

**А.Ф.Никулин, К.А.Шумилов, Н.С.Кирпач.**

## **СОСТОЯНИЕ И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*НПК «Киевский институт автоматики»*

Показано, что использование струйных технологий в доменном производстве позволяет получать не только дробленый уголь (пылеугольное топливо – ПУТ), но и газы в виде СО и Н<sub>2</sub>, что позволяет обеспечить существенное улучшение результатов вдувания ПУТ.

Автоматизация доменных печей наряду с переводом их на более современные технологические режимы является важным условием не только повышения производительности действующих печей, но и снижения удельного расхода кокса, экономии энергоресурсов и снижения себестоимости чугуна. Доменный процесс среди других переделов металлургии наиболее подготовлен для автоматического управления ввиду его непрерывности, высокой степени автоматизации, оснащенности контрольно-измерительной аппаратурой.

Управление доменным процессом можно разделить на текущее регулирование и его оптимизацию. Текущее регулирование связано с работой систем управления отдельными параметрами процессов в режиме стабилизации, величина каждого из регулируемых параметров задается оператором. При текущем регулировании процесса необходимо обеспечить идентичность тепловой и газодинамической работы отдельных секторов доменной печи, что требует воздействий на процесс как «снизу», так и «сверху». Воздействием «снизу» является управление распределением компонентов комбинированного дутья по фурме, изменениями температуры и общего количества дутья, пара и газа на печь. Воздействие «сверху» сводится к изменениям режима загрузки печи, управлению вращающимися распределителями и другими известными технологическими приемами. Анализ существующих приемов воздействия на ход доменного процесса показал, что имеются сторонники как одного, так и другого метода. Многолетние исследования, выполненные Киевским институтом автоматики показали, что только взаимосвязь приемов взаимодействия «сверху» и «снизу» может дать максимальный эффект управления. При оценке работы верхних и нижних зон доменной печи можно поддерживать ровный ход, согласовывать работу зон, использовать резервы каждой зоны, особенно нижней, работающей в напряженном газодинамическом режиме. Регулирование распределения газового потока на колошнике в зависимости от распределения воздуха и газа по отдельным фурмам позволит выбирать и

поддерживать оптимальное форсирование хода печи и степень исследования химической энергии газов.

Концепция развития черной металлургии Украины предусматривает сокращение производства металла по сравнению с предыдущим уровнем при повышении его конкурентоспособности [1]. Для этого необходимо улучшить качество чугуна и уменьшить расход кокса в доменной печи. Поэтому актуальной задачей является экономия расхода кокса, которая осуществляется внедрением технологий вдувания пылеугольного топлива по фурмам, газификация некоксуемых углей с целью получения горячих восстановительных газов для вдувания их по фурмам, автоматизация всех процессов доменной плавки и вспомогательных операций. Эти проблемы характерны не только для Украины, они отвечают мировой тенденции широкого использования некоксуемых углей в промышленном производстве, выравнивания части энергоносителей в запасах и потреблении [2,3].

Современные доменные печи снабжены приборами, контролирующими и регулируемыми почти все основные параметры. Контролируются и регистрируются давление, температура и количество дутья, его влажность, расход природного газа и кислорода, расходы дутья и природного газа по отдельным фурмам, давление дутья, уровень шихты на колошнике, температура газопотока по высоте печи и по радиусу колошника, температуру в газоотводах, температуру кладки печи.

Некоторые параметры процесса автоматически стабилизируются, то есть поддерживаются на заданном уровне. Следует отметить, что отсутствует непрерывный анализ материалов в потоке, заменить который стремятся путем ускоренного отбора отдельных проб материалов, загруженных в печь. Это усложняет расчеты и корректировку шихты в период задувки и последующей эксплуатации доменной печи. Производительность доменной печи определяется интенсивностью плавки, которая регулируется количеством дутья. Состав чугуна зависит от состава шихты и нагрева чугуна, то есть расхода кокса и дополнительного топлива, вдуваемого в горн, нагрева дутья и его влажности. Колебания теплового состояния горна является основной причиной изменения качества чугуна и главным фактором воздействия на его состав. Работа горна определяется работой фурменных зон, которые в свою очередь определяют дренаж продуктов горения из горна и продуктов плавления в горн. .

Таким образом, автоматическому контролю и регулированию подлежат в первую очередь следующие параметры доменного процесса:

1. дозирование и загрузка материалов. Особое внимание необходимо уделить контролю влажности кокса, так как колебания этого параметра значительно зависят от способа тушения кокса (влажного или сухого);

2. тепловое состояние печи, то есть нагрев горна, определяемый расходом кокса и других видов топлива, а также степень развития косвенного или прямого восстановления железа.

3. ход печи, определяемый интенсивностью горения кокса и сходом шихты, распределением материалов и газов на периферии и радиусу колошника, распределением компонентов комбинированного дутья по отдельным фурмам.

Следовательно, основные направления автоматизации доменного производства сводятся к разработке АСУ ТП с выполнением перечисленных функций. Работы по созданию АСУ ТП доменных печей производятся в течение многих лет. Разработаны математическое обеспечение, математические модели доменного производства и алгоритмы функционирования АСУ ТП.

Известные модели и алгоритмы функционирования АСУ ТП доменных печей можно условно разделить на 3 группы: детерминистические, стохастические и комбинированные (детерминистические с элементами статистики). Детерминистические модели доменного процесса и алгоритмы функционирования АСУ ТП доменных печей базируются на методах материального и теплового балансов доменного процесса, в частности на уравнениях массообмена в доменной печи. Стохастические модели доменного процесса и алгоритмы функционирования АСУ ТП доменных печей базируются на результатах обработки вероятностно–стохастическими методами данных, собранных на объекте в процессе его нормальной эксплуатации (пассивный эксперимент), а также вероятностно–статистическими методами обработки данных, полученных при экспериментальных исследованиях доменного процесса (активный эксперимент).

Остановимся на актуальных вопросах экономии кокса, которые осуществляются внедрением технологий вдувания пылеугольного топлива по фурмам доменных печей [4]. Уровень расхода кокса на 1 тонну чугуна – это универсальный показатель эффективности и конкурентоспособности металлургической отрасли в целом. Последние разработки научных учреждений (анализ публикаций) дают надежду на существенное сокращение расхода кокса на 1 тонну чугуна (снижение может быть достигнуто до 200 кг/т вместо 600 кг/т в настоящее время) за счет замены части кокса пылеугольным топливом, вдуваемым через фурмы доменных печей [5,6]. Ресурсосберегающие технологии всегда были и остаются основной тематикой научных и производственных предприятий.

В связи с вышеизложенным, рассмотрим новые методы дробления низкосернистых углей с применением струйных технологий, предложенные НПК «Киевский институт автоматики». В ГНПК «Киевский институт автоматики» разработаны эффективные струйные технологии дробления материалов. Также разработаны основы

построения струйных размольных комплексов, обеспечивающих высокоэффективное измельчение различных материалов без ограничения твердости до уровня нанотонкой дисперсности. Полученные результаты открывают возможность использования новых эффектов, появляющихся в высокодисперсных средах в условиях неравновесных процессов механического разрушения частиц, в частности, механохимическую активизацию полученного ПУТ для осуществления его частичной и полной газификации с получением восстановительного газа с высоким содержанием СО (до 55–57%) и  $H_2$  (до 27%) в смеси с пылевидным полукоксом (при обработке водяным паром с температурой 900–1100<sup>0</sup>С в процессе струйного размола с добавлением кислорода в количестве 0,8–1,2 моля на один моль водяного пара для поддержания автотермического процесса. Такой продукт может подаваться непосредственно в фурмы печи за счет кинетической энергии потока на выходе из размольно–реакционной камеры. В этом случае целесообразно устанавливать размольно–газофицирующий агрегат непосредственно у фурмы и конструктивно компоновать их в виде единого конструктивного блока, предусматривающего также регулирование подачи продукта в фурму. При этом все процессы обработки и транспортировки сырья и готового продукта являются поточными, то предоставляется возможность полной автоматизации процесса путем обеспечения локальных автоматических систем каждой фурмы в единую САРС оптимизацией общего металлургического процесса. В промышленном варианте применение струйных размольных технологий в металлургии можно предусмотреть получение ПУТ струйными методами и вдуть его в фурмы доменной печи по общепринятой схеме. В этом случае также целесообразно устанавливать отдельные размольные установки на каждую фурму и осуществлять регулирование общим комплексом приготовления ПУТ подачи в фурмы. Преимуществом такой схемы – использование высокой химической активности ПУТ непосредственно после его приготовления и снижающийся с течением времени в соответствие с экспоненциальной зависимостью Аррениуса. Струйный комплекс по приготовлению ПУТ включает противоструйный размольный агрегат, совмещенный с вихревым размольным устройством с внутренним сепаратором и вихревой камерой газификации. В качестве энергоносителя используется водяной пар давлением 0,8–1,2 МПа с температурой 150–400<sup>0</sup>С, а также сжатый воздух давлением 0,2–0,25 МПа в качестве вспомогательного средства для пневмотранспорта, псевдоожижения. В камеру газификации дополнительно подается кислород в количестве молей не превышающем 0,5–0,6 количество молей водяного пара для поддержания автотермических процессов газификации в вихревой камере комплекса. Выход вихревой камеры комплекса соединен с дутьевым входом фурмы печи. Использование размола в струйном комплексе с оборудованной газификацией твердого топлива является наиболее эффективной

энергосберегающей современной технологией для металлургии, позволяющей достичь существенной экономии кокса и в перспективе полностью отказаться от дорогих природного газа и топливного мазута.

**Выводы.**

Известно, что чем больше процент косвенного восстановления железа за счет химической энергии газа, полученного в горне доменной печи, тем выше экономичность работы печи. В связи с тем, что струйные технологии позволяют получать не только дробленый уголь (шихта ПУТ), но и газы в виде СО и Н<sub>2</sub>, то условия для косвенного восстановления железа будут соблюдены. Таким образом, включение струйных технологий дробления углей обеспечивает существенное улучшение результатов вдувания ПУТ.

1. *Большаков В.И., Тубольцев Л.Г.* Состояние и перспектива развития черной металлургии Украины на основе энергосберегающих технологий //Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2006. – №2. – С.1–5.
2. *Товаровский И.Г.* Доменная плавка. Эволюция, ход процесса проблемы и перспективы. – г. Днепропетровск, «Пороги», 2003. – С.596.
3. *Товаровский И.Г., Сокуренько А.В., Шеремет В.А.* Использование антрацита в доменной плавке для замены части кокса» // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2005. – №6. – С.5–9.
4. Труды международной научно–технической конференции «Пылеугольное топливо – альтернатива природному газу при выплавке чугуна». – г. Донецк, «УНИТЕХ», 2006. – С.300.
5. *Рыженков А.И., Ярошевский С.Л., Крикунов Б.П.* Технология плавки с использованием пылеугольного топлива и природного газа на дутье, обогащенного кислородом //Сталь. – 2005. – №2, – С.13–18.
6. *Ярошевский С.Л.* Комплекс оборудования и технологий доменной плавки с вдуванием пылеугольного топлива в горн доменной печи №1,3,5 ОАО «Енакиевский металлургический завод». –г. Донецк, ДонНТУ, 2006. – С.120.

*Сведения об авторах:*

**Никулин Александр Фёдорович**, генеральный директор Государственной научно-производственной корпорации «Киевский институт автоматики»;

**Шумилов Кирилл Андреевич**, докт.техн.наук, профессор, главный научный сотрудник Государственной научно-производственной корпорации «Киевский институт автоматики»;