

УДК 669.162

*к.т.н. Карнов А. В., Карнова К. С.
(ЛГТУ, г. Лунецк, Россия, antonkrpv@rambler.ru),
д.т.н. Новохатский А. М., к.т.н. Диментьев А. О.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)*

АНАЛИЗ ВЕЛИЧИНЫ КОЛЕБАНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЧУГУНА ПО ОКРУЖНОСТИ ГОРНА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Произведена оценка величины окружной неравномерности состава чугуна для доменных печей полезным объемом 4290 м³ и 2000 м³. Показана описательная статистика изменения содержания кремния, марганца и серы в чугуне, а также его объема в течение года. Показана величина среднеквадратичного отклонения параметров продуктов плавки, выпущенных на разные летки в течение года.

Ключевые слова: доменная печь, чугун, шлак, выпуск продуктов плавки, описательная статистика, окружная неравномерность.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Значительный рост объема доменных печей (ДП) привел к непропорциональному изменению их габаритов. Так, отношение полной высоты печи объемом 1719 м³ к диаметру ее горна составляет 3,14, а для 5580 м³ — 2,3. Это говорит не только о конструкционных изменениях, но и об отличиях технологии ведения доменной плавки.

Следующим важным фактором современных изменений работы доменных печей является применение большего количества интенсификаторов процесса выплавки чугуна, например, использование дутья с температурой, равной 1300°С, обогащенного кислородом до 30 % O₂, и подачей пылеугольного топлива (ПУТ) порядка 200 кг/т чугуна.

Совокупность приведенных особенностей современной доменной плавки приводит к возникновению существенного колебания параметров продуктов плавки: температуры нагрева, химического состава и выпускаемых объемов на разные чугунные летки.

Основными причинами возникновения проблем с окружной неравномерностью химического состава продуктов плавки могут являться [1–3]:

1. Нерационально подобранный режим выпуска продуктов плавки. Количество выпусков и смен чугунных леток может приводить к образованию застойных зон, в которых нарушается ход процессов.

2. Неравномерное распределение дутья и углеводородных добавок по окружности горна.

3. Нарушения в равномерности распределения шихтовых материалов на колошнике доменной печи, в результате чего изменяется направление движения газовых потоков в рабочем пространстве доменной печи.

4. Оползания гарнисажа, в результате чего в горн попадает большое количество неподготовленной шихты.

Постановка задачи. Анализ величины колебания химического состава чугуна по окружности горна доменной печи позволит оценить степень колебания данного параметра, а в дальнейшем — выявить конкретные причины возникновения настоящей проблемы с соответствующими предложениями их устранения.

Изложение материала и его результаты.

Колебания химического состава по окружности горна доменной печи могут быть установленными и не установленными. Первые являются высокочастотными изменениями по времени, которые сложно

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

выявить и устранить; вторые имеют стационарный характер, что упрощает их выявление и последующее устранение.

Оценка колебаний параметров продуктов плавки выполняется при помощи пассивного эксперимента — методами статистического анализа. В данной работе анализу подверглись показатели по доменным печам объемом 2000 м³ и 4290 м³ за 12 месяцев, из которых были исключены периоды простоев и ремонтов.

Описательная статистика исходных параметров приведена в таблице 1, а расположение чугуновых леток — на рисунке 1. Также известно [4] об условных зонах влияния летки на часть горна, их предположительное расположение показано на рисунке 1.

В качестве характеристик окружающей неравномерности использованы среднее значение, абсолютная разница и среднеквадратичные отклонения содержания кремния, марганца, и серы в чугуне, а также вес выпускаемого чугуна.

По работе доменной печи большого объема видно, что наибольшее количество выпусков было произведено на чугуновую летку № 4, наименьшее — на чугуновую летку № 3. В процентном соотношении количество выпусков на первую чугуновую летку составило 25,5 %, на вторую — 24,3 %, на третью — 24,2 %, на четвертую 25,8 %. По меньшей печи на первую летку было произведено 50,6 %, на вторую — 49,4 %.

Таблица 1

Описательная статистика исходных данных

Объем ДП, м ³	4290				2000	
	1	2	3	4	1	2
Номер летки						
Количество выпусков, шт.	1442	1375	1369	1456	1477	1440
Среднее содержание [Si], %	0,488	0,535	0,542	0,558	0,539	0,563
Минимум [Si], %	0,104	0,158	0,143	0,242	0,277	0,244
Максимум [Si], %	1,287	2,445	1,965	2,346	1,165	1,219
Среднеквадратичное отклонение [Si], %	0,135	0,169	0,131	0,156	0,12	0,12
Среднее содержание [Mn], %	0,378	0,365	0,363	0,377	0,335	0,341
Минимум [Mn], %	0,134	0,144	0,08	0,133	0,132	0,152
Максимум [Mn], %	0,876	0,976	0,84	0,825	0,565	0,603
Среднеквадратичное отклонение [Mn], %	0,102	0,096	0,091	0,107	0,064	0,061
Среднее содержание [S], %	0,023	0,023	0,025	0,024	0,022	0,023
Минимум [S], %	0,006	0,006	0,005	0,007	0,009	0,009
Максимум [S], %	0,081	0,11	0,226	0,093	0,071	0,088
Среднеквадратичное отклонение [S], %	0,007	0,007	0,012	0,007	0,005	0,006
Средний вес выпуска, т	688,9	681,9	704,5	696,5	569	562,9
Минимум веса выпуска, т	23	59	83	21	144	159
Максимум веса выпуска, т	2149	1321	1515	1240	1363	1239,9
Среднеквадратичное отклонение веса выпуска, т	164,5	154,4	147,6	160,4	194,2	182,5

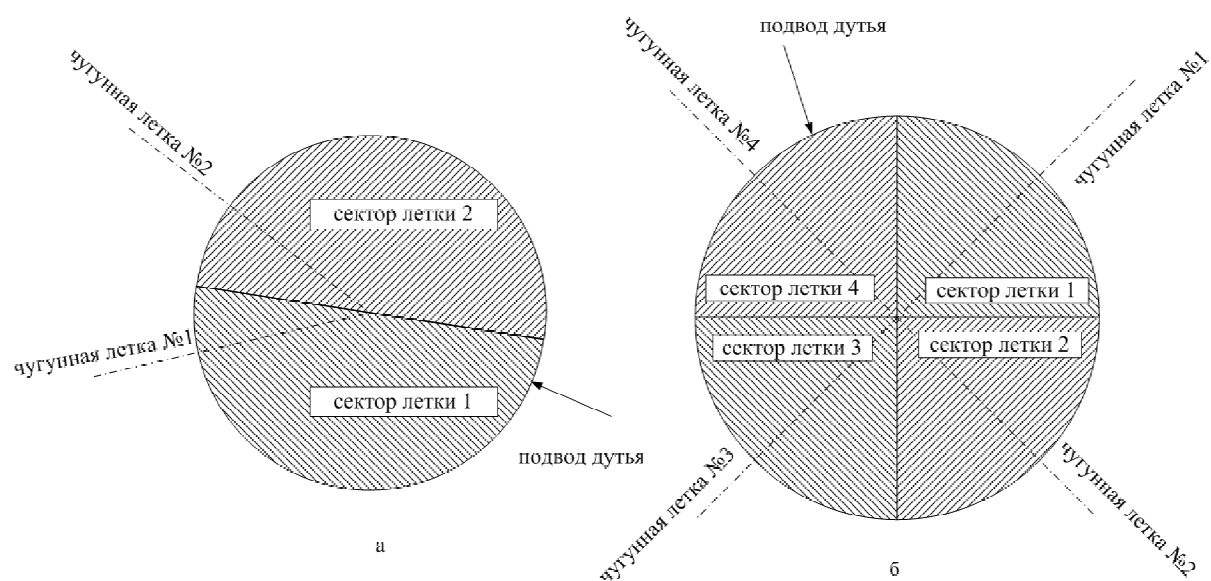


Рисунок 1 Расположение леток доменных печей объемом 2000 м³ (а) и 4290 м³ (б)

Среднее содержание кремния в чугуна, производимом на ДП объемом 4290 м³ за год, увеличивается от первой летки до четвертой в интервале от 0,488 до 0,558 %. Среднеквадратичные отклонения содержания кремния по всем леткам незначительно отличаются друг от друга. Колебания количества марганца в чугуна для этой печи незначительны и находятся в пределах 0,02 %.

Что касается серы, то можно увидеть небольшой всплеск в районе третьей летки как по среднему содержанию, так и по среднеквадратичному отклонению. Масса выпускаемого чугуна на каждую из леток также отличается незначительно, в интервале от 681,9 до 704,5 т, при среднеквадратическом отклонении от 147,6 до 164,5 т. В целом по этой печи можно сделать вывод о наличии значительного колебания по окружности только содержания кремния. Результаты исследования показали наличие повышенного его значения в районе четвертой чугунной летки, что можно объяснить подводом горячего дутья именно в эту зону [5] (рис. 1). Также необходимо отметить невысокое среднеквадратичное отклонение массы выпускаемого чугуна по окружности.

По ДП объемом 2000 м³ можно говорить о низкой окружной неравномерности работы печи в течение года. Так, по среднему

содержанию кремния в чугуна разница для первой и второй летки составляет 0,02 %, а среднеквадратичное отклонение — 0,12 %. По содержанию марганца и серы в чугуна можно увидеть аналогичную ситуацию. Средняя масса выпускаемого чугуна по леткам изменяется незначительно, однако имеет место высокое среднеквадратичное отклонение — 194,2 и 182,5 т для 1 и 2 летки. Это можно объяснить особенностями организации выпуска продуктов плавки на печах малого объема, которые делятся на периоды накопления и опорожнения, в отличие от непрерывного выпуска на больших печах. Таким образом, по этой ДП можно сделать вывод об отсутствии окружной неравномерности в химическом составе продуктов плавки в течение года при достаточно высоком среднеквадратичном отклонении массы выпуска чугуна.

Предварительный анализ показал отсутствие установившегося стационарного режима работы исследуемых печей. Рассмотрим данные показатели более подробно на наличие высокочастотных колебаний.

По представленным графикам (рис. 2) видно, что в течение года на большой печи объемом 4290 м³ химический состав чугуна значительно колеблется как по времени, так и по разным леткам. В апреле среднее

МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

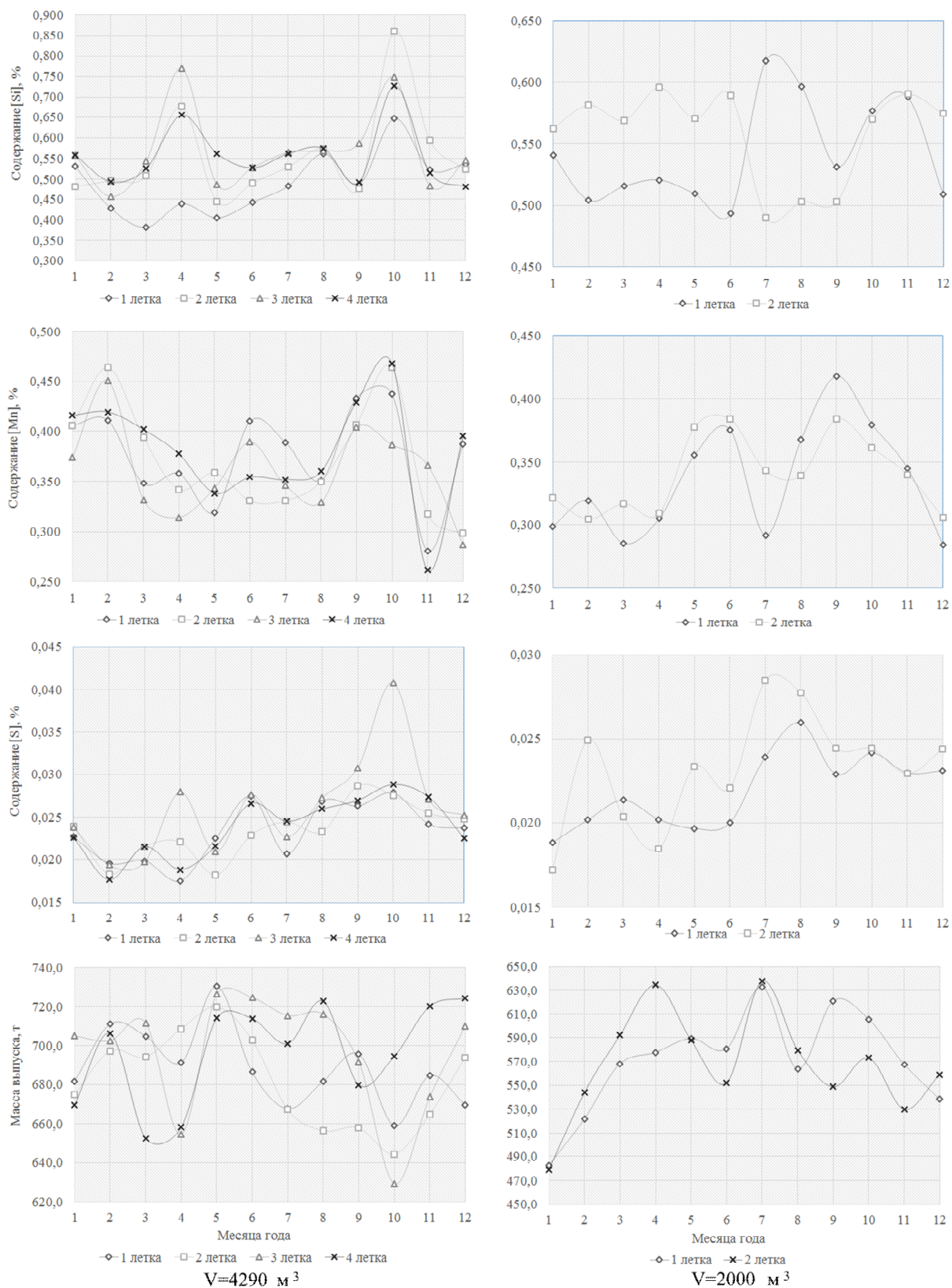


Рисунок 2 Результаты ежемесячного изменения параметров чугуна на исследуемых ДП

содержание кремния в чугунах на 2, 3 и 4 летки повысилось на 0,25 %, а на 1 летке — на 0,05 %. В это же время можно увидеть снижение массы выпускаемого чугуна на все летки, кроме второй, что может объяснить повышение содержания кремния из-за излишнего нагрева.

Далее, в октябре, виден следующий скачок содержания кремния по всем леткам, который так же можно объяснить уменьшением массы выпускаемого чугуна в этот период.

По содержанию серы видны два всплеска на третью летку в апреле (0,008 %) и октябре (0,01 %), в остальные периоды значительного расхождения на разные выпускные каналы не наблюдается.

Масса выпускаемого чугуна на разные летки в течение года находится в интервале от 630 до 730 т, что является незначительным, но можно отметить, что на третьей летке в апреле и октябре происходит снижение массы выпускаемого чугуна, что коррелирует с изменением его химического состава.

Анализируя данные по доменной печи объемом 2000 м³, можно видеть низкие колебания по содержанию кремния в исследуемом периоде в пределах от 0,49 до

0,61 %, такие же низкие колебания видны и по содержанию марганца (0,3–0,4 %).

По содержанию серы в чугунах при его выпуске на разные летки для этой ДП большая разница не видна, есть только общее повышение количества [S] в 7 и 8 месяце (около 0,005 %). При этом масса выпуска колеблется в значительном интервале от 490 до 630 т.

В качестве способа достижения окружающей равномерности химического состава чугуна можно производить корректировку дутьевых параметров, включающую регулируемое на каждой фурме изменение расходов дутья и дополнительного топлива на печь, в зависимости от давления дутья и параметров продуктов плавки.

Таким образом, при сравнении окружающей неравномерности состава чугуна, производимого в ДП полезным объемом 4290 м³ и 2000 м³, обнаружена большая величина колебания содержания элементов в первой печи. Это объясняется меньшими поперечными размерами последней, а также особенностями выпуска продуктов плавки на большей печи, где идет непрерывный выпуск на разные летки, а на меньшей печи происходит чередование периодов накопления и опорожнения горна.

Библиографический список

1. Новохатский, А. М. Потеря полезного объема горна доменной печи [Текст] / А. М. Новохатский, А. О. Диментьев, А. В. Карпов, Г. Д. Михайлюк // Вісник Приазовського державного технічного університету. Технічні науки. — 2012. — № 25. — С. 47–50.
2. Герман, М. И. Оценка эффективности работы горна доменной печи [Текст] / М. И. Герман, А. В. Карпов, А. М. Новохатский // Сборник тезисов докладов научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета посвящается 60-летию Липецкого государственного технического университета: в 2-х частях. — Липецк : ЛГТУ, 2016. — С. 264–266.
3. Дружков, В. Г. Выбор режима выпуска чугуна и шлака из горна доменных печей в современных условиях [Текст] / В. Г. Дружков, И. Е. Прохоров // Вестник Магнитогорского государственного технического университета. — Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2011. — № 4. — С. 9–12.
4. Новохатский, А. М. Анализ влияния режима выпусков на дренажные условия в горне доменной печи [Текст] / А. М. Новохатский, А. О. Диментьев, А. М. Блинов, А. В. Карпов // Современная металлургия нового тысячелетия: сборник научных трудов. — Липецк : ЛГТУ, 2015. — С. 195–203.

5. Куприянова, И. В. Анализ величины неравномерности распределения дутья по окружности доменной печи [Текст] / И. В. Куприянова, А. В. Карпов // Тенденции развития современной науки: сборник тезисов докладов научной конференции студентов и аспирантов Липецкого государственного технического университета : в 2 частях. — Липецк : ЛГТУ, 2017. — С. 226–228.

© Карпов А. В.
 © Карпова К. С.
 © Новохатский А. М.
 © Диментьев А. О.

Рекомендована к печати к.т.н., проф. каф. МЧМ ДонГТУ Куберским С. В.,
 д.т.н., проф. ЛГТУ Лебедевым С. В.

Статья поступила в редакцию 06.10.17.

к.т.н. Карпов А. В., Карпова К. С. (ЛДТУ, м. Липецьк, Росія), д.т.н. Новохатський О. М.,
 к.т.н. Діментьєв О. О. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

АНАЛИЗ ВЕЛИЧИНЫ КОЛИВАННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ЧАВУНУ ПО ОКОРУЖНОСТІ ГОРНА ДОМЕННОЇ ПЕЧІ

Виконано оцінювання величини окружної нерівномірності складу чавуну для доменних печей корисним об'ємом 4290 м³ і 2000 м³. Показано описову статистику зміни вмісту кремнію, марганцю і сірки в чавуні, а також його обсягу протягом року. Показано величину середньоквадратичного відхилення параметрів продуктів плавки, випущених на різні льотки протягом року.

Ключові слова: доменна піч, чавун, шлак, випуск продуктів плавки, описова статистика, окружна нерівномірність.

PhD Karpov A. V., Karpova K. S. (LSTU, Lipetsk, Russia, antonkrpv@rambler.ru),

Doctor of tech. sc. Novokhatskiy A. M., PhD Dimentiev A. O. (DonSTU, Alchevsk, LNR)

ANALYSIS OF VALUE OF THE CHEMICAL COMPOSITION VARIATIONS ALONG THE CIRCUMFERENCE OF THE BLAST FURNACE HEARTH

Assessment of the circumferential nonuniformity of iron composition for blast furnaces with useful volume of 4290 m³ and 2000 m³ was performed. The descriptive change-relative statistics of the silicon, manganese and sulfur content in iron as well as its volume within the year are shown. The value of the root-mean-square deviation of the melting products parameters let out to different tap-holes during the year is shown.

Key words: blast furnace, cast iron, slag, production of melting products, descriptive statistics, circumferential unevenness.