургия, 1991. — 174 с.
3. Кочура, В. В. Интенсификация сжигания пылеугольного топлива в доменной плавке / В. В. Кочура, А. И. Бабич, А. М. Кузнецов // Металл и литейные материалы Украины. — 2004. — № 3–4. — С. 31–32.
4. Симонов, В. К. Кинетика раздельного и комплексного восстановления железорудных материалов газами и твердым углем / В. К. Симонов, Л. Н. Руденко // Интенсификация восстановительных процессов. Диффузионно-химические аспекты / под ред. И. С. Куликова. — М. : Наука, 1980. — С. 36–51.

УДК 662.74

*Градинаров Р. И.*

*магистрант*

*ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», г. Алчевск, ЛНР,*

*Гливинский С. А.*

*мастер по регулировке обогрева коксовых печей коксового цеха № 2*

*Филиал № 12 ЗАО «Внешторгсервис», г. Алчевск, ЛНР*

## РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОКСА РАЗНЫХ КЛАССОВ КРУПНОСТИ

*Приведен анализ влияния крупности металлургического кокса на основные параметры работы доменных печей, удельный расход кокса на тонну чугуна.*

**Ключевые слова:** *коксохимическое производство, реакционная способность, расход кокса, коксование.*

Производители кокса должны ориентироваться на получение продукта с узким диапазоном гранулометрического состава, большой средней крупностью, высокими показателями холодной прочности (M25/40) и стойкости к истиранию (M10), а также низкой реакционной способностью (CRI) и, следовательно, высокой после реакционной прочностью (CSR). Это необходимо для обеспечения хорошей проницаемости столба шихты для газов и расплавов в доменной печи [1–7].

Однако исследования последних лет показали, что низкая реакционная способность кокса приводит к повышенному расходу топлива в доменной печи. В связи с этим в Японии активно изучают возможности повышения эффективности доменной плавки за счет увеличения реакционной способности кокса. Так, специалисты корпоративной исследовательской лаборатории фирмы Sumitomo Metal Industries, Касима провели исследования по оценке уровня эффективности химических реакций в доменной печи. В результате авторы исследования пришли к выводу, что применение в доменной плавке высокорекреакционного кокса позволяет снизить температуру зоны теплового резерва, повысить восстановительную способность газа и достичь эффекта снижения удельного потребления углерода, равноценного вдуванию природного газа в сочетании с повышением температуры дутья [1].

Центром экологии и промышленной технологии фирмы Nippon Steel Corporation, Тиба, Япония при разработке технологии производства высокорекреакционного кокса был принят каталитический метод повышения химической активности кокса. Определяли, какие вещества пригодны в качестве катализаторов и метод их введения в структуру кокса, и остано-

лись на СаО. Использование кокса, обогащенного СаО в доменной печи показали, что с увеличением доли этого кокса в шихте удельный расход восстановителя снизился на 10 кг/т чугуна. В период плавки на опытном коксе с помощью вертикального зонда измеряли распределение температур в доменной печи. Результаты измерения показали, что обогащенный СаО кокс с высокой реакционной способностью способствовал снижению температуры зоны теплового резерва в печи [2, 3].

Для нашей угольной базы специальная активация угольной шихты для получения высокорекреакционного кокса не требуется. Наоборот, большой проблемой является получение низкорекреакционного кокса. В то же время, стремясь к снижению удельного расхода восстановителя за счет использования высокорекреакционного кокса, можно столкнуться с повышенным разрушением кокса за счет усиления реакции газификации. Возможность сохранить удовлетворительную дренажную способность коксовой насадки в печи и газопроницаемость столба шихты в условиях применения высокорекреакционного кокса составляет важную задачу на пути уменьшения расхода восстановителя.

Получить более прочный кокс с повышенной реакционной способностью можно, например, в результате термической подготовки угольной шихты перед коксованием. Испытания кокса, полученного по данной технологии, в доменных плавках подтверждают эффективность этого мероприятия. Так, на доменной печи № 2, объемом 1033 м<sup>3</sup> доменного цеха ЗАО «Донецксталь — металлургический завод» провели испытания кокса, произведенного из термоподготовленной шихты на коксовой батарее № 3 ОАО «Ясиновский коксохимический завод». Установлено, что несмотря на увеличение в термоподготовленных шихтах, в сравнении с влажными, участия слабоспекающихся углей на 35 %, в т. ч. углей марки Г на 27–30 %, полученный из них кокс лучше по механической прочности: по М25 — на 2,2–2,7 %, и по М10 — на 0,8–1,4 %. По показателю М40, отличие между видами кокса достигает 4–5 %, т. е. более крупные классы кокса из термоподготовленной шихты гораздо прочнее традиционного кокса, что очень важно для сохранения необходимой дренажной способности коксовой насадки в доменной печи. При этом результаты работы доменной печи свидетельствуют, что расход кокса из термически подготовленной шихты (392 кг/т) приемлем для доменной плавки с дуванием 172 кг ПУТ на 1 т чугуна и сопоставим с расходом низкорекреакционного кокса [6].

Анализ зависимости изменения удельного расхода кокса от его реакционной способности (CRI), загруженного в доменную печь № 9 объемом 5000 м<sup>3</sup> ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» в период с 2006 по 2010 годы (среднемесячные данные), показывал отсутствие достоверной статистической связи из-за значительных колебаний других параметров плавки. После приведения расхода кокса к одинаковым условиям его связь с показателем CRI оказалась надежной и неожиданно мощной. Как показано в работе, на всех печах фактический расход кокса ниже, а фактическая производительность выше при работе печей на коксе с более высоким показателем CRI. Результаты работы доменных печей свидетельствуют, что при увеличении показателя CRI на 1 % сверх 37 % средний удельный расход кокса снижается на 2,5 %, а производительность печи может вырасти на 2,2 %, если при этом удастся технологическими мерами предотвращать загромождения горна.

В соответствии с японскими исследованиями, частичное смешивание кокса с рудными материалами способствует повышению газопроницаемости рудных слоев в зоне когезии. Как показали наши исследования, возможность увеличения расхода антрацита, смешиваемого с рудными материалами, в наибольшей степени зависит от показателя прочности кокса М 25.

Анализируя материалы японских исследований и опыт работы доменных печей ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог» на коксе с высокой реакционной способностью, можно предложить следующее объяснение механизма уменьшения удельного расхода кокса [7].

Температура зоны замедленного теплообмена (резервной зоны) определяется той температурой, при которой теплоемкость потока шихты в доменной печи сравнивается с теплоемкостью потока газа. Снижению температуры резервной зоны способствует интенсификация при температурах 800–850 °С реакции Будуара ( $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$  — 166 кДж/моль) в слу-

чае увеличения реакционной способности кокса. Понижение температуры на границе между верхней и нижней ступенями теплообмена увеличивает при прочих равных условиях количество теплоты, усваиваемой в нижней зоне теплообмена, теплотребность которой определяет расход кокса. Полученное снижение расхода кокса уменьшает удельную теплоемкость потока газа и дополнительно понижает температуру резервной зоны. При повышении реакционной способности кокса его расход может также уменьшаться за счет снижения степени развития прямого восстановления железа, что возможно, как показали японские исследования, при достаточно высокой восстановимости шихты вследствие того, что влияние возрастающего восстановительного потенциала газа на косвенное восстановление железа превалирует над влиянием некоторого снижения температур в верхней зоне печи. Резерв снижения расхода кокса при увеличении его реакционной способности тем больше, чем выше суммарный расход топлива на единицу чугуна, определяющий величину удельной теплоемкости потока газа в доменной печи.

**Выводы:**

1. Подтвержденное в определенных условиях практикой положительное влияние низкой реакционной способности кокса на работу доменных печей реализуется, благодаря высокой дренажной способности коксовой насадки в нижней зоне печи, ликвидации проявлений загромождения горна и более равномерному распределению газового потока по сечению печи, хотя и отрицательно влияет на тепловую эффективность работы печи и на ход процессов восстановления оксидов железа.

2. Повышение реакционной способности кокса снижает температуру резервной зоны доменной печи, способствует интенсификации восстановления оксидов железа в верхней зоне печи и обеспечивает снижение удельного расхода кокса, если при этом удастся избежать расстройств хода печи и загромождения горна.

### Список литературы

1. Subjects for achievements of blast furnace operation with low reducing agent rate / Y. Ujisawa, K. Nakano, Y. Matsukura et al. // *Tetsu-to-Hagane*. — 2006. — № 92 (12). — P. 323–329.
2. Naito, M. Necessity of high strength and high reactivity for coke / M. Naito // *Zairyo to Prosesu = CAMP ISIJ*. — 2007. — № 20. — P. 620–623.
3. Shimizu, M. Technological progresses and researches on blast furnace ironmaking in the new century / M. Shimizu, M. Naito // *Tetsu-to-Hagane*. — 2006. — № 92 (12). — P. 694–702.
4. Naito, M. Development of ironmaking technology / M. Naito // *Shinnittetsu Giho*. — 2006. — № 384. — P. 2–13.
5. Enhancement of Blast Furnace Reaction Efficiency through the Use of Highly Reactive Coke / S. Nomura, S. Matsuzaki, M. Naito et al. // *FISTech 2006. Proceedings*. — P. 31–37.
6. Результаты освоения и эксплуатации опытно-промышленной установки термической подготовки шихты на ОАО «Ясиновский коксохимический завод» / А. И. Гордиенко, В. А. Редин, Г. В. Долгарев [и др.] // *Кокс и химия*. — 2009. — № 2. — С. 30–36.
7. Влияние массы железорудной подачи на технико-экономические показатели доменной плавки / В. П. Лялюк, В. А. Шеремет, В. С. Листопадов [и др.] // *Черная металлургия : бюллетень ОАО «Черметинформация»*. — 2010. — № 11. — С. 29–34.