

го гарнисажа возможен при наличии достаточного количества заложенных в углеродистые блоки термопар и обязательного непрерывного анализа величин тепловых потоков в кладке, желательного с момента задувки печи.

2. Оперативный контроль толщины гарнисажа в горне печи позволяет не только предотвращать разгар футеровки, но и оптимизировать технологический режим доменной плавки, в частности режим промывок горна.

Библиографический список

1. Серов Ю. В. Новые информационные технологии контроля работы горна доменных печей / Ю. В. Серов, В. Г. Макиенко, В. Н. Бражко [и др.] // Сталь. – 1997. – № 10. – С. 4–9.

2. Спириин Н. А. Диагностика состояния футеровки доменных печей по температурному полю кладки / Н. А. Спириин, Ю. В. Федулов, В. С. Новиков [и др.] // Сталь. – 1997. – № 10. – С. 13–16.

3. Системы контроля разгара футеровки металлоприемника и формирования продуктов плавки в доменных печах КГГМК «Криворожсталь» / Н. М. Можаренко, Д. Н. Тогобицкая,

Г. В. Панчоха [и др.] // Сб. «Теория и практика производства чугуна». – Кривой Рог: КГГМК «Криворожсталь», 2004. – С. 511–514.

4. Система контроля разгара огнеупорной футеровки горна доменной печи / А. Н. Дмитриев [и др.] // Сталь. – 2013. – № 11. – С. 8–14.

5. Румянцев В. Д. Теория тепло и массообмена / В. Д. Румянцев. – Днепропетровск: Пороги, 2006. – 532 с.

6. Арутюнов В. А. Математическое моделирование тепловой работы промышленных печей / В. А. Арутюнов, В. В. Бухмиров, С. А. Крупицкиев. – М.: Металлургия, 1990. – 267 с.

7. Ильченко К. Д. Теплофизические свойства углеродистых футеровочных материалов / К. Д. Ильченко, М. Б. Ревенко // Металлургическая теплотехника. Сб. науч. тр. НМетАУ. – Днепропетровск: НМетАУ, 2009.

8. Спосіб контролю стану футерівки металоприймача доменної печі / А. К. Тараканов, В. П. Іващенко, О. О. Єрємін, А. В. Сибір, В. П. Лялюк / Патент України № 54485 від 10.11.2010 року. – Бюл. № 21.

Поступила 27.01.2016



УДК 669.162

Производство

Д. А. Кассим /к. т. н./, В. П. Лялюк /д. т. н./
Металлургический институт Криворожского
национального университета

А. К. Тараканов /д. т. н./

Национальная металлургическая академия
Украины

В. С. Листопадов, Д. В. Пинчук
ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»

Определение теоретической температуры горения при вдувании в горн доменной печи природного газа и пылеугольного топлива

Предложена методика определения теоретической температуры горения у фурм при вдувании в горн природного газа и/или пылеугольного топлива с использованием оперативной информации о параметрах дутья, расходах природного газа и пылеугольного топлива, снимаемых с контрольно-измерительных приборов, а также систем контроля и управления доменной печью. (Табл. 2. Библиогр.: 10 назв.).

Ключевые слова: теоретическая температура горения, дутье, природный газ, пылеугольное топливо.

Proposed the method of determining the theoretical combustion temperature at tuyeres while blowing the natural gas into the furnace and/or pulverized coal, with using of operational information about the parameters of blast, consumptions of natural gas and pulverized coal, which remove from control instrumentation and automation systems on the Central control panel of the blast furnace.

Key words: theoretical combustion temperature, blast, natural gas, pulverized coal

Температура горения в фурменной зоне является одним из важнейших параметров доменной плавки. Это начальная температура газового потока, от которой зависит его тепло- и массообмен с шихтовыми материалами. В настоящее время нет надежных средств непрерывного измерения температуры горения, поэтому ее определяют расчетным путем как теоретическую (адиабатическую) температуру горения.

Рядом исследований показано [1], что теоретическая температура горения топлива в фурменных очагах является одним из показателей дутьевого режима доменной плавки для целей оптимизации параметров дутья. На многих заводах теоретическую температуру горения топлива в фурменных очагах рассчитывают по приближенным формулам, например, по эмпирической формуле, разработанной с участием специалистов Института черной металлургии имени З. И. Некрасова [2, с. 212]:

$$T_r = 2000 + 0,75(t_d - 1100) + 40(2,0 - \varphi) + 50(\omega - 25,0) + 53(9,0 - D) - 26KГ - 4,0M, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (1)$$

где ω – концентрация кислорода в дутье, %; φ – влажность дутья, %; D – расход природного газа, % к дутью; t_d – температура дутья, $^\circ\text{C}$; $KГ$ – расход коксового газа, % к дутью; M – расход мазута, $\text{г}/\text{м}^3$ дутья.

Однако, по мнению авторов [3], данная формула часто дает в современных условиях завышенные значения и психологически удерживает технологов от рационального повышения T_r . В работе [4] предложены выражения для расчета теоретической температуры горения с учетом элементарного анализа вдуваемого топлива, изменения параметров дутья и количества вдуваемых дополнительных топлив при различном их сочетании, которую предлагают использовать также авторы [5], отмечая, что теоретическая температура горения кокса и вдуваемого топлива в доменной печи в наиболее распространенных случаях может быть определена по формуле:

$$t_r = \frac{0,9341t_d + 8208\omega - \varphi(2402 - 1,2177t_d) - (1,9322 + 2,235W^P)S_{ж} - (0,39 + 2,2175C_{ТВ}^P)S_{ТВ} - 2673S_r + 94,76}{1 + \omega + 2\varphi + (0,0012 + 0,0013W^P)S_{ж} + 0,0005S_{ТВ} + 2,026S_r}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2)$$

где t_d – температура дутья, $^\circ\text{C}$; ω – содержание кислорода в дутье, $\text{м}^3/\text{м}^3$; φ – содержание влаги в дутье, $\text{м}^3/\text{м}^3$; $S_{ж}$, $S_{ТВ}$, S_r – расход жидкого, твердого или газообразного топлива, $\text{м}^3/\text{м}^3$; W^P – влажность рабочего топлива, д. ед.; $C_{ТВ}^P$ – содержание углерода в твердом топливе, д. ед.

Данная формула, в представленном или несколько откорректированном виде, применяется на некоторых металлургических комбина-

тах Украины (ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог», ПАО «Алчевский металлургический комбинат»). Однако коэффициенты данного уравнения, определяющие уровень теоретической температуры горения при изменении расхода заменителей кокса, рассчитаны с учетом усредненных данных элементарного анализа твердого и жидкого топлива, что снижает корректность полученных результатов при нестабильной сырьевой базе современных металлургических предприятий.

Так, в [4] приводятся элементарные составы пылевидного топлива для доменной плавки, с учетом которых необходимо пересчитывать коэффициенты в расчетных формулах, зависящие от составов. В частности содержание углерода в рабочем топливе изменяется от 0,5287 до 0,7979 $\text{кг}/\text{кг}$, золы – от 0,0634 до 0,3555 $\text{кг}/\text{кг}$ и т. д., что, естественно, требует учета при определении коэффициентов, входящих в выражение теоретической температуры горения (2). Авторы также констатируют, что величина теоретической температуры горения топлива является однозначно функцией состава и расхода вводимых в дутье добавок, температуры дутья, содержания в нем кислорода и водяных паров. Поэтому желательно иметь расчетные уравнения, в которые эти величины входили бы в явном виде, а не при посредстве дополнительных переменных.

Определить теоретическую температуру горения можно из уравнения, приведенного в учебнике [6], в котором все входящие в него величины отнесены к 1 кг углерода, сгорающего на фурмах:

$$T_r = 273 + \frac{9797 + m_r \cdot q_r + V_d \cdot [(C_d + \varphi \cdot C_{H_2O}) \cdot t_d - 10806 \cdot \varphi]}{V_r \cdot C_r}, \text{ } K, \quad (3)$$

где 9797 – теплота сгорания углерода кокса до CO , $\text{кДж}/\text{кг}$; m_r – расход природного газа в расчете на 1 кг углерода, сгорающего у фурм, м^3 ; q_r – суммарный тепловой эффект превращений, происходящих в зоне горения с компонентами

вдуваемого газа, $\text{кДж}/\text{м}^3$; V_d – расход сухого дутья, отнесенного к 1 кг углерода, сгорающего у фурм, м^3 ; t_d – температура дутья, $^\circ\text{C}$; φ – содержание влаги в долях единицы; C_d , C_{H_2O} , C_r – теплоемкость дутья, влаги и газа, $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{град})$; 10806 – расход теплоты на разложение 1 м^3 влаги, кДж ; V_r – общее количество газов, образующихся у фурм, в расчете на 1 кг углерода, сгорающего у фурм, м^3 .

Авторы работ [6; 7] отмечают, что в данной формуле не учитывается энтальпия углерода кокса, поступающего в зону горения, и теплоотдача от продуктов горения к жидким продуктам плавки. Кроме того, вычисление расчетных величин, отнесенных к 1 кг сжигаемого на фурмах углерода, не представляет затруднений при наличии материального баланса, но весьма затруднительно в тех случаях, когда необходимо контролировать значение теоретической температуры горения в производственных условиях или проводить анализ на основе производственных данных [4].

По мнению И. Г. Товаровского [8], при определении возможного расхода какой-либо дутьевой добавки удобно исходить из изменений теоретической температуры горения, которая как комплексный параметр дутьевого режима характеризует температурно-окислительные условия превращений добавок в фурменных очагах. В этом смысле ориентацию на сохранение проверенных на практике значений теоретической температуры горения при повышении расхода добавки следует считать оправданной. Однако этот критерий оказывается недостаточно надежным при значительном изменении условий (расхода добавки, температуры дутья и концентрации кислорода в нем) и совсем непригодным при замене одной добавки другой.

Цель данной работы – разработка методических подходов к определению теоретической температуры горения топлива по контролируемым параметрам дутья при вдувании в горн доменной печи природного газа и ПУТ на основе стехиометрических соотношений и данных технического анализа топлива.

Теоретическая температура горения топлива (средняя расчетная температура газообразных продуктов горения топлива в фурменных очагах) рассчитывается как отношение прихода теплоты (суммы теплосодержания дутья, теплоты горения топлива и теплосодержания кокса, приходящего на фурмы) к производству объема фурменного газа и его удельной теплоемкости.

В общем случае теоретическая температура горения может быть рассчитана по уравнению:

$$T_T = \frac{Q_\Sigma}{V_T \cdot c_T}, \quad (4)$$

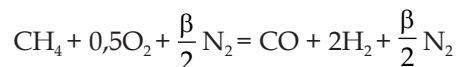
где Q_Σ – суммарный приход теплоты сгорания топлива (углерода кокса, природного газа и пылеугольного топлива), кДж/с; V_T – выход горнового газа, м³/с; c_T – теплоемкость горнового газа, кДж/м³·град.

Приход теплоты за счет горения природного газа рассчитывается таким образом:

$$Q_T \cdot 1700, \text{ Кдж/с,}$$

где Q_T – расход природного газа, м³/с; 1700 – средний тепловой эффект реакции горения 1 м³ природного газа, кДж/м³.

При горении природного газа по реакции:



расходуется кислорода дутья:

$$\text{O}_2 \cdot \left[Q_T \cdot \left(0,5 + \frac{1 - \text{O}_2}{2\text{O}_2} \right) \right], \text{ м}^3/\text{с,}$$

где β – содержание азота в сухом дутье, м³/м³, O_2 – содержание кислорода в сухом дутье, м³/м³.

Остальной кислород расходуется на сжигание углерода кокса и угольной пыли:

$$\text{O}_2 \cdot \left[Q_d - Q_T \cdot \left(0,5 + \frac{1 - \text{O}_2}{2\text{O}_2} \right) \right], \text{ м}^3/\text{с,}$$

где Q_d – приведенный к нормальным условиям расход дутья, м³/с.

При этом выделяется теплоты:

$$10521,9 \cdot \text{O}_2 \cdot \left[Q_d - Q_T \cdot \left(0,5 + \frac{1 - \text{O}_2}{2\text{O}_2} \right) \right], \text{ Кдж/с,}$$

где 10521,9 – тепловой эффект горения углерода на 1 м³ кислорода.

Остатком кислорода сжигается углерода:

$$\text{O}_2 \cdot \left[Q_{\text{од}} - Q_{\text{ог}} \cdot \left(0,5 + \frac{1 - \text{O}_2}{2\text{O}_2} \right) \right] \cdot \frac{12}{11,2}, \text{ кг/с.}$$

Теплосодержание сожженного углерода кокса, нагретого до 1400 °С, рассчитывается так:

$$1400 \cdot 1,6 \cdot \left\{ \text{O}_2 \cdot \left[Q_d - Q_T \cdot \left(0,5 + \frac{1 - \text{O}_2}{2 \cdot \text{O}_2} \right) \right] \cdot \frac{12}{11,2} - Y \cdot C_y \right\}, \text{ Кдж/с,}$$

где 1,6 – средняя теплоемкость углерода при 1400 °С, кДж/кг·град; Y – расход угля, кг/с; C_y – среднее содержание углерода в угле, д. ед.

Приняв среднее содержание углерода для газовых углей 67,0 %, получаем:

$$2240 \cdot \text{O}_2 \cdot \left[Q_d - Q_T \cdot \left(0,5 + \frac{1 - \text{O}_2}{2 \cdot \text{O}_2} \right) \right] \cdot \frac{12}{11,2} - 0,67 \cdot Y, \text{ Кдж/с,}$$

где член $0,67 \cdot Y$ – учитывает, что уголь попадает в зону горения холодным.

Приход теплоты с нагретым дутьем определяется таким образом:

$$1,4 \cdot Q_d \cdot t_d, \text{ Кдж/с,}$$

где 1,4 – средняя теплоемкость дутья в интервале температур 1000–1200 °С, кДж/м³·град.; t_d – температура дутья, °С.

На диссоциацию влаги дутья расходуется теплоты:

$$Q_d \cdot 10806 \cdot \varphi, \text{ кДж},$$

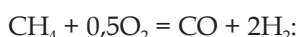
где 10806 – тепловой эффект диссоциации влаги, кДж/м³; φ – влажность дутья, м³/м³.

На плавление и шлакообразование золы ПУТ расходуется теплоты:

$$C_{\text{шл}} \cdot A_{\text{пут}} \cdot Y, \text{ кДж},$$

где C_{шл} – теплоемкость шлака, образующегося при плавлении золы ПУТ, кДж/(кг·град) (в дальнейшем расчете C_{шл} принята = 1700 кДж/(кг·град)), A_{пут} – содержание золы в ПУТ, д. ед.

Выход горнового газа при горении природного газа по реакции рассчитывается следующим образом:



$$Q_{\text{ог}} \cdot \left(3 + \frac{1 - \text{O}_2}{2\text{O}_2} \right).$$

$$T_T = 273 + \frac{1700 \cdot Q_{\text{ог}} + 10521,9 \cdot \text{O}_2 \left[Q_{\text{од}} - Q_{\text{ог}} \left(0,5 + \frac{1 - \text{O}_2}{2\text{O}_2} \right) \right] + 1,4 \cdot Q_{\text{од}} \cdot t_d + \dots}{1,5 \cdot \left[\left(3 + \frac{1 - \text{O}_2}{2\text{O}_2} \right) Q_{\text{ог}} + \left(2 + \frac{1 - \text{O}_2}{\text{O}_2} \right) \cdot \left[Q_{\text{од}} - Q_{\text{ог}} \left(0,5 + \frac{1 - \text{O}_2}{2\text{O}_2} \right) \right] \text{O}_2 + 1,5 \cdot Q_{\text{од}} \cdot \varphi \right] + \dots} \dots$$

$$\frac{+2340 \cdot \text{O}_2 \left[Q_{\text{од}} - Q_{\text{ог}} \left(0,5 + \frac{1 - \text{O}_2}{2\text{O}_2} \right) - 0,67 \cdot Y \right] - 10806 Q_{\text{од}} \cdot \varphi - C_{\text{ш}} \cdot A_{\text{пут}} \cdot m_{\text{ПУТ}}}{+(1,42 \cdot Q_{\text{N}_2} + 2,252 \cdot V^c) \cdot m_{\text{ПУТ}}}, \quad (5)$$

Выход горнового газа при горении углерода кокса и угля определяется так:

$$\left(2 + \frac{1 - \text{O}_2}{\text{O}_2} \right) \cdot \left[Q_d - Q_r \cdot \left(0,5 + \frac{1 - \text{O}_2}{2\text{O}_2} \right) \right] \cdot \text{O}_2, \text{ м}^3/\text{с},$$

Выход горнового газа за счет диссоциации влаги дутья рассчитывается по формуле:

$$1,5 \cdot Q_d \cdot \varphi, \text{ м}^3/\text{с}.$$

Общее уравнение для расчета выхода горнового газа при горении топлива выглядит таким образом:

$$V_r = Q_r \cdot \left(3 + \frac{1 - \text{O}_2}{2 \cdot \text{O}_2} \right) + \left(2 + \frac{1 - \text{O}_2}{\text{O}_2} \right) \times \left[Q_d - Q_r \cdot \left(0,5 + \frac{1 - \text{O}_2}{\text{O}_2} \right) \right] \cdot \text{O}_2 + 1,5 Q_d \cdot \varphi$$

Наряду с горновым газом, образующимся при горении углерода и углеводородов топлива в горне доменной печи и диссоциации влаги дутья, к общему объему горнового газа при-

соединяются летучие вещества ПУТ и азот, выполняющий функцию газа-носителя ПУТ. Если предположить, что состав летучих веществ, выделяющихся в горне доменной печи, соответствует составу коксового газа, то рассчитать теплоемкость летучих веществ можно по данным [9] (табл. 1).

То есть средняя изобарная теплоемкость смеси газообразных соединений, выделяющихся в горне из пылеугольного топлива в интервале температур 800–1227 °С, составляет 2,252 кДж/м³·град.

С учетом теплоемкости газов выделяющихся летучих веществ угля, газа-носителя ПУТ (азота) и теплоты, затрачиваемой на шлакообразование из золы ПУТ, общее уравнение для расчета теоретической температуры горения при вдувании в горн печи природного газа и ПУТ может быть представлено в следующем виде:

где 1,5 – теплоемкость горнового газа, кДж/м³·град; 1,42 – средняя теплоемкость азота в интервале температур 100–1227 °С, кДж/нм³·град; Q_{N₂} – удельный расход азота-носителя, м³/кг ПУТ; 2,252 – средняя теплоемкость сухого коксового газа в интервале температур 800–1227 °С, кДж/нм³·град, определяемая по составу газа и средним теплоемкостям компонентов; V^c – выход летучих веществ угля, д. ед.

Таблица 1

Данные для расчета теплоемкости летучих веществ

Компонент	Содержание (X _i), %	Средняя C _p , кДж/м ³ ·град в интервале температур 800–1227 °С
H ₂	57,9	1,406
CH ₄	26,2	3,742
CO	6,0	1,502
N ₂	4,6	1,490
CO ₂	2,2	2,466
C ₆ H ₆	2,5	9,372
O ₂	0,6	1,589
Смеси	100	2,252

С целью оценки влияния изменения расхода ПУТ на значение теоретической температуры горения нами были выполнены расчеты для условий работы доменной печи № 1 полезным объемом 1033 м³ Донецкого металлургического завода [10] с использованием предложенного уравнения (5).

В качестве исходных параметров для расчета были выбраны следующие фактические показатели работы доменной печи № 1: Q_д – 2021 м³/мин; t_д – 1067 °С; O₂ – 22,5 %; φ – 0,01 м³/м³; Q_г – 75,2 м³/т чугуна. Как показатели качества пылеугольного топлива приняли: содержание золы (А) – 9 %; выход летучих веществ (V^d) – 24 %; Q_{N₂} – 0,75 м³/кг ПУТ.

Расчеты теоретической температуры горения были выполнены при изменении расхода ПУТ от 0 до 300 кг/т чугуна с шагом 50 кг/т чугуна для двух вариантов расхода природного газа: 75,2 и 0 м³/т чугуна. Результаты расчетов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты расчетов теоретической температуры горения

Расход ПУТ, кг/т	Теоретическая температура горения, °С	
	Q _г = 75,2 м ³ /т	Q _г = 0 м ³ /т
0	2033	2301
50	1977	2233
100	1923	2170
150	1872	2109
200	1823	2051
250	1776	2096
300	1732	1944

Таким образом, при увеличении расхода ПУТ из газового угля с 0 до 300 кг/т чугуна теоретическая температура горения без вдувания природного газа снижается на 357 °С, при расходе природного газа 75,2 м³/т – на 301 °С, что, при прочих равных условиях, соответствует понижению на 1,2 и 1,0 °С/кг ПУТ из газового угля.

В соответствии с данными, приведенными в [8], при вдувании углей основной составляющей эффекта является теплоотдача в печи, которая тем больше, чем выше содержание нелетучего и несвязанного углерода во вдуваемом угле. Для измельченного антрацита (ИА) этот показатель определяет коэффициент замены кокса 0,75–0,80 кг/кг, а для измельченного газового угля (ИГУ) – 0,50–0,60 кг/кг. Коэффициент замены кокса ИА для разных условий плавки различается незначительно и в среднем составляет 1,0 кг/кг. С повышением расхода ИА на каждые 10 г/м³ дутья теоретическая темпе-

ратура горения снижается на 14–10 °С. Температура границы между зонами теплообмена при этом повышается, температура колошникового газа тоже повышается на 0,1 град/кг.

Коэффициент замены кокса ИГУ составляет в различных вариантах и для разных его расходов 0,8–0,86 кг/кг, то есть изменяется тоже незначительно. Для ИГУ доля КЗ, обусловленная теплоотдачей ИГУ, значительно меньше. С повышением расхода ИГУ на каждые 10 г/м³ дутья теоретическая температура горения снижается на 22–26 °С.

При расчетах, выполненных по предлагаемой методике (5), без вдувания природного газа при повышении расхода ПУТ из газового угля на каждые 10 г/м³ дутья теоретическая температура горения снижается на 19,4 °С, что достаточно близко к теоретическим данным И. Г. Товаровского [8].

Уточнение методики расчета теоретической температуры горения топлива в фурменных очагах доменной печи позволяет оптимизировать дутьевой режим плавки [1; 3], заметно снизить удельный расход кокса и увеличить производительность печи.

Библиографический список

1. Тараканов А. К. Выбор на доменных печах рациональных значений параметров дутья на основе расчетного контроля обобщающих показателей дутьевого режима плавки / А. К. Тараканов, В. П. Лялюк, А. С. Костомаров // A collective monograph «XIII International Scientific Conference: New technologies and achievements in metallurgy». – Chestohova, Poland, 2012. – № 24. – pp. 181–185.
2. Волков Ю. П. Технолог-доменщик: справочник / Ю. П. Волков, Л. Я. Шпарбер, А. К. Гусаров. – М.: Металлургия, 1986. – 263 с.
3. Оптимизация параметров дутьевого режима доменной плавки / А. К. Тараканов, В. В. Бочка, А. С. Костомаров, С. А. Кариков // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2015. – № 2. – С. 11–15.
4. Дунаев Н. Е. Расчеты теоретической температуры фурменных газов в доменной плавке на дутье с добавками, обогащенном кислородом / Н. Е. Дунаев, Т. И. Кухтин // Сталь. – 1977. – № 7. – С. 600–604.
5. Доменное производство: Справочное издание: в 2- т. Т. 1. Подготовка руд и доменный процесс // под ред. Е. Ф. Вегмана. – М.: Металлургия. – 1989. – 496 с.
6. Ефименко Г. Г. Металлургия чугуна / Г. Г. Ефименко, А. А. Гиммельфарб, В. Е. Левченко. – К.: Вища школа, 1981. – 496 с.

7. Лялюк В. П. Современные проблемы технологии доменной плавки: монография / В. П. Лялюк. – Днепропетровск: Пороги. 1999. – 164 с.

8. Товаровский И. Г. Познание процессов и развитие технологии доменной плавки: монография / И. Г. Товаровский. – Днепропетровск: Журфонд, 2015. – 912 с.

9. Коробчанский И. Е. Расчеты аппаратуры для улавливания химических продуктов коксо-

вания / И. Е. Коробчанский, М. Д. Кузнецов. – 2-е изд. – М.: Металлургия, 1972. – 296 с.

10. Перспективные технологии доменной плавки с применением кислорода и пылеугольного топлива / В. А. Ноздрачев, С. Л. Ярошевский, В. П. Терещенко. – Донецк: Новый мир, 1996. – 173 с.

Поступила 27.01.2016



УДК 669.162.1

Наука

**А. С. Мных /к. т. н./, И. Г. Яковлева /д. т. н./,
М. Ю. Пазюк /д. т. н./, А. А. Жеребцов**
Запорожская государственная инженерная академия

Оптимизация структуры слоя агломерационной шихты с целью стабилизации теплового режима процесса спекания

В работе предложен алгоритм управления загрузочным устройством агломерационной машины с целью формирования оптимальной структуры слоя шихты, подготовленной к спеканию, и реализовано численное решение оптимизационной задачи.

Приведены результаты активного эксперимента со спеканием агломерата и проанализировано влияние условий формирования слоя шихты на тепловой режим и производительность процесса. (Ил. 4. Библиогр.: 10 назв.).

Ключевые слова: агломерационный процесс, загрузочный лоток, сегрегация, горизонт слоя, алгоритм управления.

In this paper we propose a control algorithm of the boot device sintering machine to form the optimal structure of the charge layer to be sintered is prepared and implemented numerical solution of the optimization problem.

The results of active experiment with the sintering of the agglomerate and the influence of conditions of formation of a layer charge on the thermal regime and productivity of the process.

Key words: sintering process, feed chute, segregation, horizon layer, a control algorithm.

Введение

Эффективность работы конвейерных машин в значительной степени зависит от совершенствования технологий шихтоподготовки, окомкования и загрузки шихты на паллеты агломашины, что обуславливает формирование слоя материала с заданными характеристиками. Последнее обеспечивается за счет использования загрузочных устройств различной конструкции. В свою очередь, эффективное управление формированием слоя шихты обеспечивается только в случае взаимосвязи газодинамических характеристик слоя материала и теплового режима спекания с производительностью процесса.

Опыт эксплуатации отечественных и зарубежных конвейерных машин показал, что отсутствие указанных выше взаимосвязей приводит к тому, что корректировка структуры слоя шихты, подготовленной к спеканию, происходит через значительный интервал времени, после изменения теплового режима и газодинамического состояния слоя.

Отсутствие контроля структурных характеристик материала на паллетах агломашины не позволяет оперативно анализировать изменение распределения химкомпонентов и газодинамики слоя шихты и, следовательно, оперативно корректировать режим загрузки.