

А.И.Белькова, Д.А.Степаненко, А.С.Скачко

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ УЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНО-ДУТЬЕВОГО РЕЖИМА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ В ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТАВА ПРОДУКТОВ ПЛАВКИ В КОНКРЕТНЫХ СЫРЬЕВЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины

Выявлены закономерности влияния показателей технологического режима доменной плавки на формирование конечных составов чугуна и шлака. Предложен комплексный показатель температурно-дутьевого режима, включающий температурный индекс печи, степень использования газа и длину фурменной зоны. Разработанный комплексный показатель, наряду с комплексным показателем шихты, рекомендуется использовать для создания прогнозных моделей коэффициентов распределения элементов шихты между продуктами плавки.

Ключевые слова: доменная плавка, температурно-дутьевой режим, комплексный показатель, коэффициенты распределения элементов, чугун, шлак.

Состояние проблемы. В современных условиях доменной плавки нестабильность снабжения предприятий железорудными материалами и коксом, изменение ценовой политики приводит к необходимости частых перешихтовок и формированию состава шихты с привлечением нетрадиционных видов сырья. Успешное решение этих задач связано с углубленным изучением и адекватным описанием процессов формирования и взаимодействия расплавов, разработкой физико-химических моделей и обобщающих критериев, позволяющих оценивать состав и свойства продуктов плавки во взаимосвязи с сырьевыми и технологическими показателями процесса и управлять качеством продукции в нестабильных условиях доменной плавки

Целью работы является разработка комплексного показателя влияния технологических условий процесса выплавки чугуна на состав и свойства конечных продуктов плавки. Публикация содержит результаты исследований, проведенных при грантовой поддержке Государственного фонда фундаментальных исследований за конкурсным проектом №GP/F61/020/

Для решения задач прогнозирования состава и свойств продуктов доменной плавки нами используется разработанная в ИЧМ методика физико-химического моделирования металлургических расплавов и процессов, включающая концепцию моделирования восстановительной плавки по схеме «Шихта» + «Технология» = «Продукты плавки» [1]. В этом случае состав продуктов плавки рассчитывается в зависимости от состава исходной шихты и параметров технологического режима на основе прогнозных моделей коэффициентов распределения элементов

между продуктами плавки, зависящих от конкретных шихтовых и технологических условий: $L_3 = f(\text{параметры шихты}) + f(\text{параметры технологии})$.

Ранее в работах [2, 3] нами разработан интегральный показатель доменной шихты, который позволяет аналитически прогнозировать характер и показатели формирования расплавов из различных железорудных материалов и на их основе оптимизировать свойства и физико-химическое состояние жидких фаз, обеспечивающих выплавку чугуна заданного качества с минимальными энергозатратами. В качестве параметров шихты нами использовались показатели: содержание Fe_2O_3 (богатство шихты) и параметры шлакообразующей части шихты ρ и Δe , определяющие ее свойства [4].

Основной материал исследования. Влияние технологических условий процесса выплавки чугуна на состав и свойства конечных продуктов плавки проявляется многочисленными взаимосвязями параметров технологического процесса. К таким параметрам относятся интенсивность плавки по коксу, рудная нагрузка, расход дутья и природного газа, давление дутья и под колошником, температура и влажность дутья, содержание кислорода в дутье, состав колошникового газа, степень использования газа и др. Одним из наиболее часто используемых комплексных показателей дутьевого режима доменной плавки является теоретическая температура горения топлива в фурменном очаге T_r , определяющаяся тепловым балансом зоны горения и влияющая на газодинамические и температурные условия в фурменной зоне и в целом в доменной печи [5]. Теоретическая температура горения обусловлена расходом и теплосодержанием (энтальпией) дутья, влияющим на состав, выход и теплосодержание фурменных газов и, следовательно, тепловое состояние фурменных очагов, от которых зависит развитие реакций формирования состава и свойств продуктов плавки. Большая чувствительность T_r к изменениям дутьевых параметров и возможность ее непрерывного расчета позволяет использовать этот показатель для оперативной оценки, регулирования и стабилизации теплового состояния горна и, следовательно, качества чугуна.

Также наряду с теоретической температурой горения при моделировании доменного процесса в качестве критерия, комплексно отражающего температурно-тепловое состояние нижней части печи, целесообразно учитывать глубину проникновения фурменных газов в коксовую насадку по оси печи, т.е. длину фурменной зоны. Эта величина изменяется в довольно заметных пределах, связана с параметрами дутья, теоретической температурой горения, кинетической энергией дутья, с геометрическими размерами фурменной зоны. Размеры зоны горения оказывают существенное влияние на работу печи, не только за счет соответствующего подбора диаметра фурм, но и за счет влияния их на структуру очага горения, что позволяет достигать необходимого

распределения газов по сечению печи и соответствующего температурного режима в центре горна и, следовательно, управлять его нагревом.

В данной работе выполнена оценка влияния показателей температурно-дутьевого режима на процессы распределения элементов шихты в системе «чугун-шлак» и формирование конечных составов продуктов плавки. Рассмотрены данные о работе доменной печи № 9 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» в различные периоды. В частности, использована выборка фактических данных выпусков чугунов, которым сопоставлены показатели загружаемой шихты и технологического режима за отдельные периоды времени с 2004 г. по 2011 г. (табл.1).

Совместно с сотрудниками ОТОСУ сформирована выборка данных (рассчитанные) за каждый час работы печи за февраль 2012 г. о показателях загружаемой шихты и дутьевого режима, которым были сопоставлены показатели продуктов плавки. Данная выборка включает данные показателей, замеренных на печи: скорость схода шихты, характеризующая поведение материалов в верхней зоне печи, и показатель газового потока – выход колошникового газа. На основании статистического анализа взаимосвязей влияния указанных показателей шихты и дутья на коэффициенты распределения элементов шихты с использованием автокорреляционной функции установлено, что наилучшая связь у L_S , L_{Si} наблюдается со сдвигом во времени:

- 8 часов с показателем скорости схода шихты $V_{ш}$;
- 4 часа с показателями состава колошникового газа;
- 2 часа с показателями дутьевого режима.

Сформированный массив данных дополнен расчетными показателями: степень использования газов η_{CO} , степень прямого восстановления rd , теоретическая температура горения T_T , глубина фурменной зоны $L_{фз}$ и температурный индекс печи ТИП [6], связывающий верх доменной печи с её низом и рассчитываемый как произведение двух отношений: теоретической температуры горения кокса у фурм T_T к температуре колошникового газа $T_{кр}$ и температуры чугуна $T_ч$ к температуре дутья $T_д$:

$$ТИП = \frac{2500 - T_t}{T_{кр}} \cdot \frac{1550 - T_ч}{1250 - T_д}$$

Температурный индекс печи ТИП разработан исследователями [6] для прогноза возможных неполадок и отклонений при выплавке чугуна как критерий, связывающий верх и низ печи, т.к. в формулу вошла температура колошникового газа ($T_{кр}$), а также температура дутья ($T_д$) и чугуна ($T_ч$) и теоретическая температура горения кокса у фурм (T_T) (рис.1). Выявленные графические зависимости влияния температурных условий плавки на процессы распределения элементов шихты между чугуном и шлаком в различные периоды работы печи дают основания использовать показатель ТИП для прогнозирования их составов (рис.2).

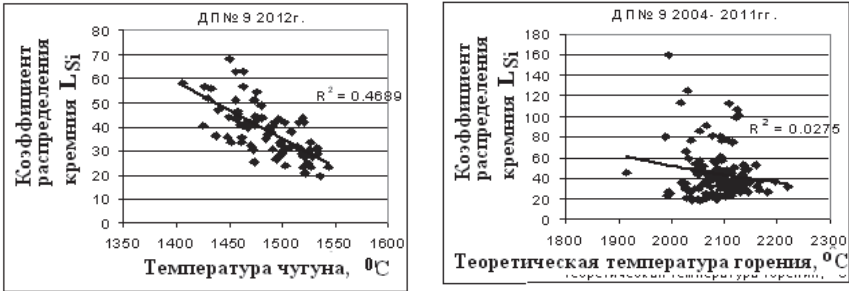


Рис.1. Зависимость коэффициента распределения кремния и серы от температур колошникового газа ($T_{кг}$), дутья (T_d), чугуна ($T_ч$) и теоретической температуры горения ($T_т$) для условий работы ДП №9

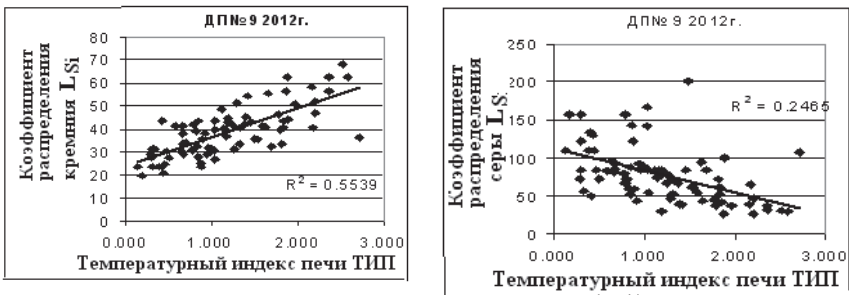


Рис.2. Зависимость коэффициентов распределения серы и кремния от температурного индекса печи ТИП в условиях работы ДП №9 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»

Для измерения температуры расплава чугуна в доменном производстве используют в основном два метода:

- контактный – датчик измерительного инструмента помещается в (или непосредственной близости) измеряемый и нагреваемый объект, осуществляется с помощью термометров, термоэлектрических пирометров и термометров сопротивления;
- бесконтактный или оптический метод, который основан на измерении интенсивности монохроматического излучения, либо изменении общего количества излучаемой энергии, либо изменении спектрального распределения излучения в функции температуры.

Оба метода измерений имеют свои преимущества и недостатки.

При бесконтактном методе измерения температур в качестве термоприемника используются различные пирометры: радиационные, оптические (яркостные), фотоэлектрические (яркостные отношения), спектральные и др. В современных условиях работы доменных печей чаще применяют пирометры, что связано с простотой их использования.

Таблица 1. Показатели температурно-дугового режима, соответствующие выпуску чугуна в условиях работы ДП № 9 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»

Выпуск	Показатели температурно-дугового режима				Показатели дугового режима						Расчетные показатели					
	Температура чугуна, °С	Рудная нагрузка	Вес чугуна, т	Расход кокса, кг/т	Расход O ₂ , %	Расход пр. г., м ³ /мин	Расход дутья, м ³ /мин	Температура, °С	Влажность, %	η _{со}	Давление кол. г.	Температура кол. г., °С	Теоретическая температура, °С	Длина дуговой зоны, м	Тип	Комплексный показатель Кт
1	1454	4.03	546	464.9	25	500	7400	1080	21.27	0.414	1	140	2037	2.2	1.87	0.6136
2	1457	3.71	550	454.8	25.4	500	7000	1130	12	0.409	1	115	2127	2.22	2.51	0.4992
3	1439	3.776	601	452.1	25.4	500	6700	1150	10	0.403	0.6	130	2117	2.23	3.27	0.4437
4	1470	3.759	583	468.6	24	500	7000	1140	10	0.43	0.8	90	2066	2.16	3.51	0.3468
5	1435	3.895	384	432.3	25	500	7300	1140	10	0.425	1	125	2124	2.16	3.14	0.3306
6	1455	3.495	412	506.3	25.5	533.3	7300	1120	14.57	0.415	1.2	95	2088	2.04	3.17	0.4722
7	1500	3.4	187	485.5	25.5	515	7500	870	21.34	0.374	1.2	225	1913	2.04	0.34	0.9221
8	1510	3.8	500	403.7	25.6	533.3	7600	1140	12	0.429	0.8	230	2132	2.18	0.58	0.619
9	1529	3.802	575	466.9	26.2	533.3	7700	1070	16.5	0.415	1.3	140	2095	2.224	0.34	0.728
10	1410	3.341	492	537	22.5	140	5400	950		0.348	0.5	340	2093	1.707	0.56	0.8587
11	1400	3.149	465	566	22.8	173.3	5600	970		0.322	0.5	300	2094	1.806	0.73	0.8833
12	1350	3.333	386	541	22.6	200	5600	1080		0.307	0.5	350	2138	1.83	1.22	0.8243
13	1480	3.341	366	481	20.8	266.7	6000	1120		0.364	0.5	300	2037	1.895	0.83	0.8825
14	1490	3.34	443	461	22.9	266.7	5650	1070		0.352	0.8	300	2083	1.705	0.46	0.8649
15	1470	3.647	535	434	20.8	200	6100	1094		0.378	0.3	225	2083	2.03	0.95	0.8557
16	1480	3.647	476	432	20.8	200	6300	1091		0.382	0.3	240	2083	2.099	0.76	0.8585
17	1460	3.601	250	429	20.8	166.7	6200	1134		0.388	0.3	215	2143	2.099	1.29	0.795
18	1470	3.601	451	488	20.7	166.7	6000	1134		0.373	0.3	213	2134	2.045	1.19	0.84
19	1510	3.601	512	486	22.5	166.7	6300	1030		0.372	0.4	300	2112	2.079	0.24	0.9232
20	1495	3.638	461	429	22.1	183.3	6550	1050		0.379	0.5	270	2083	2.112	0.42	0.8918
21	1470	3.676	492	421	20.8	183.3	6200	1065		0.383	0.5	210	2059	2.014	0.91	0.8523
22	1515	3.521	475	496	20.7	183.3	6300	1097		0.377	0.5	250	2100	1.986	0.37	0.9213
23	1470	3.653	366	454	20.7	183.3	6300	1094		0.376	0.3	275	2086	2.152	0.77	0.8409
24	1490	3.669	494	451	20.8	183.3	6200	1094		0.384	0.3	235	2088	2.135	0.67	0.8475
25	1520	3.638	466	447	22.6	200	6600	1026		0.402	0.5	170	2130	2.165	0.29	0.823

Основным недостатком бесконтактного метода измерения температуры являются трудности полного учета связей между термодинамической температурой объекта и регистрируемой пирометром тепловой радиацией. Необходимо учитывать изменение излучательной способности поверхности (ε) от длины волны (λ) в регистрируемом спектральном диапазоне и от температуры (T) в диапазоне измерений ($\varepsilon = f(\lambda, T)$), т.е. при одной и той же температуре различные тела имеют разные значения излучательной способности. На точность пирометрических измерений также оказывают влияние геометрические параметры поля зрения пирометра и его оптической системы, наличие поглощения излучения в среде между пирометром и объектом контроля, температура окружающей среды и корпуса прибора и др. Указанные особенности бесконтактного метода измерения температуры имеют свои сложности при усовершенствовании пирометров [7, 8], что сказывается на результатах измерений, которые оказываются завышенными, порой до 10%.

Для оценки достоверности измерений оптическим пирометром температуры чугуна на выпуске из доменной печи были выполнены исследования по замеру температуры чугуна контактным методом с использованием термопары ПР 30/6 в условиях работы доменной печи №8 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» (исследования выполнены при участии н.с. Института Ю.М.Лихачева). Результаты замеров температуры чугуна контактным и бесконтактным методами приведены на рис.3.

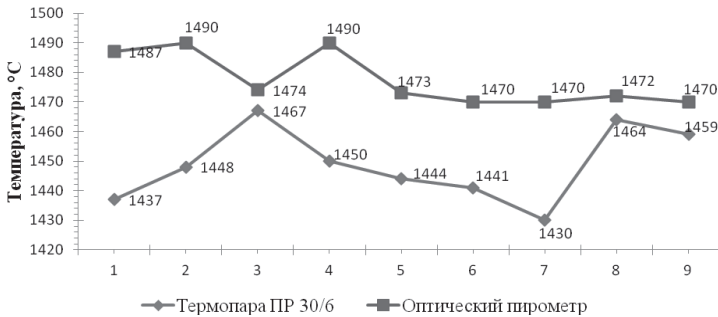


Рис.3. Температура чугуна на выпуске из доменной печи по данным различных методов ее замера, контактным с использованием термопары ПР 30/6 и бесконтактным – оптическим пирометром

В исследуемый период работы ДП № 8 максимальная разность температуры чугуна замеренных различными методами составила 50⁰С (выпуск № 1 рис.1), а минимальная 7⁰С (выпуск № 3). Для полного анализа имеющихся расхождений температур чугуна между замерами пирометра и выполненными с помощью термопары необходима подробная информация о модели имеющегося на ДП №8 пирометра и методике его настройки. Полученные результаты требуют дополнительных экспериментальных исследований в

различных условиях работы доменных печей для объективной оценки достоверности замеров температуры чугуна контактным и бесконтактным методом с целью ее дальнейшего учета при анализе технологического процесса.

Выполненные ранее исследования [9] показали, что влияние показателей шихты и технологического режима плавки на коэффициенты распределения элементов и качество чугуна по сере и кремнию заметно отличаются. На содержание и условия перехода в чугун серы более существенное влияние оказывают исходное состояние и состав шихты, а также физико-химическое состояние системы «металл-шлак». Доля же кремния в чугуне значительным образом определяется технологическими параметрами.

В работе [10] показано, что увеличение содержания ($\text{CO}+\text{CO}_2$) в колошниковом газе свидетельствует о снижении нагрева печи, и предлагается использование суммы ($\text{CO}+\text{CO}_2$) в качестве критерия прямого восстановления и теплового состояния горна. Связь коэффициента распределения кремния и степени использования газа (рис.4) отражает известный факт, что с уменьшением затрат тепла на процессы восстановления элементов, переходящих в чугун (в частности, кремния) улучшается степень использования тепловой и химической энергии газового потока.

Выполненные нами исследования показали, что наряду со степенью использования газа η_{CO} , эффективным показателем теплового состояния горна является глубина фурменной зоны $L_{\text{фз}}$ (рис.4).

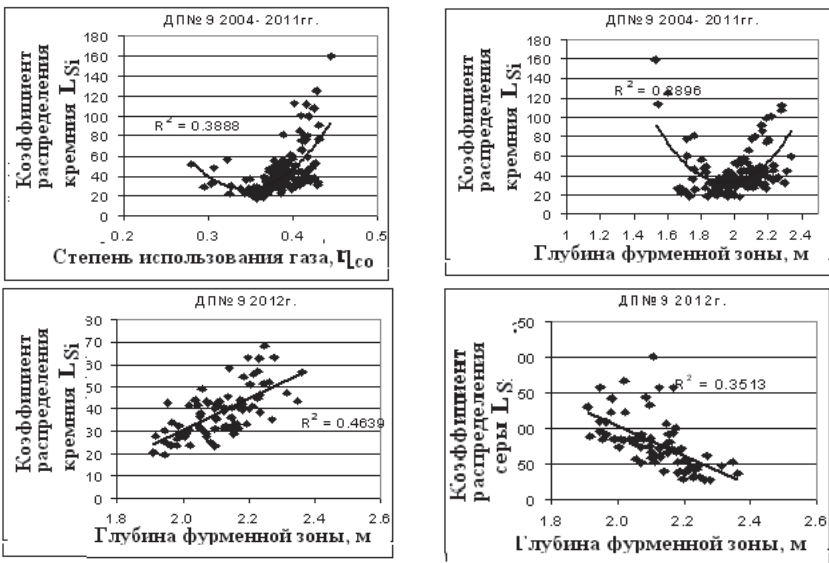


Рис.4. Влияние теплового и газодинамического режима плавки на распределение элементов шихты между чугуном и шлаком в условиях работы ДП № 9 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»

Глубина проникновения фурменных газов в коксовую насадку по оси печи, т.е. длина фурменной зоны ($L_{фз}$), связана с параметрами дутья и поперечными размерами фурмы – ее диаметром и площадью фурм, диаметром колошника, давлением и температурой дутья плотностью горнового газа. Длина зоны горения $L_{фз}$ также учитывает показатели качества кокса: среднегармонический диаметр d_k , кажущуюся плотность γ_k , состав природного газа.

Размеры зоны горения оказывают существенное влияние на работу доменной печи. Выявленная параболическая зависимость глубины фурменной зоны с коэффициентами распределения элементов свидетельствует о наличии оптимального значения $L_{фз}$, к которому следует стремиться для обеспечения высокого фактического коэффициента распределения серы, а, следовательно, и качества чугуна. При малых размерах зон горения затрудняется опускание шихтовых материалов и нарушается распределение газов по сечению печи. Чрезмерное развитие зон горения может быть следствием холодного хода печи или плохой газопроницаемости столба шихтовых материалов, что также негативно сказывается на процессе выплавки чугуна.

На исследуемой выборке данных установлены довольно тесные парные связи длины фурменной зоны $L_{фз}$ со степенью прямого восстановления rd и с выходом колошникового газа $V_{кг}$ (коэффициенты корреляции равные соответственно 0,63 и 0,87) (рис.5), что свидетельствует о связи теплового состояния горна ($L_{фз}$) с газодинамическими и восстановительными процессами в доменной печи. Это обуславливает предпочтительное использование показателя $L_{фз}$ в качестве интегрального показателя дутьевого режима, характеризующего тепловое состояние горна.

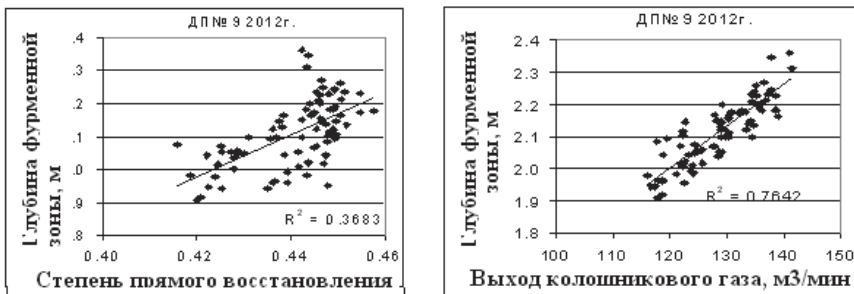


Рис.5. Связь длины фурменной зоны $L_{фз}$ с выходом колошникового газа $V_{кг}$ и степенью прямого восстановления rd в условиях работы ДП №9 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»

Таким образом, для построения обобщенного показателя учета температурно-дутьевого режима целесообразно использовать температурный индекс печи ТИП, степень использования газа $\eta_{со}$ и

длину фурменной зоны $L_{фз}$. Глубина фурменной зоны $L_{фз}$ отражает тепловое состояние в горне доменной печи, степень использования газа η_{CO} характеризует газодинамические и восстановительные процессы и связана с расходом кокса, ТИП учитывает температурный режим верха и низа печи.

Для разработки комплексного показателя температурно-дутьевого режима K_T использована методика построения обобщенной функции желательности Харрингтона [11], позволяющая разноразмерные показатели преобразовать в безразмерную шкалу желательности (частные желательности) и «свернуть» их в единый обобщенный показатель. В результате анализа данных о работе ДП №9 получена аналитическая зависимость для расчета K_T от вышеназванных показателей с учетом их нелинейной связи с коэффициентами распределения элементов шихты:

$$K_T = ТИП^{0,4} \cdot \eta_{CO}^{0,2} \cdot L_{фз}^{0,4}$$

Показатели степеней характеризуют вес частного показателя дутьевого режима, и определяется по априорным экспертным оценкам на основе факторных нагрузок на генеральный фактор, определяющий K_T .

Связь разработанного показателя с коэффициентами распределения элементов шихты, в частности, содержания серы и кремния в чугунах представлена на рис.6.

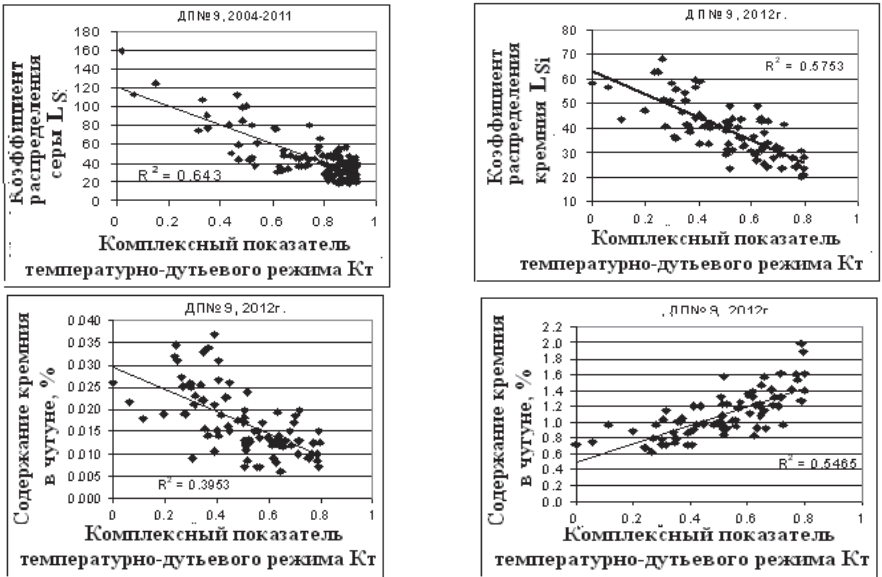


Рис.6. Связь комплексного показателя температурно-дутьевого режима K_T с коэффициентами распределения, содержанием серы и кремния для условий работы ДП №9 ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог»

Выполненные исследования подтверждают известные факты о влиянии различных факторов на переход основных элементов в чугун. Так, например, содержание серы в чугуне в первую очередь регулируется химическим составом шлака, а также тепловым состоянием печи, а на содержание кремния в чугуне в большей степени оказывает влияние дутьевой режим: температура и влажность дутья, а также рудная нагрузка на кокс и состав шлака.

Выводы. На основании выявленных закономерностей влияния показателей технологического режима доменной плавки на формирование продуктов плавки для учета влияния газодинамических и температурных условий предложен комплексный показатель температурно-дутьевого режима K_T , включающий температурный индекс печи ТИП, степень использования газа η_{CO} и длину фурменной зоны $L_{фз}$, отражающий тепловое состояние в горне доменной печи.

Разработанный показатель K_T , наряду с комплексным показателем шихты $K_{ш}$, рекомендуется использовать для создания прогнозных моделей коэффициентов распределения элементов шихты между продуктами плавки с целью направленного формирования конечных составов чугуна и шлака.

1. *Тогобицкая Д.Н.* Влияние шихтовых и технологических условий на межфазное распределение элементов при выплавке чугуна в условиях КГТМК «Криворожсталь» / Д. Н. Тогобицкая, А. И. Белькова, А. Ю. Гринько [и др.] // Тр. МНТК «Теория и практика производства чугуна», посвященной 70-летию КГТМК «Криворожсталь». – Кривой Рог. – 2004. – С. 320-324.
2. *Тогобицкая Д.Н.* Методологические основы адаптации моделей прогнозирования состава продуктов доменной плавки в системах АСУТП в изменяющихся шихтовых и технологических условиях / Д.Н. Тогобицкая, А.И. Белькова, А.Ю. Гринько, А.С. Скачко // Математичне моделювання. – 2012. – № 2(27) – С. 26-31.
3. *Тогобицкая Д.Н.* Генерация комплексного показателя доменной шихты с учетом ее минералогии для направленного формирования продуктов плавки / Д.Н. Тогобицкая, А.И. Белькова, Д.А. Степаненко, А.С. Скачко // Бюллетень научно-технической и экономической информации "Черная металлургия" – 2015. – № 2. – С. 26-33.
4. *Тогобицкая Д.Н.* Моделирование процессов взаимодействия расплавов в восстановительных условиях доменной плавки / Д.Н. Тогобицкая, А.И. Белькова, А.Ю. Гринько // Математичне моделювання. – Дніпродзержинськ. – 2011. – №2(25). – С. 54-59.
5. *Юсфин Ю.С.* Расчет теоретической температуры горения и ее взаимосвязь с параметрами доменной плавки / Ю.С. Юсфин, В.Л. Королева, П.И. Черноусов // Сталь. – 1988. – № 3. – С. 6-11.
6. *Пареньков А.Е.* Температурные критерии оценки и прогнозирования работы доменной печи / А.Е. Пареньков, С.Н. Падерин, Ю.С. Юсфин [и др.] // Дни науки МИСИС. – М.: МИСИС, 2008 – С.45-51.
7. *Неделько А.* Преимущества и недостатки бесконтактного измерения температуры / <http://www.omsketalon.ru>.

8. *Фрунзе А.* Пирометры спектрального отношения: преимущества, недостатки и пути их устранения // Фотоника. – 2009. – №4. – С.32-37.
9. *Белькова А.И.* Оценка влияния дутьевых факторов на технико-экономические показатели доменной плавки в условиях комбината «Криворожсталь»/ А.И. Белькова, Н.А. Гладков [и др.] // Сб. научн. тр. ИЧМ “Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». – Днепропетровск. – 2005. – Вып. 10. – С.79–87.
10. *Набока В.И.* Исследование и разработка алгоритмов управления доменным процессом / В.И. Набока, Г.А. Полянский, А.П. Фоменко, Н.В. Крутас // Сталь. – 2005. – № 11. – С. 15-19.
11. *Юсфин Ю.С.* Расчет теоретической температуры горения и ее взаимосвязь с параметрами доменной плавки / Ю.С. Юсфин, В.Л. Королева, П.И. Черноусов // Сталь. – 1988. – № 3. – С. 6-11.

*Статья рекомендована к печати
докт.техн.наук, проф. Д.Н.Тогобицкой*

А.І.Белькова, Д.О.Степаненко, О.С.Скачко

Інтегральний показник обліку температурно-дутьового режиму доменної печі в завданнях прогнозування складу продуктів плавки в конкретних сировинних і технологічних умовах

Виявлено закономірності впливу показників технологічного режиму доменної плавки на формування кінцевих складів чавуну і шлаку. Запропоновано комплексний показник температурно-дутьового режиму, що включає температурний індекс печі, ступінь використання газу і довжину фурменної зони. Розроблений комплексний показник, поряд з комплексним показником шихти, рекомендується використовувати для створення прогнозних моделей розподілу елементів шихти між продуктами плавки.

Ключові слова: доменна плавка, температурно-дутьовий режим, комплексний показник, коефіцієнти розподілу елементів, чавун, шлак.

A.I.Belkova, D.A.Stepanenko, A.S.Skachko

The integrated accounting of temperature-blowing regime of the blast furnace for problems of prediction structure product melting in specific raw materials and technological conditions

The regularities of the influence of technological parameters of blast furnace smelting mode on the formation of the final composition of iron and slag. A comprehensive index of temperature-blowing regime, which includes an oven temperature index, the extent of use of gas and the length of the tuyere zone. Designed complex index, along with an integrated charge indicator, it is recommended to create predictive models of charge distribution elements between the products of smelting.

Keywords: blast-furnace smelting, temperature-blowing mode, integrated index, the distribution coefficients of the elements, iron, slag.