

УДК 669.162

Новохатский А.М.*

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЖИМА ВЫПУСКА ПРОДУКТОВ ПЛАВКИ ИЗ ГОРНА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Приведены результаты теоретических и практических исследований массообменных процессов в горне доменной печи, которые позволили составить более рациональный режим выпуска чугуна и шлака через канал чугунной лётки и улучшить технико-экономические показатели плавки.

Организация хорошей работы горна, регулирование его вместимости, вертикальной и горизонтальной дренирующей способности, которая позволит без затруднений и простоев вести плавку высокой интенсивности и получать качественный чугун, является наиболее трудной задачей управления доменной печью.

Объективные и субъективные ошибки в ведении доменной печи приводят к отклонению от нормального хода и к аварийным ситуациям. Особенно ярко это проявляется на мощных печах объёмом от 2000 до 5000 м³, имеющих большие поперечные размеры горна. Усилились противоречия между периодическим накоплением и удалением жидких продуктов плавки [1].

Повышение удельной производительности доменных печей и отставание в росте размеров металлоприёмника привело к тому, что режим отработки продуктов плавки стал лимитирующим фактором в дальнейшем наращивании их производительности.

Увеличение числа выпусков чугуна и шлака, из-за необходимости сохранения нагрузки на лётку в течение одного выпуска, потребовало увеличения числа чугунных лёток от трёх до четырёх. При этом изменился режим отработки продуктов плавки – весь чугун и шлак стали выдавать только через чугунную лётку. Это привело к нарушению плавного схода шихты, отклонениям в газодинамическом и тепловом режимах доменной плавки.

Соблюдение графика выпусков жидких продуктов плавки из горна является одним из основных условий, обеспечивающих нормальную работу доменной печи.

Количество выпусков продуктов плавки в сутки обычно определяют эмпирическим путём, в зависимости от интенсивности доменной плавки, количества выпускаемого чугуна и в особенности шлака. Признаком переполнения горна печи расплавами является повышение нижнего перепада давления газов, появление шлака на фурмах.

Целью статьи является разработка теоретических методов определения количества выпусков чугуна в сутки и режима наполнения и опорожнения горна доменной печи жидкими продуктами плавки, которые позволят усовершенствовать режимы выпуска чугуна и шлака и улучшить технико-экономические показатели работы доменной печи.

Движение расплавов в коксовой насадке в период наполнения и выпуска продуктов плавки подчиняется законам гидродинамики. При открытии чугунной лётки все расплавы, находящиеся в горне, приходят в движение. На рисунке показаны закономерности изменения уровня расплавов в горне в период его наполнения и опорожнения.

В течение первых 10 – 15 минут после вскрытия канала чугунной лётки из горна печи вытекает чугун. В этот период времени, в результате турбулентности потока и небольшого уровня заполнения горна чугуном, в секторе канала лётки образуется воронка (рис. а).

Если бы процесс протекал без наличия шлака над поверхностью чугуна, то дальнейший его выпуск происходил бы с прорывами горнового газа через канал чугунной лётки, что явилось бы серьёзной проблемой при выдаче из горна целевого продукта. Однако, шлак над чугуном выполняет роль затвора, исключающего прорыв горновых газов в районе лётки.

*ДонГТУ, канд. техн. наук, доц.

В дальнейшем вместе с чугуном вытекает шлак, увлекаемый в образовавшуюся воронку. При этом уровень чугуна монотонно уменьшается, а на поверхности шлака над лёткой из-за ограниченных дренажных условий горна при общем уменьшении уровня расплавов по всему сечению печи начинает формироваться депрессионная воронка (рис. б).

К концу выпуска размеры депрессионной воронки увеличиваются и, при прорыве горновых газов через слой шлака в секторе чугунной лётки, выпуск прекращают путём забивки канала чугунной лётки огнеупорной массой (рис. в). По окончании выпуска в горне остаётся некоторое количество шлака, поверхность которого имеет вид депрессионной воронки. Зеркало чугуна имеет горизонтальную поверхность на отметке канала лётки, но не исключён вариант, что с противоположной стороны его уровень может находиться несколько ниже канала чугунной лётки. Это возможно за счёт выдавливания чугуна слоем остаточного шлака, что является одним из факторов, объясняющих отклонения величины массы чугуна от выпуска к выпуску.

В дальнейшем, в результате перетекания шлака под действием гравитационных сил, депрессионная воронка заполняется, и уровень шлака со временем становится по всему сечению горна горизонтальным и увеличивается в результате прихода в горн вновь проплавленных порций чугуна и шлака (рис. г).

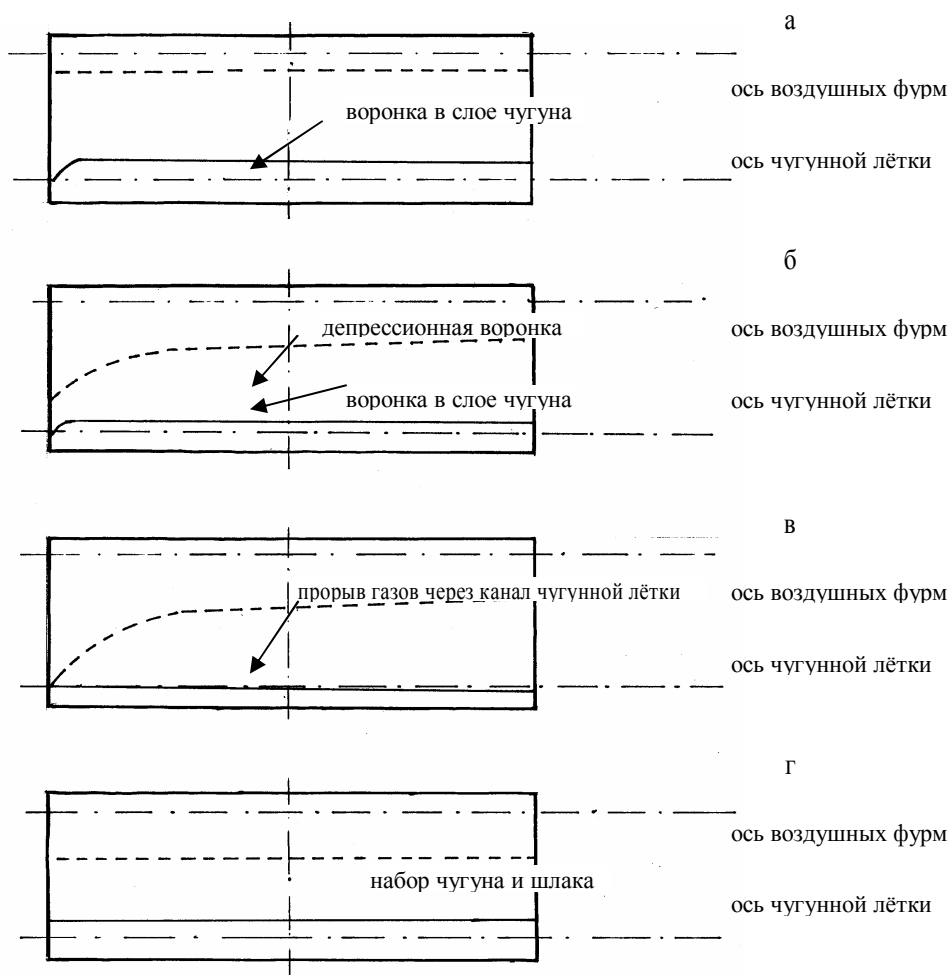


Рис. – Закономерности изменения уровня расплавов в горне печи в период выпуска и наполнения

Приведенная схема приемлема для печей объёмом до 3000 м³. На более мощных доменных печах, оборудованных четырьмя чугунными лётками, выпуск производят непрерывно. На таких печах уровень чугуна не успевает опуститься ниже оси чугунных лётков, а поверхность шлака не успевает выравниваться до горизонтальной и имеет сложную конфигурацию.

Для разработки математической модели работы горна условно принято, что уровень чугуна в период выпуска и наполнения имеет, в основном, по сечению печи горизонтальную поверхность. Уровень шлака изменяется по строгой закономерности, образуя в период выпуска депрессионную воронку, а в период наполнения горна происходит её выравнивание.

Баланс объёмов продуктов плавки в период выпуска из горна доменной печи можно представить уравнением:

$$\frac{Q_{\text{ч}}}{\rho_{\text{ч}}} + \frac{Q_{\text{ш}}}{\rho_{\text{ш}}\varepsilon} = (V_{n.z} - V_o) + \frac{q_{\text{ч}}}{\rho_{\text{ч}}}\tau_{\text{вч}} + \frac{q_{\text{ш}}}{\rho_{\text{ш}}\varepsilon}\tau_{\text{вш}}, \quad (1)$$

где $Q_{\text{ч}}$ – выход чугуна за выпуск, т;

$Q_{\text{ш}}$ – выход шлака за выпуск, т;

$V_{n.z}$ – полезный объём горна, м³;

V_o – объём горна, заполненный шлаком, остающимся по окончании выпуска, м³;

$q_{\text{ч}}$ – приход чугуна в горн, т/мин;

$q_{\text{ш}}$ – приход шлака в горн, т/мин;

$\tau_{\text{вч}}$ – время выпуска чугуна, мин;

$\tau_{\text{вш}}$ – время выпуска шлака, мин;

$\rho_{\text{ч}}, \rho_{\text{ш}}$ – плотность чугуна и шлака, т/м³;

ε – порозность кокса.

Баланс объёмов продуктов плавки в период наполнения горна можно представить уравнением:

$$V_{n.z} = \frac{q_{\text{ч}}}{\rho_{\text{ч}}}\tau_3 + \frac{q_{\text{ш}}}{\rho_{\text{ш}}\varepsilon} + V_o, \quad (2)$$

где τ_3 – время заполнения горна жидкими продуктами плавки, мин.

Для разработки математической модели закономерностей опорожнения и наполнения горна продуктами плавки решена задача определения геометрических размеров и объёма депрессионной воронки, образующейся в период выпуска шлака, и объёма горна, заполненного шлаком, остающимся по окончании выпуска [2]. Используя закономерности массообменных процессов можно аналитически определить необходимое количество выпусков в сутки, длительность наполнения и выпуска продуктов плавки из горна доменной печи через канал чугунной лётки по формуле [3]:

$$n = \frac{V_{\Sigma}}{V_{n.z} - V_o + \frac{V_{\Sigma}\tau_{\text{вып}}}{1440}}, \quad (3)$$

где n – количество выпусков в сутки, шт.;

V_{Σ} – условный суммарный объём горна, заполняемый чугуном и шлаком в сутки, м³;

$\tau_{\text{вып}}$ – время выпуска продуктов плавки, мин.

На доменной печи объёмом 1386 м³ ОАО "ЕМЗ" производили 12 выпусков продуктов плавки в сутки через канал чугунной лётки со средней длительностью выпуска 60 минут и наполнения 60 минут. Производительность печи составляла 1816 т/сутки чугуна, выход шлака 460 кг/т чугуна.

Аналитические расчёты согласно уравнений (1 – 3) показали, что график выпусков продуктов плавки должен быть с 15 выпусками в сутки, длительностью набора в среднем 50 минут и временем выпуска – 45 минут.

Реализованный новый режим отработки продуктов плавки не выявил переполнения горна чугуном и шлаком. Характер изменения электрограмм, снимаемых с кожуха доменной печи, подтвердил рациональность выбранного режима выпуска продуктов плавки [4]. Исчезла горизонтальная составляющая графика в начале выпуска продуктов плавки.

Следует отметить, что при переходе на новый режим работы горна размах электрограммы с противоположной стороны кожуха печи относительно чугунной лётки в период выпуска существенно увеличился. Увеличение количества выпусков и скорости выпуска привели к снижению уровня шлака со стороны противоположной лётке, соответственно уменьшилось его количество, остающееся по окончании выпуска, увеличилась вместимость горна, что подтвердилось теоретическими расчётами массообменных процессов.

К положительным факторам следует отнести также то, что на колошнике доменной печи при опускании шихтовых материалов прекратился системный перекоп уровня засыпи. Кроме того, температура периферии шахты установилась на одном уровне, что указывало на отсутствие окружной неравномерности работы доменной печи, которая до этого была явно выражена.

Пофакторный анализ после одного года работы доменной печи при предложенном новом режиме отработки продуктов плавки показал, что производительность увеличилась на 9,61 %, экономия кокса составила 0,16 %. Используемая технология для управления ходом доменных печей на Днепровском металлургическом комбинате, Днепропетровском металлургическом заводе им. Петровского, Енакиевском металлургическом заводе и Алчевском металлургическом комбинате позволила получить экономический эффект более 5 млн. грн.

Выводы

1. Теоретически установлены следующие закономерности изменения уровня продуктов плавки в горне доменной печи: с началом выпуска в секторе чугунной лётки формируется воронка чугуна, из-за ограниченных дренажных условий горна в слое шлака формируется депрессионная воронка, по окончании выпуска в горне остаётся шлак с поверхностью в виде депрессионной воронки, которая выравнивается с течением времени.
2. Реализация разработанного способа аналитического определения оптимального суточного количества выпусков продуктов плавки из горна на доменной печи объёмом 1386 м³ ОАО «ЕМЗ» позволила за счёт увеличения числа выпусков с 12 до 16 в сутки улучшить работу доменной печи, увеличить её производительность на 9,61 % и снизить удельный расход кокса на 0,16 %. Экономический эффект применения технологии управления ходом доменных печей на разных металлургических предприятиях Украины превысил 5 млн. грн.
3. Для дальнейшего развития способа управления изменением уровня продуктов плавки необходима разработка аналитического метода оценки дренажных условий на основе контроля параметров работы горна доменной печи.

Перечень ссылок

1. *Новохатский А.М.* Проблемы доменного производства Украины / *А.М. Новохатский* // Сборник научных трудов Донбасского горно-металлургического института. – Алчевск, 2001. – Вып. 13. – С. 156 – 158.
2. *Новохатский А.М.* Изучение закономерностей движения расплавов в горне доменной печи / *А.М. Новохатский* // Сборник научных трудов Донбасского горно-металлургического института. – Алчевск, 2002. – Вып. 15. – С. 207 – 213.
3. *Новохатский А.М.* Аналитический метод определения количества выпусков жидких продуктов плавки из горна доменной печи / *А.М. Новохатский, Г.Д. Михайлюк, В.П. Манаков* // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. – Алчевск, 2004. – Вып. 18. – С. 270 – 280.
4. Декларацийний патент на винахід № 4719, Україна. С21 В7/24. № 2004010008. Спосіб визначення кількості випусків рідких продуктів плавки / *О.М. Новохатський, Л.Ф. Литвинов, Г.Д. Михайлюк та інші.* – Заявл. 08.01.2004. Опубл. 15.02.2005. Бюл. № 2.

Рецензент: В.П. Тарасов
д-р техн. наук., проф., ПГТУ

Статья поступила 25.02.2008