

УДК 669.162.26

©Новохатский А.М.<sup>1</sup>, Диментьев А.О.<sup>2</sup>, Карпов А.В.<sup>3</sup>, Михайлюк Г.Д.<sup>4</sup>**ПОТЕРЯ ПОЛЕЗНОГО ОБЪЕМА ГОРНА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ**

*Определены причины образования застойных зон в центре горна доменной печи. Проведен анализ балансов количества чугуна и шлака в период их выпуска и накопления в полезном объеме горна доменной печи при образовании малоактивной зоны по центру коксовой насадки в металлоприемнике.*

**Ключевые слова:** доменная печь, горн, полезный объем горна, коксовая насадка, малоактивная зона.

*Новохатський О.М., Диментьєв О.О., Карпов А.В., Михайлюк Г.Д. Втрата корисного об'єму горна доменної печі. Визначені причини утворення застійних зон у центрі горна доменної печі. Проведено аналіз балансів кількості чавуну і шлаку в період їх випуску та накопичення в корисному об'ємі горна доменної печі при утворенні малоактивної зони по центру коксової насадки в металоприймачі.*

**Ключові слова:** доменна піч, горн, корисний об'єм горна, коксова насадка, малоактивна зона.

*O.M. Novohatskiy, O.O. Dimentev, A.V. Karpov, G.D. Mihaylyuk. Loss of the useful volume of blast furnace hearth. Determine the cause of the formation of dead zones in the center of blast furnace hearth. The analysis of the balance sheets of iron and slag during their production and accumulation in the useful volume of blast furnace hearth in the formation of low-level zone in the center of coke in the hearth was done.*

**Keywords:** blast furnace, hearth, hearth useful volume, coke, poorly active zone.

**Постановка проблемы.** Современное развитие доменного производства идет по пути увеличения объема доменных печей [1] с целью уменьшения постоянно-условных затрат. Влияние работы горна на ход таких доменных печей проявляется особенно, из-за больших поперечных размеров металлоприемника.

Хорошая работа горна зависит от технологических решений персонала доменной печи, поскольку систематические ошибки приводят к ухудшению дренажных условий в центре горна печи, при этом уменьшается полезный объем и вместимость для накапливаемых продуктов плавки и, соответственно, снижаются технико-экономические показатели.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Выполненный ранее анализ работы доменных печей [2] показал, что из общего объема горна можно выделить фурменную зону, полезный объем, в котором происходят процессы наполнения и опорожнения горна продуктами плавки и объем так называемого мертвого слоя, характеризующийся частичным перемешиванием расплавов и служащий для защиты лещади от разрушения. На рисунке 1 представлено деление горна доменной печи на зоны.

Основополагающую роль в работе горна доменных печей объемом более 2000 м<sup>3</sup> играет рациональное использование его полезного объема. Также значительное влияние на работу горна оказывают: вязкость продуктов плавки, порозность слоя кокса в металлоприемнике, величина и форма застойных зон коксовой насадки, режим выпусков, диаметр и длина канала чугунной летки.

Вязкости чугуна и шлака отличаются, поэтому чугун практически не оказывает влияния на работу горна, а шлак, имея значительно большую вязкость, крайне медленно движется к летке в горне во время выпуска, из-за чего значительная часть его остается в горне после за-

<sup>1</sup> д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Донбасский государственный технический университет», г. Алчевск

<sup>2</sup> аспирант, ГВУЗ «Донбасский государственный технический университет», г. Алчевск

<sup>3</sup> канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Донбасский государственный технический университет», г. Алчевск

<sup>4</sup> ст. преподаватель, ГВУЗ «Донбасский государственный технический университет», г. Алчевск

крытия выпуска, образуя депрессионную воронку.

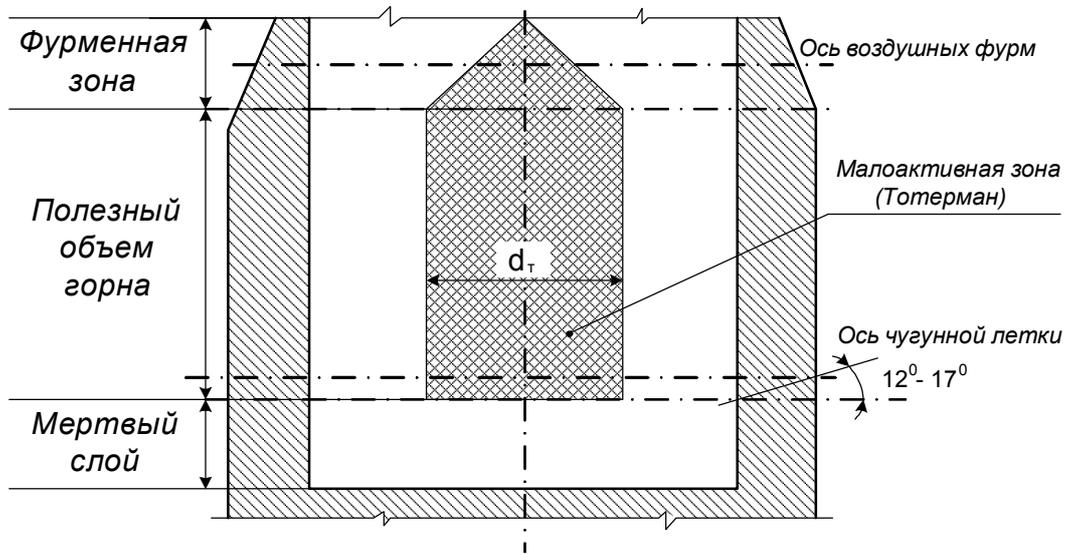


Рисунок 1 – Горн доменной печи:  $d_T$  – диаметр малоактивной зоны

Вязкость шлака зависит от его температуры и химического состава. Их влияние параметров на нее детально изучено, что позволяет поддерживать ее на необходимом уровне в доменной плавке.

Порозность коксовой насадки в горне доменной печи значительно влияет на дренаж шлака в период выпуска. Уменьшение порозности приводит к снижению скорости движения шлака, в результате чего образуются застойные зоны. Движение продуктов плавки в этих зонах практически отсутствует, из-за чего ухудшается работа металлоприемника.

Режим выпусков оказывает основное влияние на объем остаточных продуктов плавки в горне, которые остались в нем после закрытия выпуска. Плохо организованный режим выпусков приводит к ухудшению работы горна и переполнению металлоприемника жидкими продуктами плавки.

**Цель статьи** – анализ использования полезного объема горна доменной печи и оценка факторов, действующих на его изменение.

**Изложение основного материала.** Полезный объем металлоприемника, представленный на рисунке 1, находится между уровнем канала чугунной летки в печи и допустимым уровнем заполнения горна. Остальная часть горна не используется в процессах обновления продуктов плавки во время работы доменной печи.

Однако полезный объем горна во время работы доменной печи изменяется в результате зарастания стенок горна или противоположное этому их разгар, а так же он уменьшается при образовании в центре печи малоактивной зоны коксовой насадки, так называемого тотермана. Чтобы оценить изменение этого объема металлоприемника составлены балансы объемов продуктов плавки, в периоды их выпуска и накопления.

Баланс объемов продуктов плавки в период выпуска из горна доменной печи с учетом малоактивной застойной зоны коксовой насадки можно представить уравнением

$$\frac{Q_{\text{ч}}}{\rho_{\text{ч}}} + \frac{Q_{\text{ш}}}{\rho_{\text{ш}}\varepsilon} = V_{n.z} - \frac{V_o}{\varepsilon} - V_m \pm V_p + \frac{q_{\text{ч}}}{\rho_{\text{ч}}}\tau_{\text{в}} + \frac{q_{\text{ш}}}{\rho_{\text{ш}}\varepsilon}\tau_{\text{в}}, \quad (1)$$

где  $Q_{\text{ч}}$  – масса чугуна выпущенного из печи за выпуск, т;

$Q_{\text{ш}}$  – масса шлака выпущенного из печи за выпуск, т;

$\rho_{\text{ч}}, \rho_{\text{ш}}$  – плотность чугуна и шлака, т/м<sup>3</sup>;

$\varepsilon$  – порозность кокса;

$V_{n.z}$  – полезный объем горна, м<sup>3</sup>;

$V_o$  – объем шлака, остающийся в металлоприемнике печи по окончанию выпуска, м<sup>3</sup>;

$V_m$  – объем малоактивной зоны, которая находится в полезном объеме горна доменной печи, м<sup>3</sup>;

$V_p$  – разгар футеровки или зарастание горна в полезном объеме металлоприемника, м<sup>3</sup>;

$q_{ч}$  – приход чугуна в горн, т/мин;

$q_{ш}$  – приход шлака в горн, т/мин;

$\tau_{\varepsilon}$  – время выпуска продуктов плавки, мин.

Баланс объемов продуктов плавки в период их накопления между выпусками с учетом малоактивной зоны коксовой насадки:

$$V_{n.z.} - V_{ост} = \frac{q_{ч}}{\rho_{ч}} \tau_{\varepsilon} + \frac{q_{ш}}{\rho_{ш} \varepsilon} \tau_{\varepsilon} + \frac{V_o}{\varepsilon} + V_m \pm V_p, \quad (2)$$

где  $\tau_{\varepsilon}$  – время заполнения горна жидкими продуктами плавки, мин.

$V_{ост}$  – часть полезного объема горна не заполненная продуктами плавки на момент открытия выпуска, м<sup>3</sup>.

Составленные балансы не учитывают обновление продуктов плавки ниже оси чугунной летки, так как количество чугуна, пришедшего в этот слой, ориентировочно равно выпущенному.

Анализ составленных балансов показал, что представленный на рисунке 1 полезный объем металлоприемника значительно больше, чем может поместиться в нем продуктов плавки, в период их накопления. Потеря полезного объема горна происходит за счет: остаточного шлака в печи, который образует депрессионную воронку после закрытия выпуска, размера и формы малоактивной зоны и разгара или зарастания металлоприемника в процессе его эксплуатации.

После закрытия выпуска в горне доменной печи находится 50-80 % остаточного шлака по отношению к объему на момент открытия. Увеличение количества остаточного шлака приводит к возрастанию потери полезного объема горна [3].

На потери полезного объема горна значительное влияние оказывают размер и форма малоактивной зоны коксовой насадки, так называемого тотермана. В этой зоне горна движение продуктов плавки практически отсутствует, поэтому с увеличением ее размеров растут потери полезного объема горна для заполнения шлаком после закрытия чугунной летки.

После окончания выпуска в полезном объеме горна остается свободный объем, который предназначен для прихода чугуна и шлака в период накопления. Рассчитать его можно по формуле

$$V_c = \frac{V_{n.z.} - V_o - V_m \pm V_p}{\varepsilon}$$

где  $V_c$  – свободный объем горна, м<sup>3</sup>.

Следует отметить, что с увеличением поперечных размеров горна доменной печи, растет количество остаточного шлака по окончанию выпуска и объем тотермана, следовательно свободный объем металлоприемника уменьшается, что влечет за собой изменение режима выпуска в сторону увеличения количества выпусков продуктов плавки через канал чугунной летки, либо уменьшение производительности печи и соответственно ухудшение технико-экономических показателей.

Путем анализа формы слоя шлака в металлоприемнике доменной печи можно разработать методы расчета размеров тотермана, определения его формы и влияния параметров малоактивной зоны на работу горна.

Разгар горна или обратное ему зарастание металлоприемника печи можно рассчитать по

разработанной методике [4] на основе теплосъема с доменной печи.

#### **Выводы**

1. Определено понятие свободного объема горна, который соответствует вместимости горна для накопления продуктов плавки и зависит от порозности коксовой насадки, количества остаточного шлака, размера тотермана и разгара футеровки металлоприемника.
2. Основное влияние на изменение свободного объема горна оказывает количество остаточного шлака после закрытия выпуска, а также размера тотермана при отклонениях от нормальной работы металлоприемника.
3. Для определения размера малоактивной зоны коксовой насадки необходимо провести анализ движения шлака в металлоприемнике во время выпуска продуктов плавки, при наличии тотермана в печи опираясь на законы гидравлики.

#### **Список использованных источников:**

1. Плискановский С.Т. Достижения и перспективы развития доменного производства / С.Т. Плискановский, В.И. Большаков // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2011. – №4. – С. 4–8.
2. Новохатский А.М. Аналитический метод определения количества выпусков жидких продуктов плавки из горна доменной печи / А.М. Новохатский, Г.Д. Михайлюк, В.П. Манаков // *Донбасский государственный технический университет. Сб. научн. работ*. – Алчевск, 2004. – С. 270-279.
3. Новохатский А.М. Совершенствование режима выпуска продуктов плавки из горна доменной печи / А.М. Новохатский // *Вісник Приазовського державного технічного університету: Зб. наук. праць*. – Маріуполь, 2008. – Вип. 18. – С. 19-22.
4. Овчаренко Н.Л. Неполадки хода доменных печей / Н.Л. Овчаренко. – М. : *Металлургия*, 1972. – 192 с.

#### **Bibliography:**

1. Pliskanovskiy S.T. Achievements and prospects of blast furnace production / S.T. Pliskanovskiy, V.I. Bolshakov // *Metallurgical and Mining Industry*. - 2011. - № 4. – P. 4-8.
2. Novokhatskiy A.M., Mikhailyuk G.D., Manakov V.P. Analytical method for determining the number of outputs of liquid melting products of from blast furnace hearth / A.M. Novokhatskiy, G.D. Mikhailyuk, V.P. Manakov // *Donbass State Technical University. Sat Scien. Pratzten*. - Alchevsk, 2004. - S. 270-279.
3. Novokhatskiy A.M. Improving production mode of melting products of blast furnace hearth / A.M. Novokhatskiy // *Bulletin of Priazovskiy State Technical University: ST. Science. Pratzten*. - Mariupol, 2008. - VIP. 18. - P. 19-22.
4. Ovcharenko N.L. Operation problems of blast furnace / N.L. Ovcharenko. - Moscow, *Metallurgy*, 1972. - 192 p.

Рецензент: С.Н. Петрушов  
д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ДонГТУ»

Статья поступила 12.10.2012