

УДК 669.162

Новохатский А.М.¹, Тищенко О.М.², Михайлюк Г.Д.³, Скляр А.В.⁴

О ВОПРОСЕ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ЧУГУНА В ГОРНЕ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

В статье рассмотрены теоретические и практические основы десульфурации чугуна. Определено влияние слоя шлака на удаление серы из чугуна в горне доменной печи.

Ключевые слова: доменная печь, горн, чугун, сера, десульфурация, уровень и слой шлака.

Новохатський О.М., Тищенко О.М., Михайлюк Г.Д., Скляр А.В. Про питання десульфуратії чавуну у горні доменної печі. У статті розглянуто теоретичні та практичні основи десульфуратії чавуну. Виявлено вплив шару шлаку на видалення сірки з чавуну у горні доменної печі.

Ключові слова: доменна піч, горн, чавун, сірка, десульфуратія, рівень та шар шлаку.

O.M. Novokhatskyi, O.M. Tyshchenko, G.D. Mykhailiuk, A.V. Sklyar. On the problem of cast iron desulphurization inside of blast furnace's hearth. In the article the theoretical and practical principles of cast iron desulphurization were studied. Influence of slag layer upon sulphur removal from cast iron inside blast furnace hearth was determined.

Key words: blast furnace, hearth, sulphur, desulphurization, level and layer of slag.

Постановка проблемы. Теоретически и практически рассмотрены процессы удаления серы из чугуна в горне доменной печи под воздействием известных технологических факторов и, кроме того, в зависимости от изменения величины слоя шлака в период накопления и выпуска продуктов плавки через канал чугунной лётки.

Анализ последних исследований и публикаций. Сера в металлургическом переделе является вредной примесью, которая вызывает красноломкость стали и снижает коррозионную стойкость, ухудшает качество готовой продукции.

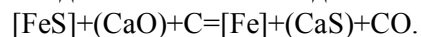
В железорудном материале и золе кокса сера находится в виде пирита, сульфата и сульфида железа. В основном сера вносится коксом, органическими соединениями.

В металлургических переделах сера частично удаляется. В основном процессы десульфурации происходят в доменной печи. Поступающая с шихтой сера распределяется между чугуном, шлаком и газом. Приход серы достаточно велик, при температуре 1300-1500⁰С в чугуне её может раствориться до 0,9%. По нормам допускается содержание серы от 0,015 до 0,06% [1].

Ряд исследователей, – И.С.Куликов, Ю.М.Потейня, Г.А.Воловик, В.Г.Воскобойников, Н.Л.Гольдштейн, И.П.Семик и др. изучали поведение серы в доменной печи [2].

Для получения высококачественного чугуна с низким содержанием серы, в первую очередь, необходимо иметь шихту, в особенности кокс, с малым содержанием этой вредной примеси.

Реакция десульфурации происходит в нижней части доменной печи в следующем виде:



Возможно протекание реакций десульфурации с использованием монооксидов (MnO), (MgO). Однако десульфурующая способность их ниже по сравнению с (CaO), а также массовое количество их в шлаке меньше, чем извести. И поэтому высокая основность и температура шлака позволяют эффективно осуществлять удаление серы из чугуна.

По данным В.Ольсена распределение серы между чугуном и шлаком по реакции $[\text{FeS}] + (\text{CaO}) + 0,5[\text{Si}] = (\text{CaS}) + 0,5(\text{SiO}_2) + [\text{Fe}]$ связано с содержанием кремния в чугуне [3].

Равновесный коэффициент распределения серы определяется по формуле Куликова:

¹ д-р техн. наук, профессор, Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск

² канд. техн. наук, доцент, Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск

³ старший преподаватель, Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск

⁴ аспирант, Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск

$$\lg L_s^0 = 2,55B + \lg\left(\frac{f_{[Si]}}{P_{CO}}\right) - 2,07.$$

Кроме того, на обессеривание чугуна влияет количество шлака. По расчётам И.С.Куликова и А.Л. Голатова, при выходе шлака около 250 кг/т чугуна можно получать мало-сернистый чугун, если приход серы на 1 тонну чугуна не превышает 6 кг [3].

Существующие уравнения по определению равновесного коэффициента распределения серы в зависимости от основности шлака, содержания кремния в чугуне, количества шлака на одну тонну чугуна в полной мере не описывают процессы десульфурации в горне доменной печи.

Кроме химического состава, температуры и количества шлака на значение коэффициента распределения L_s влияют и другие факторы.

Исследования, проведенные В.Е.Васильевым, показали влияние на содержание серы режима выпуска продуктов плавки. Установлено, что обессеривание зависит от толщины слоя шлака над слоем чугуна [2].

Воловиком Г.А и Мардером Б.Ф. [4,5] проведен анализ изменения химического состава чугуна и шлака в период выпуска продуктов плавки через канал чугунной лётки. Содержание серы наибольшее в начале выпуска и уменьшается по мере отработки продуктов плавки. Сделан вывод, что режим выпуска влияет на изменение химического состава чугуна.

Цель статьи – на основе анализа характера изменения слоя шлака в горне доменной печи в период наполнения и опорожнения продуктов плавки возникла необходимость изучения влияния этих процессов на десульфурацию чугуна.

Изложение основного материала. На доменной печи объёмом 1386 м³ ОАО "АМК" в период выпуска продуктов плавки через канал чугунной лётки через каждые пять минут отбирали пробы чугуна и определяли содержание серы (Рис.1). В начале выпуска содержание серы в чугуне наибольшее и составило 0,038%, в середине выпуска – наименьшее 0,013%, затем, к концу выпуска, содержание серы монотонно увеличивается до 0,025%. Аналогичные данные были получены на доменной печи объёмом 1033 м³ ОАО "ЕМЗ" [6].

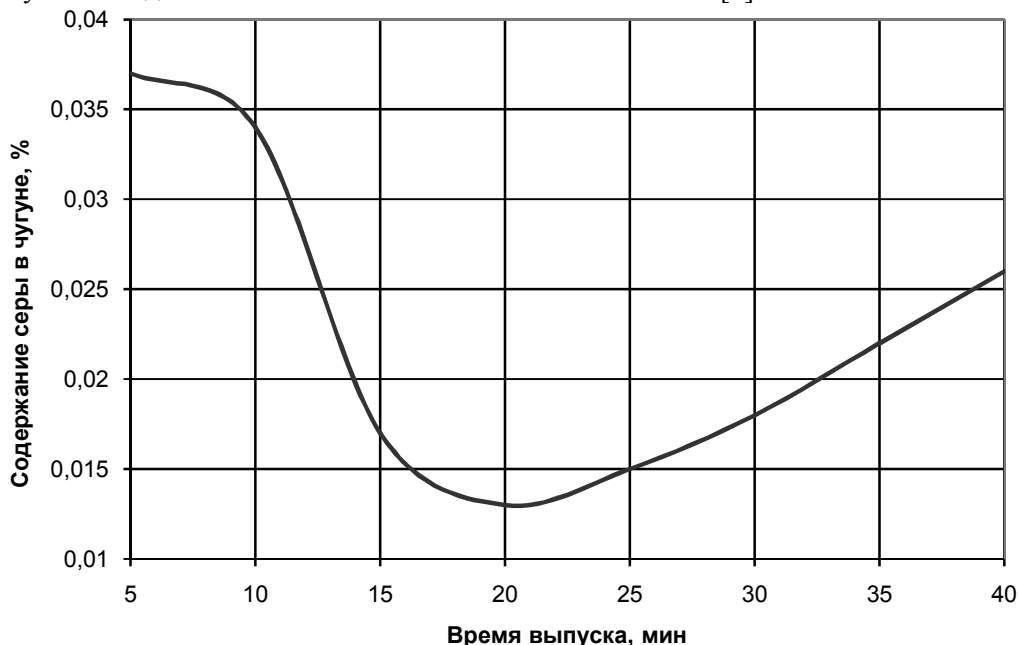


Рис. 1 - Изменение содержания серы в чугуне в период выпуска продуктов плавки через канал чугунной лётки

Значительная часть серы удаляется из чугуна, когда его капли проходят через определённый слой шлака. Поэтому основная роль при протекании обессеривания отводится толщине слоя шлака в горне над слоем чугуна. Сера в соединении с железом является поверхностно активным веществом и находится на поверхности капель чугуна. При большем слое шлака капли чугуна, проходя под действием гравитационных сил через шлак, находятся в контакте с ним

дольше, что улучшает процесс десульфурации.

Оказывается, что фактическое значение L_s и фактическое насыщение шлака серой зависят не только от состава и температуры шлака, но и от режима его накопления в горне, графика выпусков продуктов плавки.

Изменение величины слоя шлака в период выпуска и наполнения горна происходит в строгой закономерности [7]. Движение расплавов в коксовой насадке в период наполнения и выпуска продуктов плавки подчиняется законам гидродинамики. При открытии канала чугунной лётки все расплавы, находящиеся в горне, приходят в движение. В течение 10-15 минут вытекает чугун, а потом шлак. В слое чугуна образуется воронка, через которую извлекается шлак. По окончании выпуска через отверстие лётки прорываются горновые газы и процесс выдачи продуктов плавки прекращают путём закрытия канала чугунной лётки огнеупорной массой. Во время выпуска уровень чугуна имеет горизонтальную поверхность, а слой шлака различен по окружности печи. Образуется депрессионная воронка. Минимальный уровень шлака находится в районе лётки, а максимальный – с противоположной стороны горна.

Путем использования аналитического метода определения изменений геометрических размеров шлаковой депрессионной воронки, в период выпуска продуктов плавки из горна доменной печи [8], построен профиль уровня шлака в диаметральной плоскости, проходящей через канал чугунной лётки, перед началом выпуска, после 20 минут и в момент окончания выпуска (Рис.2).

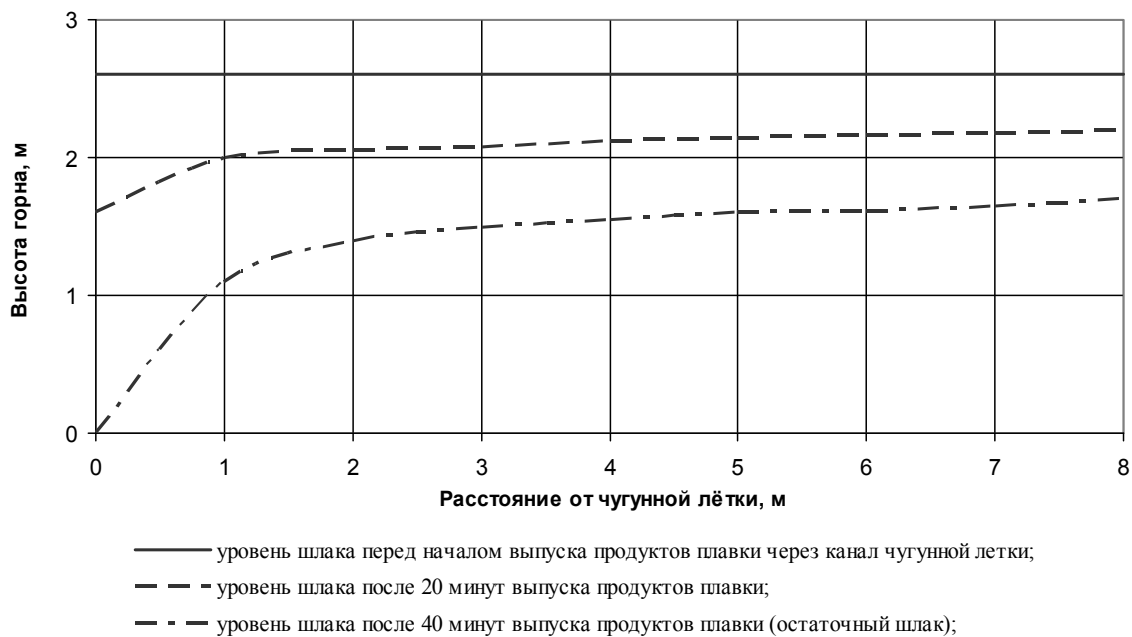
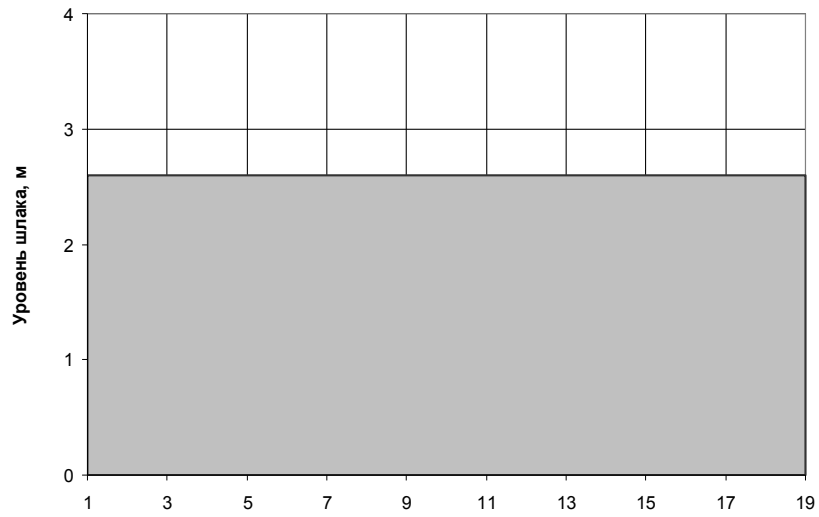


Рис. 2 - Изменение уровня шлака в период выпуска расплавов из горна печи

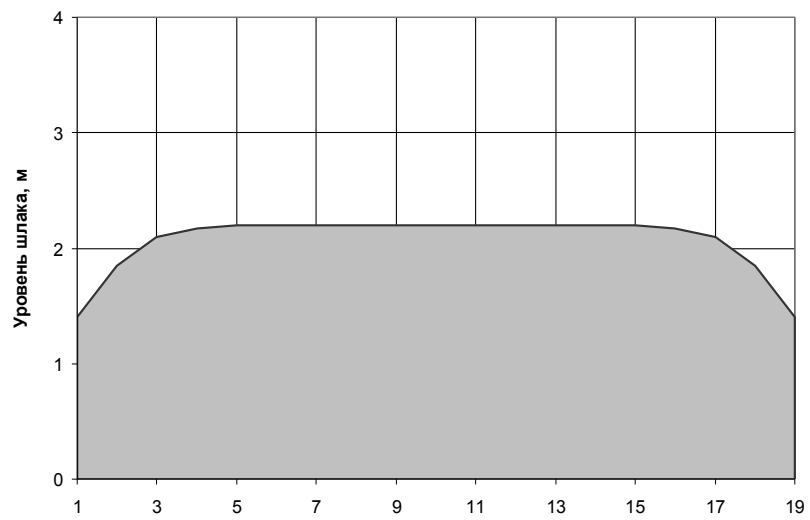
Для достоверности проведенных расчётов на рис.3 представлен график-развертка изменения уровня шлака по окружности горна печи, полученный при использовании системы контроля за состоянием горна доменной печи [9], основным входным сигналом которой является изменение разности электропотенциалов по высоте кожуха в районе каждой нечётной фурмы.

Сравнительный анализ графиков (рис. 1,2,3) показывает, что в начале выпуска содержание серы в чугуне наибольшее, поскольку в районе чугунной лётки накапливается FeS из-за депрессионной воронки предыдущего выпуска, которая выравнивается за 15-20 минут после закрытия канала лётки. Слой шлака становится одинаков по окружности горна и процессы десульфурации чугуна улучшаются.

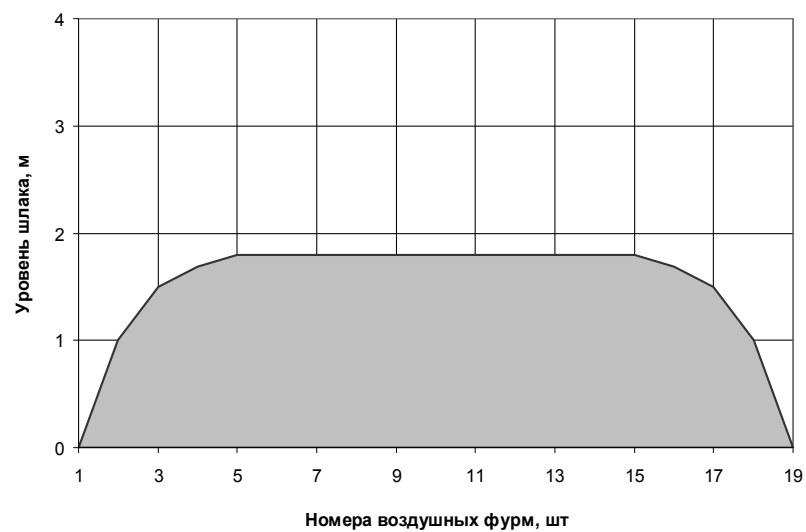
Поэтому при выходе верхних слоёв чугуна сера в нём становится минимальной. Однако по истечении 20 минут выпуска чугуна в районе лётки слой шлака уменьшается до 1,5 метров, а к концу выпуска до 0 метров, что уменьшает время контакта серы с CaO и её содержание в чугуне увеличивается. Процесс десульфурации циклически повторяется.



а – уровень шлака перед выпуском



б – уровень шлака после 20 минут выпуска



в – уровень шлака после 40 минут выпуска

Рис. 3 - Уровень воздушных фурм

Выводы.

1. Рассмотрены процессы десульфурации чугуна в период накопления и опорожнения горна от продуктов плавки.
2. Основной причиной повышения содержания серы в чугуне является уменьшение слоя шлака с образованием в районе чугунной лётки депрессионной воронки, в которую попадает большое количество серы.
3. В дальнейших исследованиях необходимо изучить процессы десульфурации на печах разного объёма, а также разработать меры по улучшению работы горна доменной печи.

Список использованных источников:

1. Ефименко Г.Г., Гиммельфарб А.А., Левченко В.Е. Металлургия чугуна. – Киев: Вища школа. Головное издательство, 1981.– 496с.
2. Готлиб А.Д. Доменный процесс. – М.: Металлургия, 1966.– 503с.
3. Металлургия чугуна: Учебник для ВУЗов. 3-е изд. перераб. и доп. / под редакцией Ю.С. Юсфина. – М.: Академкнига, 2004 –774с.
4. Воловик Г.А. Характер истечения чугуна и шлака в период выпуска / Г.А.Воловик, Б.Ф. Мардер // Металлургия и коксохимия. Республ. межвед. научн.-техн. сб. – Киев: Техника, 1974. - Вып. 38. – С. 54-60.
5. Воловик Г.А. Характер истечения чугуна и шлака в период выпуска / Г.А.Воловик, Б.Ф. Мардер // Металлургия и коксохимия. Республ. межвед. научн.-техн. сб. – Киев: Техника, 1974. - Вып. 38. – С.63-69.
6. Новохатский А.М. Влияние гидродинамических условий работы горна на химический состав чугуна / А.М. Новохатский, Г.Д. Михайлюк // Металл и литьё Украины.– 2008.– №7-8.– С.24-26.
7. Новохатский А.М. Совершенствование режима выпуска продуктов плавки из горна доменной печи / А.М.Новохатский // Вісник приазовського державного технічного університету. – 2008. – №18.– С.19-22.
8. Новохатский А.М. Аналитический метод определения изменений геометрических размеров шлаковой депрессионной воронки в период выпуска продуктов плавки из горна доменной печи / А.М.Новохатский // Металл и литьё Украины.– 2008 – №5.– С.47-49.
9. Новохатский А.М. Система контроля работы горна доменной печи / А.М. Новохатский, Г.Д. Михайлюк // Сб. науч. трудов.- Алчевск: Донбасский госуд. техн. ун-т. – 2003. – Вып.17. – С. 276-282.

Рецензент: С.Н. Петрушов
д-р техн. наук, проф. ДГТУ

Статья поступила 28.10.2010