

Исследование влияния процессов накопления и выпуска продуктов плавки на работу доменной печи

Проведены статистические исследования процессов накопления и выпуска продуктов плавки. Выполнена аналитическая оценка влияния степени заполнения горна доменной печи на нижний перепад давления, скорость опускания шихты и температуру периферии, а также производительность и расход кокса. Разработан метод физического моделирования нижней зоны доменной печи. Определено влияние уровня расплава на нижний перепад давления и относительную скорость газового потока над фурменными очагами. Даны рекомендации по оптимальным параметрам накопления продуктов плавки.

Ключевые слова: накопление, продукты плавки, доменная печь, нижняя зона, уровень расплава, заполнение горна, физическое моделирование

Постановка проблемы. Процессы накопления и выпуска продуктов плавки имеют определяющее влияние на интенсивность хода доменной плавки, стабильность нагрева печи. Поэтому, вопросы накопления и выпуска продуктов плавки имеют значительную актуальность, что предполагает проведение исследований для выяснения механизмов и оптимизации указанных процессов с выдачей технологических рекомендаций.

Анализ последних исследований и публикаций. Накопление и выпуск жидких продуктов плавки значительно влияют на стабильность работы доменной печи [1]. На доменных печах, как правило, наблюдаются неконтролируемые изменения нижнего перепада давлений. Перед выпуском, при переполнении горна, эта величина обычно возрастает, а затем, по мере выпуска жидких продуктов плавки, снижается. Профессор Жеребин Б. Н. [2] объясняет это явление замедлением схода шихты перед выпуском и повышением нагрева горна за счет выгорания кокса, вытесненного продуктами плавки из металлоприемника, однако численных подтверждений этому факту нет.

Постановка задачи: Необходимо провести статистические исследования процессов накопления и выпуска продуктов плавки; выполнить аналитическую оценку влияния степени заполнения горна доменной печи на нижний перепад давления, скорости опускания шихты и температуры периферии, а также производительности и расхода кокса; разработать метод физического моделирования нижней зоны доменной печи и определить влияние уровня расплава на нижний перепад давления и относительную скорость газового потока над фурменными очагами.

Изложение основного материала исследования. Статистические исследования проводились на основе среднемесячных технико-экономических показателей работы доменной печи полезным объемом 1513 м³ за несколько лет в условиях металлургического комбината «Запорожсталь».

Среднемесячную степень заполнения горна рассматривали в соответствии со степенью выполнения

графиков выпуска, считая, что невыполнение графика напрямую связано с задержками выпуска, а, следовательно, и степенью заполнения горна. Степень же заполнения горна обратно пропорциональна степени выполнения графиков выпуска, значит 100 % заполнения горна соответствует 100 % степени выполнения графика выпуска чугуна, а степень выполнения графиков выпуска на 90 % соответствует переполнению горна на 120 %, как показано в табл 1.

Таблица 1

Соотношение заполнения горна и степень выполнения графиков выпусков

Выполнение графика выпуска, %	Степень заполнения горна, V_r , %
100	100
95	110
90	120

Таким образом, процент степени заполнения горна жидкими продуктами плавки V_r соотносится со степенью выполнения графиков выпусков Γ_B по следующей формуле:

$$V_r = 300 - 2 \Gamma_B \quad (1)$$

Средняя скорость движения шихты в доменной печи рассчитывалась по формуле:

$$K_n Fe_n M_n - V_n Fe_{кп} \Pi = 1000 Fe_{\text{ч}} \Pi - Ш Fe_{\text{ш}} \Pi \quad (2)$$

где Fe_n – количество железа в шихте, %; M_n – масса подачи, кг; V_n – вынос пыли, кг/т; $Fe_{кп}$ – содержание железа в колошниковой пыли, %; Π – производительность печи, т/сут; $Fe_{\text{ч}}$ – содержание железа в чугуне (100 минус содержание добавок), %; $Ш$ – выход шлака, кг/т; $Fe_{\text{ш}}$ – содержание железа в шлаке, %.

Из формулы (2) можно вывести величину подобную скорости движения шихты – количество подач в сутки K_n , п/сут, и рассчитать ее по среднестатистическим данным:

$$K_n = (1000Fe_q - ШFe_{ш} + B_n Fe_{кп}) П / Fe_n M_n =$$

$$= (1000 (100 - 5,473) - 449,64 \cdot 0,145 + 63,04 \cdot 35) \times$$

$$\times 2533,2 / 55,7 \cdot 21726 = 202,4. \quad (3)$$

В смену доменная печь принимает в среднем примерно 66-70 подач.

Используя все эти данные, был построен график влияния степени заполнения горна на нижний перепад давления (рис.1). Из графика видно, что с увеличением степени заполнения горна примерно на 10 %, нижний перепад давления растет примерно на 0,1 атм. Полученной зависимости можно верить, поскольку коэффициент парной корреляции 0,31 больше, чем его критическое значение 0,212 при достаточном показателе надежности:

$$\eta = r(n-1)^{0,5} / (1-r^2)^{0,5} =$$

$$= 0,31 \cdot (70-1)^{0,5} / (1-0,31^2)^{0,5} = 2,7$$

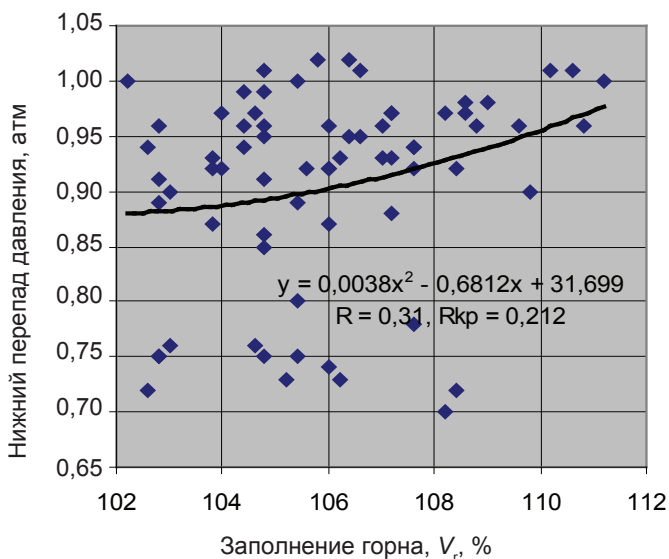


Рис. 1. Влияние степени заполнения горна V_r на нижний перепад давления dP_n

При переполнении горна на 11-12 %, как показано на рис. 2-3, скорость опускания шихты практически не замедляется, а температура периферии не растет вопреки высказыванию проф. Жеребина Б. Н. [2]. Кроме того, производительность в этих пределах переполнения горна существенно не падает, а расход кокса не растет, как показано на рис. 3, что объясняется, по-видимому, небольшой степенью переполнения горна жидкими продуктами плавки.

Таким образом, можно констатировать: во-первых, что переполнение горна доменной печи на 11-12 % можно допускать, поскольку оно незначительно влияет на ход доменной плавки; во-вторых, необходимо дальнейшее исследование влияния переполнения горна более, чем на 12 %, с целью определения и минимизации факторов, влияющих на этот процесс.

Поскольку эти процессы на доменной печи проследить затруднительно, так как не всегда имеется возможность выполнить исследовательские рекомендации из-за плановых работ, то исследование будет проведено на физических моделях.

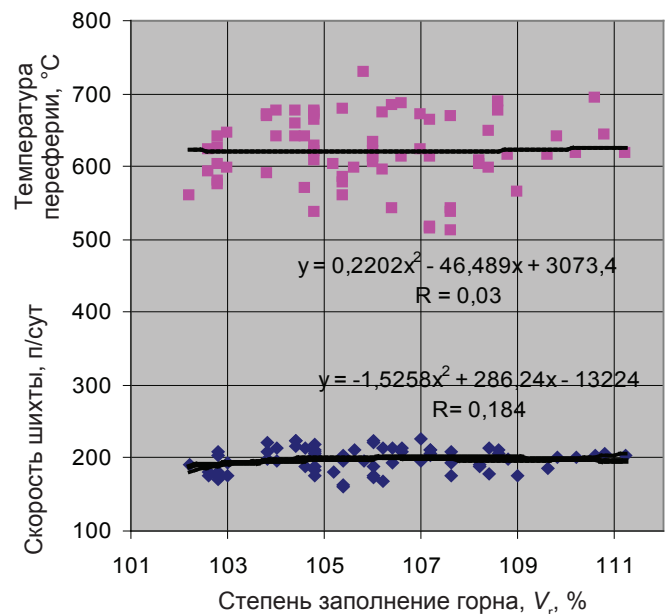


Рис. 2. Влияние степени заполнения горна на скорость опускания шихты и температуру периферии

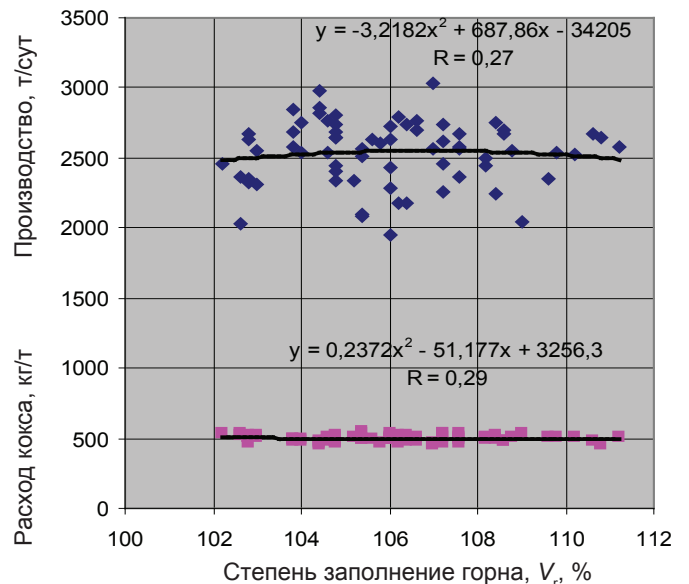


Рис. 3. Изменение производительности и расхода кокса в зависимости от степени заполнения горна до 111 %

Метод физического моделирования нижней зоны доменной печи. Для моделирования процессов, протекающих в нижней части, использовали холодную модель сектора фурменных зон доменной печи (рис. 4). В этом случае соблюдали геометрическое и газодинамическое подобие доменной печи и модели, определяемые идентичность чисел Рейнольдса $\approx idem$, Эйлера $Eu \approx idem$, Фруда $Fr \approx idem$, а также симплексами плотности газа и шихты (кокса) $r_k / r_r \approx idem$ [3], где ρ_r, ρ_k – плотности соответственно газа и кокса, $кг/м^3$.

Равенство критериев Рейнольдса в доменной печи и в модели соблюсти невозможно, так как скорость газового потока в модели должна возрасти в 15 раз, при которой шихта будет вынесена из модели потоком газа, поэтому необходимо работать в автомодельной области [3].

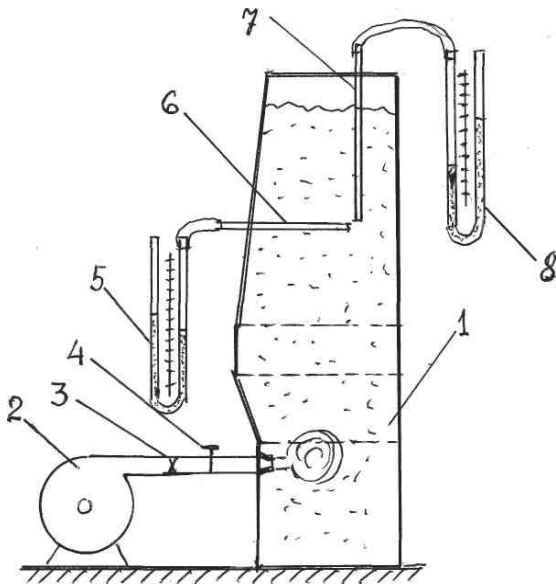


Рис. 4. Схема секторной модели нижней части доменной печи полезным объемом 1033 м³ в 1/15 натуральной величины – 1; 2 – вентилятор; 3 – расходомер, подключенный к U-образному манометру; 4 – регулировочный кран; 5, 8 – U-образные манометры; 6 – трубка Пито для замера статического напора в точках модели; 7 – трубка Пито для замера полного напора в тех же точках

Для того, чтобы избежать автомодельной области и расширить рамки факторного пространства, газодинамические параметры моделировались при помощи критерия Лагранжа $La = Re \cdot Eu = d / \mu V$, где ΔP – нижний перепад давления, Па; V – скорость газового потока, м/с; d – диаметр шихты (кокса), м; μ – динамическая вязкость газа, Па·с.

Численный расчет критериев моделирования показал, что для доменной печи и физической модели критерии Лагранжа имеют значения близкие друг к другу, что свидетельствует о соблюдении подобия доменной печи и экспериментального стенда (физической модели), на котором можно проводить исследования и результаты будут подобны выбранной доменной печи.

Методика исследования на стенде. В газодинамический стенд (физическую модель) загружали кокс фракции 6-8 и 10-12 мм в соответствии с планом эксперимента, как показано в табл. 2. Минус единице соответствовало минимальное значение фактора, плюс единице – его максимум.

В эксперименте использовали два варианта степени заполнения горна стенда: ниже фурменных очагов (0,50-0,95) и выше фурменных очагов (1,0-1,2). Для того, чтобы исключить влияние фильтрации жидкости через коксовую насадку, жидкость подавали в нижнюю часть стенда. Расход воздуха определяли по перепаду давления на измерительной шайбе 3 (рис. 4), который пересчитывали на метры кубические в секунду согласно рис. 5.

Априорно приняли шесть факторов, связанных с накоплением жидких продуктов плавки и существенно влияющих на газодинамику нижней зоны доменной печи: n (x_1) – количество воздушных фурм, 1-2 шт; η (x_2) – вязкость жидкости, 1,0-6,7 г/(см·с); ε (x_3) – порозность шихты, 0,43-0,60 м³/м³; d_k (x_4) – фракция кокса, 6-8 и 10-12 мм; v_{ϕ} (x_5) – высов фурмы, 0-20 мм;

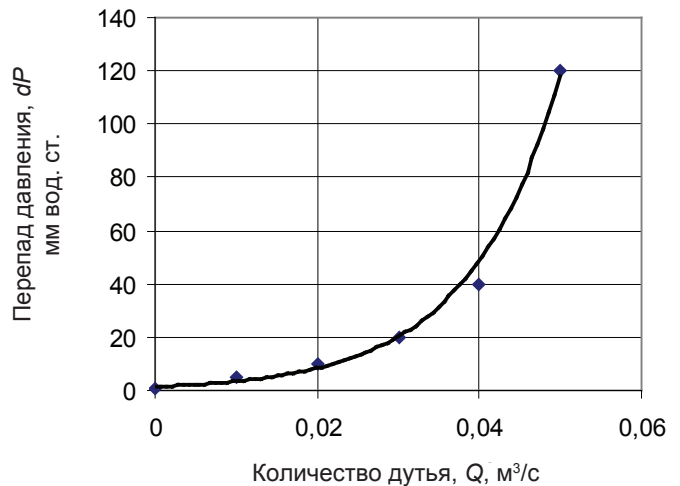


Рис. 5. График расхода воздуха на стенд, переведенный со значений перепада давления на манометре

$v_{ст}$ (x_6) – степень заполнения горна, 0,5-1,2. Изменение размеров зон циркуляции в зависимости от дутьевого режима определяли при помощи расчетов и контролировали визуально при помощи линейки.

В качестве параметра оптимизации был принят перепад статического давления ΔP в слое кокса при различной степени заполнения горна жидкими продуктами плавки.

Для комплексного изучения влияния уровня расплава на нижний перепад давления измеряли скорость газового потока в слое кокса по радиусу на горизонте середины заплечиков, расположенном выше горизонта фурм. Трубка Прандтля не подходит для замера скорости газа в сыпучих средах, так как она состоит из двух трубок одна в другой, ее толщина не соответствует параметрам сыпучего слоя и не должна превышать минимальный размер элементов сыпучего слоя. Поэтому, для замера локальных скоростей газа в сыпучем слое впервые применялась методика, основанная на замере статического (горизонтальная трубка Пито) и полного (вертикальная трубка) напора в каждой точке выбранного горизонтального сечения стенда.

Полное давление движущегося газа $P_{пол.}$ представляет собой:

$$P_{пол.} = P_{ст.} + P_{дин.} + P_{геом.} \quad (4)$$

где $P_{ст.}$ – статическое давление, $P_{дин.}$ – динамическое, $P_{геом.}$ – геометрическое.

Поскольку геометрическое давление зависит от положения плоскости измерения и по абсолютной величине очень мало, то им можно пренебречь [4]. Поэтому динамическое давление ($P_{дин.} = \rho_g \cdot V_g^2 / 2$) из равенства (4) получаем так:

$$P_{дин.} = \rho_g \cdot V_g^2 / 2 = P_{пол.} - P_{ст.}, \quad (5)$$

где V_g – скорость газа, ρ_g – удельная масса газа.

Динамическое давление пересчитывается на локальную скорость газа:

$$V_g = (2 (P_{пол.} - P_{ст.}) / \rho)^{0,5}. \quad (6)$$

Для проверки правильности значений локальной скорости газа ее выборочно замеряли термоанемометром [5].

Результаты исследования на физической модели. Для выявления факторов, действующих и незначительно влияющих на процесс, выполнена ранжировка по степени влияния на потери напора и отсева незначимых. Была применена матрица отсевого эксперимента при планировании опытов (табл. 2).

Таблица 2

Матрица отсевого эксперимента

Факторы						ΔP , Па
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	y
-1	-1	-1	-1	-1	1	90,6
1	1	1	1	-1	1	91,4
1	1	-1	-1	1	-1	59,2
1	-1	1	-1	-1	-1	47,2
1	-1	-1	1	1	1	98,2
-1	1	1	-1	1	1	78,0
-1	1	-1	1	-1	-1	37,4
-1	-1	1	1	1	-1	33,8
Σ						535,8
$b_0 = \Sigma/8$						66,975

Степень влияния каждого из факторов на перепад давления в слое шихты рассчитывали по формуле

$$b_i = \sum_j x_j y_j / n, [4],$$

где n – количество опытов; x_i – кодированное значение факторов $n, d_k, \eta, \epsilon, v_{ct}$ (-1, +1); y_j – параметр оптимизации, в данном случае ΔP .

Абсолютные величины коэффициентов регрессии (табл. 3) дают качественные зависимости потерь давления от факторов, указывают на вклад каждого фактора в параметр оптимизации (степень влияния фактора), а знаки плюс и минус – в какую сторону меняется параметр оптимизации (увеличивается или уменьшается).

Таблица 3

Расчет коэффициентов регрессии

ΔP	Коэффициенты регрессии факторов					
	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6
90,6	-90,6	-90,6	-90,6	-90,6	-90,6	90,6
91,4	91,4	91,4	91,4	91,4	-91,4	91,4
59,2	59,2	59,2	-59,2	-59,2	59,2	-59,2
47,2	47,2	-47,2	47,2	-47,2	-47,2	-47,2
98,2	98,2	-98,2	-98,2	98,2	98,2	98,2
78,0	-78,0	78,0	78,0	-78,0	78,0	78,0
37,4	-37,4	37,4	-37,4	37,4	-37,4	-37,4
33,8	-33,8	-33,8	33,8	33,8	33,8	-33,8
535,8	56,2	-3,8	-35,0	-14,2	2,6	180,6
66,975	7,025	-0,475	-4,375	-1,775	0,325	22,575

Имея коэффициенты регрессии, можно получить уравнение регрессии процесса, описывающее влияние выбранных факторов на нижний перепад давления:

$$y = 66,975 + 7,025 x_1 - 0,475 x_2 - 4,375 x_3 - 1,775 x_4 + 0,325 x_5 + 22,575 x_6 \quad (7)$$

На рис. 6 показано изменение потерь давления при заполнении горна жидкими продуктами плавки в зависимости от каждого фактора. Из графика видно, что не все факторы влияют на параметр оптимизации. Поэтому, используя коэффициенты регрессии, построим ранжировочную кривую, где факторы рас-

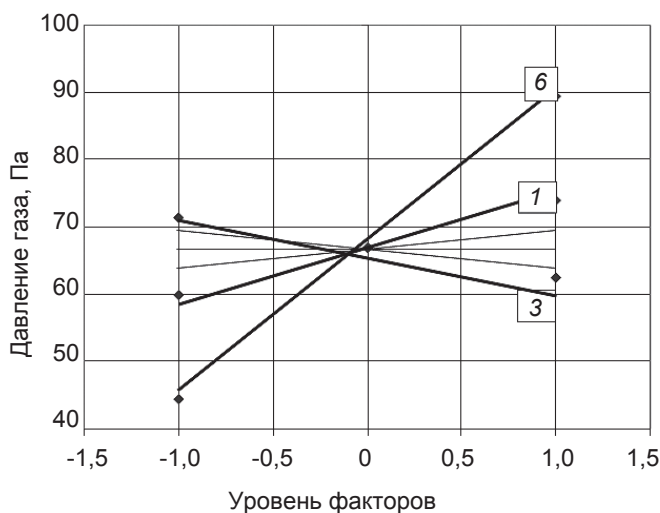


Рис. 6. Влияние факторов на нижний перепад давления: 1 – количество воздушных фурм; 3 – порозность кокса в горне; 6 – степень заполнения горна

положим по порядку, ориентируясь на абсолютное значение коэффициентов регрессии, и, отседем незначимые факторы, абсолютные величины которых выходят за рамки ошибки эксперимента. Ошибку эксперимента рассчитывали по повторным экспериментам (абсолютная величина ошибки равна 5 %)

$$S_{on} = 66,975 \cdot 5 / 100 = 3,35. \quad (8)$$

Тогда ошибка коэффициентов регрессии равна следующему значению:

$$S_{bi} = S_{on} / \sqrt{n} = 3,35 / \sqrt{8} = 1,2, \quad (9)$$

а доверительный интервал для коэффициентов регрессии равен

$$\Delta b_i = \pm S_{bi} t_{табл} = 1,2 \cdot 2,306 = 2,77, \quad (10)$$

где S_{on} – ошибка опыта; S_{bi} – ошибка коэффициентов регрессии; n – количество опытов в матрице табл. 2; Δb_i – доверительный интервал коэффициентов регрессии.

Из рис. 7 видно, что отсеиваются факторы x_4 – размер фракций кокса в горне, x_2 – вязкость жидкости и x_5 – высов фурмы.

Значительно влияют на нижний перепад давления, при уровне жидкости в горне выше зон горения,

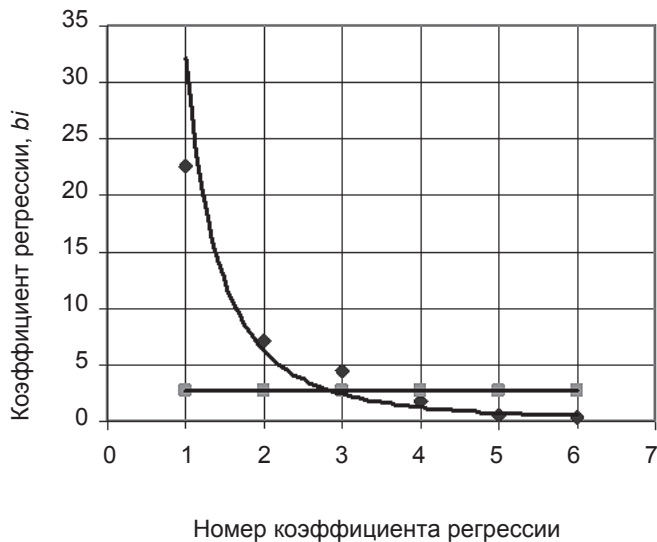


Рис. 7. Ранжировочная кривая факторов, влияющих на потери давления в нижней части станда. Номера на оси абсцисс: 1 – x_6 (степень заполнения горна), 2 – x_1 (количество фурм), 3 – x_3 (порозность кокса в горне), 4 – x_4 (размер фракции кокса), 5 – x_2 (вязкость жидкости), 6 – x_5 (высоты фурмы), горизонтальная прямая – доверительный интервал, равный 2,73 средней величины коэффициентов регрессии

следующие факторы: x_1 – количество фурм и x_3 – порозность кокса в горне, x_6 – степень заполнения горна.

Увеличение количества фурм на доменной печи увеличивает перекрытие площади горна фурменными очагами. Поэтому, при чрезмерном заполнении горна жидкими продуктами плавки, уменьшается объем свободного пространства для движения газов и жидкости, из-за чего нижний перепад давления растет. Поскольку количество фурм на доменной печи постоянное, этот фактор можно не учитывать, изучая процесс заполнения горна жидкими продуктами плавки. Но в качестве рекомендации при строительстве новых доменных печей желательно не увеличивать количество фурм выше статистически расчетного количества.

Увеличение порозности кокса в горне влияет на рост величины свободного пространства для заполнения жидкими продуктами плавки, остается больше места для прохода газа, и как следствие нижний перепад давления уменьшается. Это свидетельствует о том, что кокс хорошего качества не измельчается, и мелочь не забивает пространство между кусками – порозность увеличивается. При коксе хорошего качества заполнение горна жидкими продуктами плавки увеличивается без роста нижнего перепада давления. И наоборот, кокс низкого качества не позволяет нормально заполнять горн из-за низкой порозности и вследствие этого увеличения нижнего перепада давления газового потока.

Выполненные исследования показали, что самым действующим фактором из перечисленных выше, является заполнение и переполнение горна жидкими продуктами плавки. Нижний перепад давления очень чувствителен к полноте горна. Исследовательский стенд был изготовлен из органического стекла и по-

зволял наблюдать процесс заполнения кокса жидкостью. Одновременно с заполнением измеряли нижний перепад давления. Характерная зависимость перепада давления от степени заполнения горна жидкими продуктами плавки приведена на рис. 8.

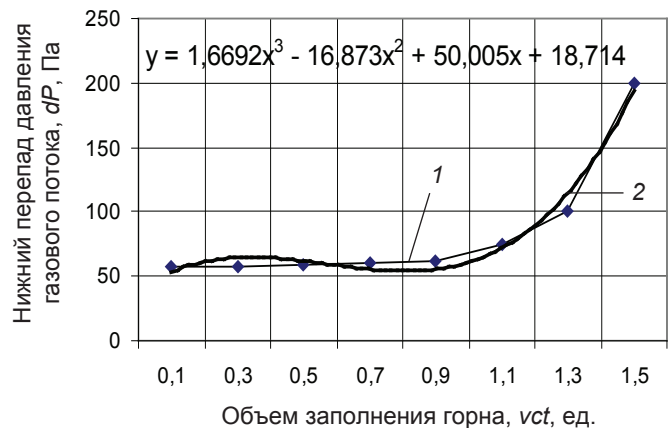


Рис. 8. Зависимость нижнего перепада давления газового потока от степени заполнения горна жидкими продуктами плавки: 1 – эмпирическая; 2 – аппроксимирована уравнением

Горизонтальный участок кривой свидетельствует о том, что при нормальных условиях накопление продуктов плавки до фурм не вносит существенных изменений на величину перепада давлений. Но как только горн заполнится на уровень выше 90-100 %, перепад давлений начинает резко расти, дальнейшее повышение уровня жидкости приводит к значительному росту нижнего перепада давлений, описываемой кубической кривой:

$$\Delta P_H = 18,7 + 50 v_{ct} - 16,87 v_{ct}^2 + 1,67 v_{ct}^3, \quad (11)$$

что свидетельствует о катастрофическом повышении перепада давления, а на доменной печи приводит к резкому ухудшению ровности хода доменной плавки.

В это время наблюдается (на стенде) отдув жидкости от фурм в центр и искажение «зеркала» жидкости, что подтверждает результаты экспериментов, выполненных на действующих доменных печах [6].

Причина повышения нижнего перепада в период накопления жидких продуктов плавки нам представляется следующим образом. После очередного выпуска жидкие продукты плавки, протекая через коксовую насадку, накапливаются в горне доменной печи. Уровень их непрерывно повышается и происходит подпор жидкостью струй газового потока, истекающего из фурм. Наблюдается отдув жидкости струей газа в среднюю часть горна, уменьшается объем пространства протекания газа, за счет чего увеличивается скорость газа на периферии, что и способствует повышению нижнего перепада давления. К аналогичным выводам пришли авторы работы [7], проведенной на действующей доменной печи.

Для подтверждения наших предположений нами были проведены замеры скоростей газового потока по радиусу при заполнении горна до уровня фурм (1,0 объем жидкости) и выше уровня фурм (1,25 объема жидкости). Уровень замера скоростей газового

потока по радиусу был установлен в середине высоты заплечиков с таким расчетом, чтобы жидкость, вытесненная газом в центр стенда, не касалась датчиков, измеряющих скорость газа по радиусу.

С повышением уровня жидкости увеличивается скорость газового потока в периферийной зоне (рис. 9, кривая 1) по сравнению с нормальным заполнением (кривая 2).

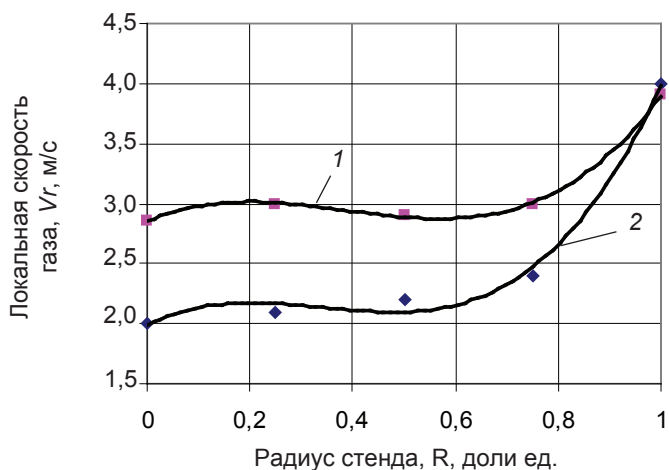


Рис. 9. Изменение скоростей газового потока над фурменными очагами при заполнении горна жидкостью до уровня фурм — 2 и выше уровня фурм — 1

На рис. 9 представлены кривые изменения скоростей газового потока при разном заполнении горна жидкостью, из которых видно, что при переполнении горна расплавом скорость газового потока в периферийной зоне (кривая 1) выше, чем в случае, когда в горне мало расплава, например, после выпуска (кривая 2). Средняя скорость газовых потоков по радиусу увеличивается примерно на 5 %, а поскольку потери давления пропорциональны квадрату скорости, то

нижний перепад увеличивается примерно на 40 %, что подтверждается результатами, приведенными на рис. 8. С дальнейшим переполнением горна нижний перепад давления возрастает в еще большей степени.

Вывод

Обоснована необходимость моделировать процесс накопления жидких продуктов плавки в горне доменной печи на физической модели.

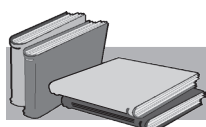
Применены и обоснованы необходимые критерии для моделирования взаимодействия процессов накопления жидких продуктов плавки и газового потока.

Выполненные исследования показали, что самым сильным действующим фактором из перечисленных выше является переполнение горна жидкими продуктами плавки. Получена математическая модель зависимости нижнего перепада давлений от степени заполнения горна.

Проведены замеры скорости газового потока по радиусу при заполнении горна до уровня фурм и выше. Показано, что при переполнении горна расплавом до 1,2 объема, скорость газового потока в периферийной зоне возрастает на 5 %, увеличивая нижний перепад давления до 40 %.

Расход газа по равновеликим сечениям горна перераспределяется по радиусу нижней части печи неравномерно и в зависимости от повышения уровня расплава увеличивается в периферийном и среднем участке радиуса, с небольшим уменьшением в центре.

Для обеспечения равномерного и постоянного газораспределения по сечению нижней части печи необходимо в период накопления расплава не допускать повышения уровня расплава более 100-110 % объема горна, организуя контроль уровня расплава путем установки на доменных печах устройств, регистрирующих положение расплава по высоте горна.



ЛИТЕРАТУРА

1. Федулов Ю. В. Производство чугуна. Свердловск: УПИ, 1980, Вып. 6. — С. 84-97.
2. Жеребин Б. Н. Практика ведения доменной печи. М.: «Металлургия», 1980. — 248 с.
3. Ковшов В. Н., Петренко В. А., Верещак В. И. Моделирование доменного процесса. — Днепропетровск: Институт технологии, 1997. — 109 с.
4. Ковшов В. Н. Постановка инженерного эксперимента. — Киев-Донецк: Высшая школа. Главное изд-во, 1982. — 120 с.
5. Леончик Б. И., Маякин В. П. Измерения в дисперсных потоках. — М.: Энергия, 1971. — 248 с.
6. Гуденау Г. В., Крайбих К., Номия Ё. — Черные металлы, 1980, № 9. — С. 21-26.
7. Сакамото Йосиясу, Кобаяси Сумио. Японская заявка, кл. 10A52 (C21B7/24) № 52-14406. РЖ «Металлургия», 1978, № 7, 7B286.

Анотація

Петренко В. О., Ткач О. О., Ковшов В. М.

Дослідження впливу процесів накопичення і випуску продуктів плавки на роботу доменної печі

Проведено статистичні дослідження процесів накопичення і випуску продуктів плавки. Виконано аналітична оцінка впливу ступеню заповнення горна доменної печі на нижній перепад тиску, швидкість опускання шихти і температуру периферії, а також продуктивність і витрати коксу. Розроблено метод фізичного моделювання нижньої зони доменної печі. Визначено вплив рівня розплаву на нижній перепад тиску і відносної швидкості газового потоку над фурменними очагами. Надані рекомендації по оптимальним параметрам накопичення продуктів плавки.

Ключові слова

накопичення, продукти плавки, доменна піч, нижня зона, рівень розплаву, заповнення горна, фізичне моделювання

Summary

Petrenko V. A., Tkach A. A., Kovshov V. N.

The investigation of the influence of both accumulating and ladle pouring processes on the blast-furnace operation

The statistical investigation of the influence of both accumulating and ladle pouring processes was carried out. The analytical estimation of the influence of the filling degree of a blast-furnace hearth on the lower level of the pressure differential, the speed of lowering of charge and the peripheral temperature and the productivity and consumption of coke as well was done. The method of the physical simulation of the lower section of the blast-furnace was developed. The influence of the melting level on the lower level of the pressure differential and the speed ratio of the gas flow over the combustion zone was defined. The recommendations for the optimal parameters of the casting-product accumulation were given.

Keywords

accumulation, casting products, blast-furnace, lower section, melting level, filling of a blast-furnace hearth, physical simulation

Поступила 02.03.14

Оформление рукописи для опубликования в журнале "Металл и литьё Украины":

Материалы для публикации необходимо подавать в формате, поддерживаемом Microsoft Word, размер бумаги А4, книжная ориентация, шрифт Arial – размер 10, междустрочный интервал – 1,5. Объем статьи – не более 10 стр., рисунков – не более 5.

Рукопись должна содержать:

- УДК;
- фамилии и инициалы всех авторов (на русском, украинском и английском языках);
- название статьи (на русском, украинском и английском языках);
- название учреждения(й), в котором(ых) работает(ют) автор(ы);
- аннотации на русском, украинском и английском языках;
- ключевые слова (не менее шести) – на русском, украинском и английском языках;
- предлагаемая структура текста (Arial 10, прямой) экспериментальной статьи: «Введение», «Материалы и методы», «Результаты и обсуждение», «Выводы».
- таблицы должны иметь порядковый номер (Arial 10, курсив) и заголовок (Arial 10, п/ж), текст в таблице (Arial 9, прямой), примечания к таблицам размещаются непосредственно под таблицей (Arial 8, курсивом).
- формулы (Arial 11, русские символы – прямым, английские – курсивом, греческие – Symbol 12, прямым) должны иметь порядковый номер (Arial 10, прямой);
- рисунки, схемы, диаграммы и другие графические материалы должны быть черными, четкими, контрастными, обязательно иметь номер и подрисуночную подпись (Arial 9, прямой); все громоздкие надписи на рисунке следует заменять цифровыми или буквенными обозначениями, объяснение которых необходимо выносить в подрисуночную подпись;
- список литературы (Arial 9);
- ссылки нумеруются в порядке их упоминания в тексте, где они обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках (например - [1]).