

9. Vibrodiagnostics bearings: a system COMPACS-RPP. Rezhim dostupa: <http://www.dynamics.ru/content/view/364/74/> (Rus.)

Рецензент: С.П. Єронько
д-р техн. наук, проф., ДонНТУ

Стаття надійшла 3.11.2011

УДК 669.162

©Аввакумов С.И. *

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ ШИХТЫ ПО ОКРУЖНОСТИ КОЛОШНИКА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Выполнена количественная оценка влияния неравномерной загрузки и неравномерного схода шихты на перекоп и смещение центра воронки профиля засыпи шихты в доменной печи.

Ключевые слова: *распределение шихты на колошнике, ориентированная окружная неравномерность, смещение центра воронки профиля засыпи.*

Аввакумов С.И. Розподіл і перерозподіл шихти по колу колошника доменної печі.
Виконана кількісна оцінка впливу нерівномірного завантаження і нерівномірного сходу шихти на перекоп і зсув центру воронки профілю засипу шихти в доменній печі.

Ключові слова: *розподіл шихти на колошнику, орієнтована окружна нерівномірність, зсув центру воронки профілю засипу.*

S.I. Avvakumov. The charge distribution and redistribution along the circumference of top blast furnace top. *The quantitative assessment of the impact of non-uniform and uneven loading on the consumption of the charge imbalance and shift the center of the charging in a blast furnace.*

Keywords: *distribution of charge on the throat, oriented circular uneven, offset hopper profile of the grist.*

Постановка проблемы. Распределение шихты в доменной печи, а это основная задача загрузочного устройства, принято разделять на радиальное и окружное распределение. Общепринятое требование к качеству окружного распределения: максимально равномерное распределение шихты, одинаковое по любому радиусу. А значит, от загрузочного устройства требуется равномерная загрузка шихты по окружности и, при необходимости, возможность выровнять газовый поток на колошнике.

Анализ последних исследований и публикаций. Для коррекции окружной неравномерности конусным загрузочным устройством используется специальный режим работы вращающегося распределителя шихты (ВРШ), а при загрузке распределительным лотком – секторный режим загрузки. Неравномерность распределения шихты, создаваемую самим загрузочным устройством, разделяют на ориентированную и неориентированную окружную неравномерность. В отличие от неориентированной неравномерности, которая меняется от подачи к подаче, ориентированная неравномерность накапливается.

Целью данной работы является выполнение количественной оценки влияния неравномерной загрузки и неравномерного схода шихты на перекоп и смещение центра воронки профиля засыпи шихты в доменной печи.

Изложение основного материала. Далее об одной ранее установленной [1] особенности радиально-окружного распределения, на которую специалисты не обратили должного внимания. Эта особенность характерна для любых загрузочных устройств. Речь идёт о перераспределении по поверхности колошника дополнительного объема шихты (максимума), который воз-

* канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ "Донецкий национальный технический университет", г. Донецк

никает в результате неравномерности окружного распределения. Логично предположить, что загрузка в отдельные секторы колошника дополнительного объема (например, +30 %), приведет к пропорциональному увеличению толщины слоя в этом месте (+30 %) и перекосу уровня засыпи на соответствующую величину. Последовательная загрузка нескольких таких подач приведет к накоплению неравномерности, а перекося уровня засыпи скоро достигнет аварийных величин. Наблюдения за реальной загрузкой этого не подтверждают. Так при неравномерности +30% за 10 подач должен возникнуть перекося уровня засыпи – 3 м, что невозможно не заметить.

Фактически дополнительный объем шихты перераспределяется по поверхности засыпи таким образом, что ось воронки профиля смещается от оси печи, и перекося по уровнемерам стабилизируется на определенной, существенно меньшей величине (рис.1). Рассмотрим приведенный пример подробно. Из геометрических построений (при равной толщине слоя с двух сторон и $C \ll R$) следует, что перекося стабилизируется при смещении оси воронки (ϵ) в долях радиуса (R) равном: $\epsilon/R = \varphi/2 = 0,15$. Как видно из формулы, смещение оси воронки не зависит от угла откоса и профиля засыпи. А сам перекося уровня засыпи (Δh) равен: $\Delta h = 2\epsilon \cdot \operatorname{tg} \alpha = R\varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha$, где φ – коэффициент окружной неравномерности в долях единицы; α – угол откоса материала в печи; R – радиус колошника. Приняв $\alpha = 23^\circ$, получим для печи среднего объема ($\varphi = 0,3$): смещение оси воронки – 0,52 м; максимальный перекося – 0,44 м.

Можно считать, что такой профиль засыпи формируется после загрузки одной подачи и остается без изменений для всех последующих подач, вплоть до корректировки системы загрузки.

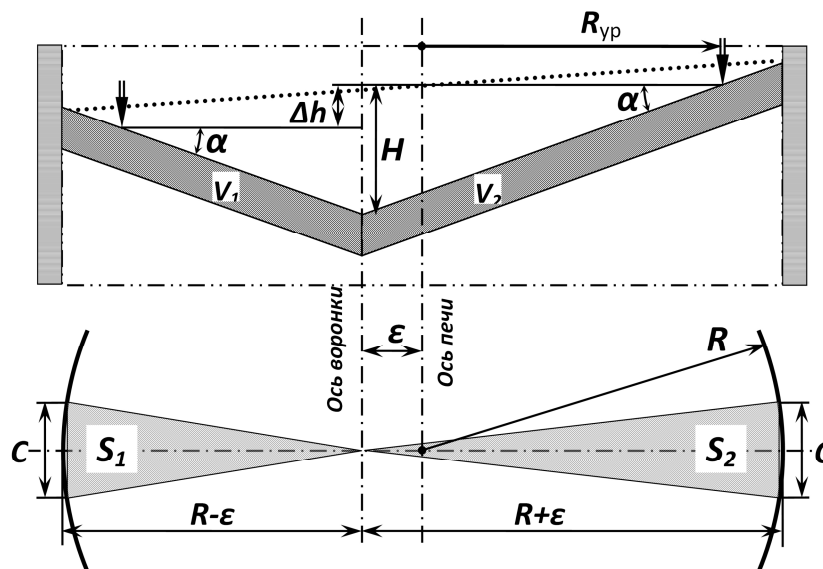


Рис. 1 - Влияние неравномерной загрузки по окружности на профиль засыпи: R – радиус доменной печи; ϵ – смещение оси воронки от оси печи; Δh – перекося уровня засыпи по уровнемерам; V_1, V_2, S_1, S_2 – соответственно, объемы и площади

Однозначно зафиксировать смещение оси воронки на практике (в отличие от перекося уровня засыпи) удастся нечасто. Надежно факт смещения центра воронки на профиле засыпи можно зафиксировать только профилемером, которые, к сожалению, редко устанавливаются на украинских доменных печах и работают недолго. Такое смещение описано на печи с конусным устройством более 40 лет назад [2], а на печи большого объема с лотковым устройством сравнительно недавно [3]. Величина смещения воронки в обоих случаях достигает – 0,5...0,7 м, а направление смещения часто меняется.

Косвенно о смещении оси воронки на профиле засыпи можно судить по смещению максимума газового потока на колошнике. Так наблюдение за температурой газового потока по диаметру колошника на одной из доменных печей "Запорожстали" показало, что максимум температуры длительное время был смещен от оси печи на $0,7 \pm 0,2$ м в сторону наклонного моста. При этом перекося уровня засыпи по уровнемерам не наблюдалось. Нужно отметить, что

этот факт не может служить доказательством отсутствия перекоса вообще, так как механические уровнемеры расположены перпендикулярно оси наклонного моста. Как правило, и уровень засыпи и радиальный газ определяют по оси воздухонагреватели – литейный двор. Поэтому, перекося уровня засыпи и смещение оси воронки по оси наклонного моста ни чем не фиксируется, а смещение центрального газового потока (по минимуму CO_2) в этом направлении часто принимают за недостаточно раскрытый центр.

Приведенный расчетный пример нужно рассматривать как предельный случай. В реальной практике он возможен только в исключительных, "искусственных" случаях. При конусной загрузке для этого нужно загружать гребни всех скипов ($\varphi \approx 30\%$) в один сектор, а при загрузке лотком – укладывать порцию за 3,8 витка ($\varphi \approx 30\%$) и начинать укладку с одного и того же начального сектора [4]. Реальный перекося уровня засыпи по причине неравномерности загрузки должен быть ещё меньше ($< 0,3$ м), а допустимое расхождение по Технологической инструкции – 0,25 м. Следовательно, неравномерность загрузки не может быть причиной наблюдаемого перекося уровня засыпи в 0,5 м и более. Единственно возможное объяснение - существенная разница в скорости схода шихты в разных секторах печи, а значит разный расход дутья по фурмам. Большая часть неравномерного дутья, как справедливо считают авторы [5], перераспределяется в осевую зону, смещая максимум скорости газового потока от оси печи. Однако кокса в очаге интенсивно работающих фурм сгорает больше и скорость схода шихты над ними выше [6,7].

Промоделируем эту ситуацию: загрузка шихты по окружности равномерная, а скорость схода по периферии колошника отличается (например, под правым уровнемером меньше на $1/3$). Очевидно, что под левым уровнемером шихта будет опускаться быстрее (рис.2), уровень понизится больше и возникнет "яма". Объем шихты, который выгружается первым (ΔV_1), в секторе с "ямой" преимущественно займет место у стенки печи, а в противоположном секторе – равномерно распределится по всему откося, включая осевую зону. Конечный профиль частично выравнивает перекося, но воронка на профиле засыпи сместится в сторону "ямы". Результат моделирования этой ситуации показывает, что, как и в первом примере, профиль засыпи стабилизируется, но, во-первых, для этого потребуется больше подач, а во-вторых, такое равновесие очень неустойчиво и сильно зависит от изменения скорости схода шихты и углов откося загружаемого материала.

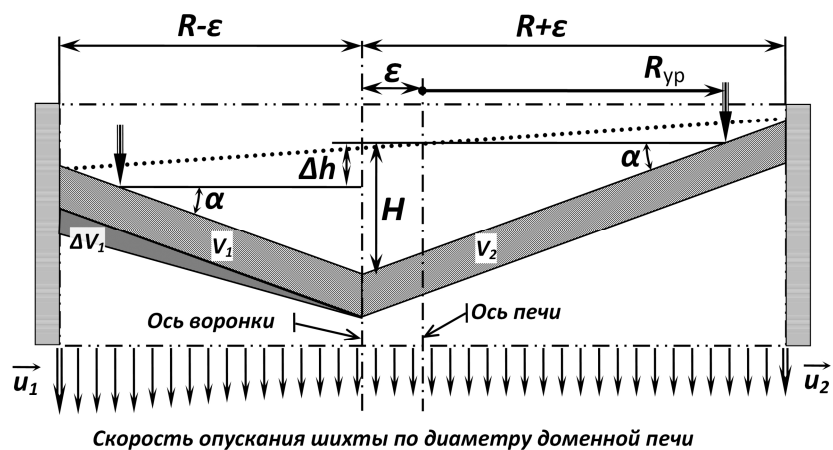


Рис. 2 - Влияние неравномерности схода шихты по окружности на профиль засыпи: R – радиус доменной печи; ϵ – смещение оси воронки от оси печи; Δh – перекося уровня засыпи по уровнемерам; $V_1, \Delta V_1, V_2$ – объемы, из которых состоит порция; u_1, u, u_2 – скорости схода шихты по диаметру колошника ($u_1 \geq u \geq u_2$)

Методика расчета профиля засыпи после стабилизации основана, как и в предыдущем случае, на неизменности условий загрузки и одинаковости всех загружаемых порций. Объемы шихты слева ($V_1 + \Delta V_1$) и справа (V_2) равны. Примем, что скорость опускания шихты от максимального значения (u_1) у левой стенки колошника, плавно уменьшается до минимального (u_2) –

по оси воронки ($u_1 > u_2$). Это допущение существенно упрощает расчет и не вносит заметной погрешности в его результаты. Если принять, что в любой точке диаметра скорость (u) меньше (u_1) и больше или равна (u_2), то основное влияние на результат будет оказывать соотношение скоростей в периферийной зоне, а не характер изменения скорости в центральной зоне (подтверждено компьютерным моделированием).

Приняв уменьшение скорости схода шихты с одной из сторон всего на 1/3, для печи среднего объема получим следующие результаты: смещение оси воронки после загрузки очередной подачи – $0,5 \pm 0,1$ м, дает перекося уровня засыпи – $0,4 \pm 0,1$ м, что соизмеримо с предыдущим случаем. Но, перед загрузкой очередной подачи (после опускания профиля и достижения лимитирующим уровнем заданного уровня засыпи) перекося увеличится и достигнет – $0,8 \pm 0,2$ м.

Выводы

1. Загрузка шихты даже со значительной неравномерностью (30 % по объему) не приводит к заметному перекося уровня засыпи ($< 0,4$ м), а только к смещению оси воронки профиля от оси печи ($\sim 0,6$ м).
2. Реальной причиной большого перекося уровня засыпи (0,5 м и более) может быть только значительная разница в скорости схода шихты в разных секторах доменной печи. А наиболее вероятная причина этого – неравномерный расход дутья по фурмам и разная интенсивность сгорания кокса в фурменных очагах. Возможный вариант – разная газопроницаемость столба шихты над фурменными очагами.
3. Моделирование этой ситуации (неравномерная скорость схода при равномерной загрузке) дает следующие результаты: смещение оси воронки – $0,5 \pm 0,1$ м; перекося уровня засыпи перед загрузкой подачи – $0,8 \pm 0,2$ м; после загрузки подачи – $0,4 \pm 0,1$ м. То есть значительно больший и нестабильный перекося уровня засыпи.
4. Секторный режим при загрузке лотком эффективно использовать для быстрой ликвидации большого перекося уровня засыпи. Величину сектора загрузки нужно выбирать так, чтобы высота слоя одной порции шихты полностью перекрывала этот перекося.

Список использованных источников:

1. Аввакумов, С.И. Оценка влияния неравномерного окружного распределения шихты на характер засыпи на колошнике доменной печи / С.И. Аввакумов, В.С. Дегтярев, Г.Д. Дегтярева и др. // Изв. вуз. Черная металлургия. - 1979. - №6. - С. 147-149.
2. Пугачев, А.В. Влияние положения воронки засыпи шихты на производительность доменной печи / А.В. Пугачев, Ю.Г. Воронов // Сталь. - 1966. - №10. - С. 883-884.
3. Большаков, В.И. Оценка положения центра воронки поверхности засыпи шихты относительно оси доменной печи / В.И. Большаков, И.Г. Муравьева, Ю.С. Семенов, С.Т. Шулико // Металлург. и горноруд. пром-сть. - 2006. - №2. - С. 106-111.
4. Брусов, А.Л. Влияние частоты вращения распределительного элемента на окружное распределение шихты / А.Л. Брусов, А.Ф. Рыбцов, А.А. Бачинин и др. // Изв. вуз. Черная металлургия. - 1987. - №9. - С. 19-22.
5. Бугаев, К.М. Влияние распределения дутья по фурмам на газовый поток в доменной печи / К.М. Бугаев, В.М. Антонов, Г.В. Варшавский и др. // Сталь. - 1987. - №2. - С. 17-22.
6. Листопадов В.С. Исследование влияния распределения газового потока на ровность схода материалов по окружности доменной печи / В.С. Листопадов, К.А. Дмитренко, А.А. Параносенков, Н.М. Загоровская // Металлург. и горноруд. пром-сть. - 2008. - №6. - С.11-15.
7. Можаренко Н.М. Исследование влияния распределения газового потока по окружности на закономерности схода материалов в "сухой" области доменной печи / Н.М. Можаренко, А.А. Параносенков, Н.М. Загоровская // Металл и литье Украины. - 2008. - №3-4. - С. 5-7.

Bibliography:

1. Avvakumov, S.I. Assessing the impact of the uneven distribution of charge in the district character of the grist for the blast furnace throat / S.I. Avvakumov, V.S. Degtyarev, G.D. Degtyareva i dr. // Izv. vuz. Chernaya metallurgiya. - 1979. - №6. - С. 147-149. (Rus.)
2. Pugachev, A.V. The influence of the grist hopper batch performance of blast furnace / A.V.

- Pugachev, Yu.G. Voronov // Stal'. - 1966. - №10. - С. 883-884. (Rus.)
3. Bol'shakov, V.I. An evaluation of the surface of the grist hopper center of charge relative to the blast furnace / V.I. Bol'shakov, I.G. Murav'eva, Yu.S. Semenov, S.T. Shuliko // Metallurg. i gornorud. prom-st. - 2006. - №2. - С. 106-111. (Rus.)
4. Brusov, A.L. Effect of rotation frequency distribution of the element in the circumferential distribution of the charge / A.L. Brusov, A.F. Rybtsov, A.A. Bachinin i dr. // Izv. vuz. Chernaya metallurgiya. - 1987. - №9. - С. 19-22. (Rus.)
5. Bugaev, K.M. Influence the distribution of the blast to the tuyeres for gas flow in blast furnace / K.M. Bugaev, V.M. Antonov, G.V. Varshavskiy i dr. // Stal'. - 1987. - №2. - С. 17-22. (Rus.)
6. Listopadov, V.S. Investigation of the effect of gas flow distribution on the evenness of the gathering of materials on the circumference of blast furnace / V.S. Listopadov, K.A. Dmitrenko, A.A. Paranosenkov, N.M. Zagorovskaya // Metallurg. i gornorud. prom-st'. - 2008. - №6. - С. 11-15. (Rus.)
7. Mozhareno N.M. Investigation of the effect of gas flow distribution in a circle on the laws of descent of the materials in a "dry" area of the blast furnace / N.M. Mozhareno, A.A. Paranosenkov, N.M. Zagorovskaya // Metall i lit'e Ukrainy. - 2008. - №3-4. - С. 5-7. (Rus.)

Рецензент: А.А. Ищенко
д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 9.11.2011

УДК 621.746.393

©Лоза А.В.¹, Чигарев В.В.², Шишкин В.В.³, Рассохин Д.А.⁴

**О ВЛИЯНИИ КРЕМНИЯ И МАРГАНЦА НА СВОЙСТВА
СЕРОГО ЧУГУНА И СТОЙКОСТЬ КРУПНЫХ СЛЯБИНГОВЫХ
ИЗЛОЖНИЦ С БАНДАЖАМИ**

В статье исследовано влияние кремния и марганца на структуру и свойства серого чугуна, предназначенного для изготовления изложниц. Установлено соотношение между этими элементами, которое позволяет получить заданные свойства чугуна и повышенный ресурс работы изделий из него.

Ключевые слова: чугун, структура, кремний, марганец, изложница, механические свойства, напряжения, трещины.

Лоза А.В., Чигарев В.В., Шишкин В.В., Рассохин Д.О. Вплив кремнію і марганцю на властивості сірого чавуну і стійкість великих слябінгових виливниць з бандажем. У статті досліджено вплив хімічних елементів кремній та марганець на структуру і властивості сірого чавуну при виготовленні виливниць. Встановлено співвідношення між цими елементами, яке дозволяє отримати задані властивості чавуну і підвищений ресурс роботи виробів.

Ключові слова: чавун, структура, кремній, марганець, виливниця, механічні властивості, напруги, тріщини.

A.V. Loza, V.V. Chigarev, V.V. Shishkin, D.O. Rassokhin. Influence of silicon and manganese upon the properties of gray cast iron and service life of moulds of slab rolling mills, equipped with shrouds. In the article was investigated the influence of chemical elements like silicon and manganese on gray cast iron structure and properties for casting molds production. The relationship between these elements, allowing obtaining of the specified properties of iron and increasing molds lifetime, is determined.

¹ ассистент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

² д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

³ к.т.н., доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

⁴ аспирант, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь