

*д.т.н. Новохатский А. М.,
Диментьев А. О.,
Михайлюк Г. Д.,
к.т.н. Карпов А. В.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА ВЫПУСКОВ НА ДРЕНАЖНЫЕ УСЛОВИЯ В ГОРНЕ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Проведен анализ влияния режима выпусков на дренажные условия в горне доменной печи. Определено, что от чередования чугунных леток, используемых для выпуска продуктов плавки, зависит размер малоактивных зон и их воздействие на технико-экономические показатели доменной плавки.

Ключевые слова: доменная печь, продукты плавки, горн, режим выпусков, дренажные условия, чередование чугунных леток, малоактивные зоны.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Интенсивность протекания доменного процесса в значительной мере зависит от организации массообмена продуктов плавки в горне, в периоды выпуска и накопления.

Уменьшение количества хорошо прогретых жидкоподвижных продуктов плавки, которые накапливаются в период между закрытием и открытием чугунной летки, приводит к ухудшению дренажных условий в остальной части горна, что отрицательно влияет на технико-экономические показатели доменной плавки.

Важную роль в процессе массообмена расплава играет режим выпусков продуктов плавки, который влияет на объем и местоположение в горне продуктов плавки, оставшихся в момент закрытия чугунной летки [1].

Большой объем продуктов плавки, постоянно остающийся в горне, приводит к ухудшению дренажных условий, а, в последствии, образованию центральной малоактивной зоны, так называемого «то-термана».

Продолжительная работа доменной печи в таких условиях приводит к расстройству горна, что требует от технологов ра-

дикальных решений для повышения вместимости металлоприемника.

Ухудшение дренажных условий приводит к образованию в соответствующей части горна доменной печи малоактивной зоны, для борьбы с которой потребуются крупные затраты энергоресурсов.

В результате этого значительно снизится накопительная способность горна доменной печи, что может привести к ухудшению технико-экономических показателей доменной плавки [2].

Современные технологии позволяют определять уровень слоя продуктов плавки по окружности горна [3], благодаря чему возникает возможность оперативного обнаружения малоактивных зон в нижней части доменной печи и, при необходимости, предпринимать технологические действия для их ликвидации.

Постановка задачи. Целью работы является анализ дренажных условий в горне доменной печи при различных режимах выпусков продуктов плавки.

Изложение материала и его результаты. В период выпуска продуктов плавки через канал чугунной летки, уровень шлака по окружности горна уменьшается не равномерно.

В секторе горна около чугунной летки уровень шлака уменьшается быстрее, чем

с диаметрально противоположной стороны.

После прорыва горнового газа через чугунную летку, ее закрывают огнеупорной массой, а в печи остается шлак, имеющий наклонную поверхность, образуя так называемую депрессионную воронку.

В период накопления продуктов плавки депрессионная воронка выравнивается в течении 15-25 минут, после чего «зеркало» шлака приобретает горизонтальную поверхность. Далее уровень расплава по окружности горна увеличивается равномерно.

Характер изменения уровня продуктов плавки в горне доменной печи повторяется от выпуска к выпуску, в периоды ее открытого и закрытого состояния используемой чугунной летки.

В связи с этим в секторе горна около чугунной летки существует зона свободного истечения продуктов плавки [4].

Размер зоны свободного истечения в современных доменных печах не значителен, из-за большого диаметра металлоприемника. В связи с этим не правильное чередование чугунных леток между выпусками продуктов плавки приводит к ухудшению дренажных условий в противоположной от выпускных каналов печи части горна.

Проведен анализ работы доменной печи №1 ПАО Алчевского металлургического комбината («АМК»), объемом 3000 м³, которая оборудована тремя чугунными летками, расположенными под углами 51°, 154° 30' и 154° 30', при этом наименьший угол между летками №2 и №3.

Для выпуска продуктов плавки на доменной печи №1, относительно смены чугунной летки, используется несколько режимов выпусков:

- чередование трех чугунных леток по окружности печи;
- чередование двух чугунных леток, которые расположены под углом 154° 30';
- чередование двух чугунных леток, расположенных под наименьшим углом.

Благодаря специфическому расположению выпускных каналов печи, наиболее низкий уровень продуктов плавки по окружности горна будет обеспечиваться, при режиме выпусков с чередованием чугунных леток для выпуска расплава №1 - №2 - №3 или №1 - №3 - №2.

При данных режимах выпусков, уровень продуктов плавки между чугунными летками №1 - №2 и №1 - №3 выше, чем между №2 - №3, что связано с расположением зон свободного истечения в горне доменной печи.

Проведенный анализ движения продуктов плавки в горне, в период между открытием и закрытием выпускного канала печи, позволяет сделать вывод, что на доменной печи №1 ПАО «АМК» целесообразно применять режим выпусков с чередованием чугунных леток №1 - №2 - №1 - №3 или №1 - №3 - №1 - №2, а при капитальном ремонте I разряда оборудовать металлургический агрегат 4 летками, расположенными по парно симметрично.

Использование режима выпусков с чередованием двух чугунных леток, расположенных под углом 154° 30', приводит к перекосу уровня продуктов плавки по окружности горна, так как зоны свободного истечения с одной стороны металлоприемника расположены близко, а с другой расстояние между ними значительно больше. Соответственно над малоактивной зоной уровень расплава будет значительно выше, чем с противоположной стороны печи.

На рисунке 1(а) представлено расположение зон свободного истечения, зоны с ухудшенными дренажными условиями и малоактивной зоны, при режиме выпусков с чередованием чугунных леток для выпуска продуктов плавки №1 - №2.

В этой ситуации, изменение режима выпусков с вводом в эксплуатацию третьей чугунной летки, сопровождается повышением уровня расплава по окружности горна и ухудшением работы доменной печи.

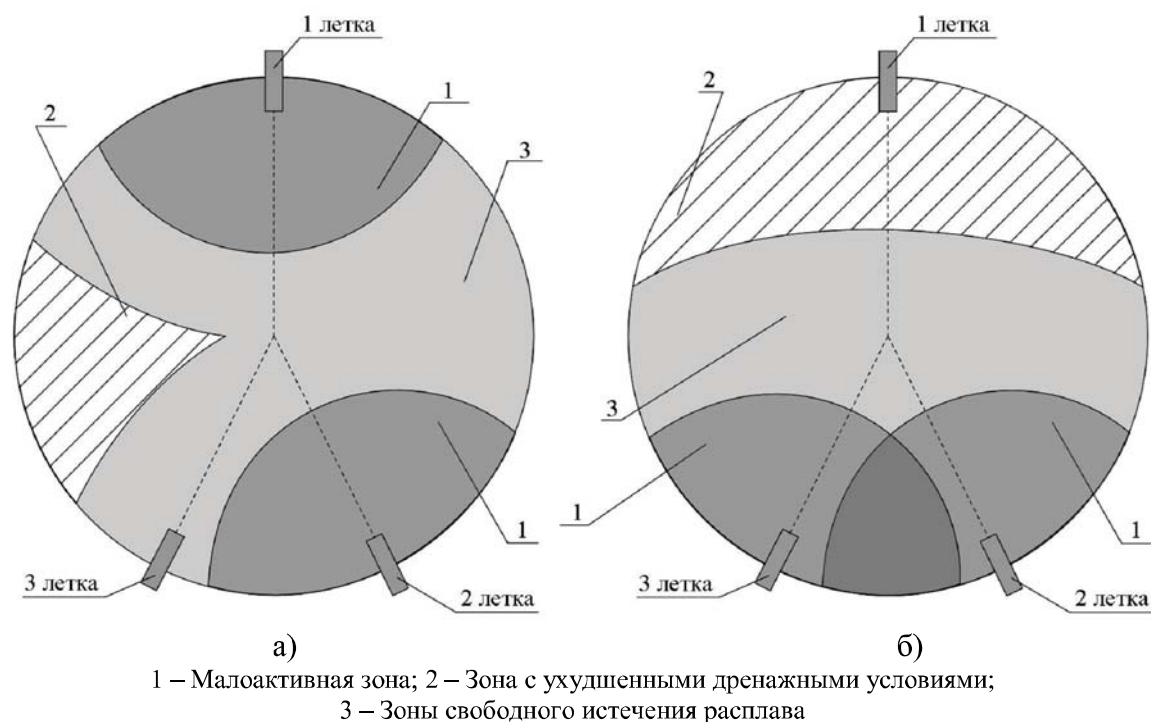


Рисунок 1 – Схема расположения зон а в горне доменной печи №1 ПАО «АМК», при различных режимам выпусков

Режим выпусков с чередованием двух чугунных леток расположенных под углом в 51° , наиболее не благоприятный для работы горна данной доменной печи, так как значительно возрастает перекося уровня продуктов плавки по окружности нижней части металлургического агрегата.

На рисунке 1(б) видно, что между чугунными летками №2 и №3 уровень продуктов плавки довольно низкий, из-за накладки зон свободного истечения расплава, а с противоположной стороны горна образуется большая малоактивная зона.

Над образовавшейся малоактивной зоной уровень продуктов плавки постоянно высокий, что приводит к систематическому переполнению этой части горна. В результате этого ухудшаются технико-экономические показатели доменной плавки.

В этой ситуации, изменение режима выпусков, при котором для выпуска продуктов плавки начинают использовать чугунную летку №1, из-за зоны с ухудшенными дренажными условиями и малоактивной зоны возле нее, сопровождается

чрезмерно высоким уровнем расплава по окружности горна, а так же малым количеством выпущенных чугуна и шлака, в период открытого выпускного канала печи.

Так же проведен анализ работы доменной печи №5 ПАО «АМК», объемом 1719 м^3 , которая оборудована двумя чугунными летками, расположенными под углом 60° . В период ее работы, из-за близкого расположения чугунных леток, не зависимо от режима выпусков продуктов плавки, с противоположной от них стороны горна постоянно будут ухудшенными дренажные условия, что приводит к образованию там малоактивной зоны.

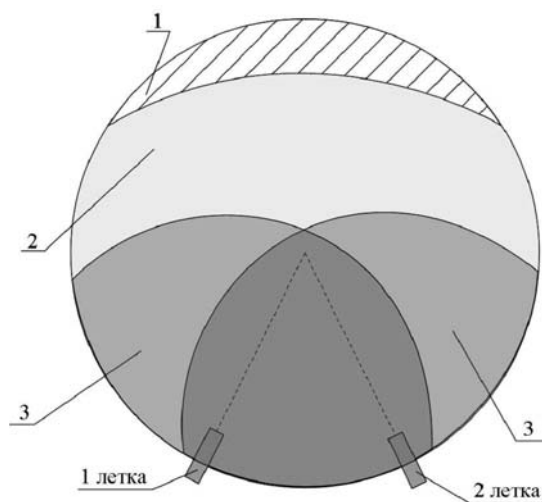
Режимы выпусков на данной доменной печи можно разделить по частоте смены чугунной летки для выпуска продуктов плавки на две группы: высокая и низкая частота смены.

Отличаются они тем, что во втором случае смену чугунной летки для выпуска продуктов плавки производят реже, чем раз в 6 часов.

Высокая частота смены чугунной летки для выпуска продуктов плавки позволяет

иметь наименьший уровень остаточного расплава в горне, при этом малоактивная зона будет иметь минимальные размеры, как видно на рисунке 2.

При данном режиме выпусков образование малоактивной зоны не оказывает заметного влияния на вместимость горна для накопления продуктов плавки, что позволяет не допустить переполнения горна и получить высокие технико-экономические показатели доменной плавки.



1 – Малоактивная зона; 2 – Зона с ухудшенными дренажными условиями; 3 – Зоны свободного истечения расплава

Рисунок 2 – Схема расположения зон в горне доменной печи №5

Применение режима выпусков с низкой частотой смены чугунной летки для выпуска продуктов плавки, приводит к увеличению размера малоактивной зоны и образованию зоны с ухудшенными дренажными условиями возле не используемого выпускного канала.

В связи с этим, при изменении номера чугунной летки для выпуска продуктов плавки, из-за зоны с ухудшенными дренажными условиями и малоактивной зоны, уровень расплава по окружности горна в период первых нескольких выпусков будет более высокий. В результате чего снизятся показатели работы доменной печи и воз-

можно превышение уровня шлака выше оси воздушных фурм.

Доменные печи №1 и №5 оборудованы системами контроля состояния горна, которые позволяют оперативно определять изменение уровня продуктов плавки соответственно в 14 и 10 секторах по их окружности.

На рисунке 3 представлен выдаваемый системой контроля график изменения уровня расплава по окружности горна, в период смены для выпуска продуктов плавки чугунной летки №2 на летку №1.

В период первого открытия чугунной летки №1 уровень шлака в горне практически не снизился. Выпуск продуктов плавки прошел в 2 раза быстрее, чем обычно, его длительность составила 30 минут. Количество выпущенных чугуна и шлака так же оказалось значительно меньше, чем перед этим. Выпуск был закрыт после прорыва горнового газа через выпускной канал печи.

После открытия чугунной летки, из-за зоны с ухудшенными дренажными условиями произошло активное образование депрессионной воронки в слое шлака. В результате из доменной печи вышел расплав, который располагался над выпускным каналом печи, с образованием небольшой зоны свободного истечения. Поэтому, после закрытия выпуска, уровень продуктов плавки по окружности горна получился довольно высоким.

На параметрах работы доменной печи высокий уровень остаточных продуктов плавки по окружности горна не отразился.

При этом расход дутья, нижний перепад давления газа и давление под колошником не изменились, как видно из рисунка 4.

В дальнейшем выпуска продуктов плавки на доменной печи №5 ПАО «АМК» производились через чугунную летку №1.

Продолжительность второго выпуска продуктов плавки через чугунную летку №1, по сравнению с предыдущим, увеличилась на 5 минут, а уровень остаточного шлака по окружности горна незначительно понизился.

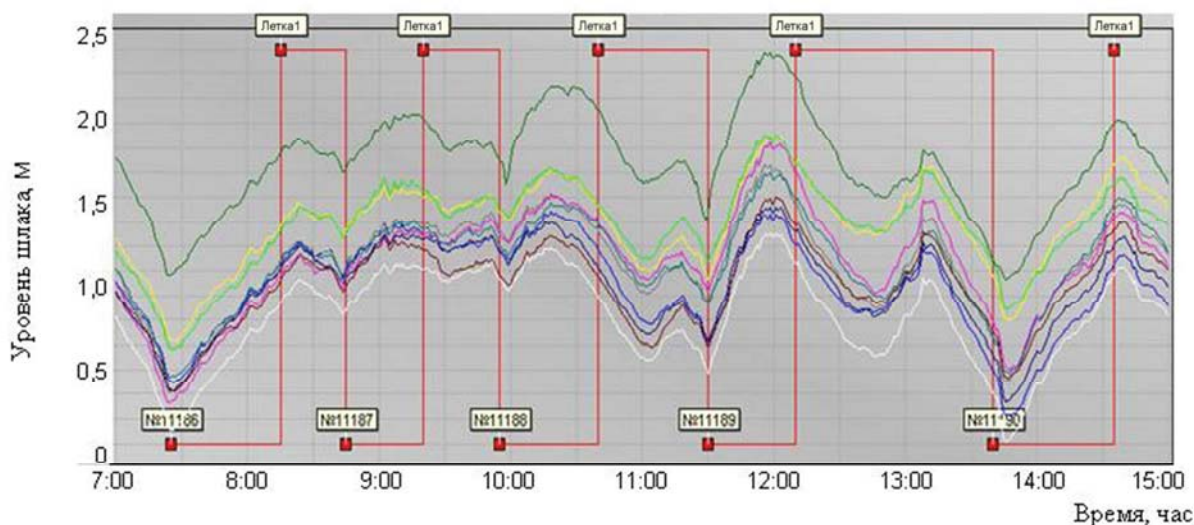


Рисунок 3 – Изменение уровня шлака по окружности горна доменной печи №5 ПАО «АМК» по показаниям системы контроля состояния горна

Повышенный уровень расплава в доменной печи на протяжении двух выпусков повлиял на нижний перепад давления, который начал повышаться за 20 минут до открытия чугунной летки. В период выпуска продуктов плавки он незначительно снизился, практически до нормальной величины, что свидетельствует об уменьшении количества остаточного шлака в печи.

После закрытия выпуска продуктов плавки, перепад давления резко увеличился, при этом он стал больше, чем был в момент открытия чугунной летки. В результате чего технологическому персоналу пришлось снизить расход дутья на $300 \text{ м}^3/\text{мин}$.

Третий выпуск продуктов плавки длился 50 минут и уровень расплава по окружности горна снизился больше, чем за предыдущие два выпуска, однако по прежнему оставался повышенным.

Открытие этого выпуска привело к постепенному снижению нижнего перепада давления, а расход дутья плавно восстановился до $3200 \text{ м}^3/\text{мин}$, как показано на рисунке 4.

После закрытия выпуска продуктов плавки нижний перепад давления снизился

до нормального уровня, но в 11:40 начал стремительно повышаться.

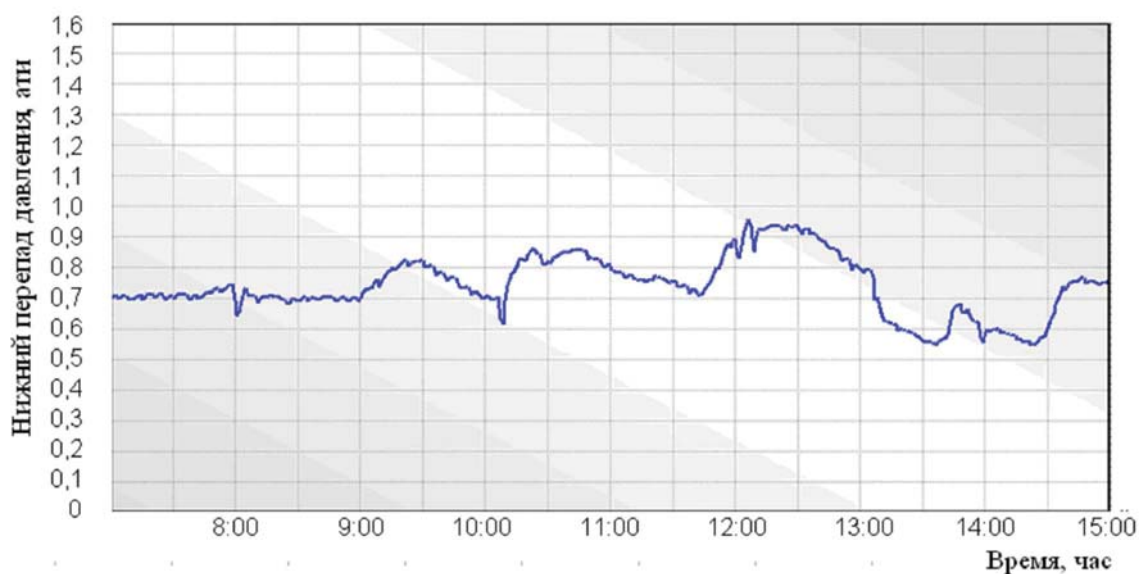
В 12:10 открыли 4 выпуск продуктов плавки через чугунную летку №1, при этом технологическому персоналу доменной печи пришлось произвести «осадку», уменьшив расход дутья на $400 \text{ м}^3/\text{мин}$, так как нижний перепад давления не уменьшался.

В 13:40 снизили расход дутья до $2300 \text{ м}^3/\text{мин}$, что привело к уменьшению давления под колошником до 0,3 ати. Данный режим работы поддерживали в течении 30 минут, как видно на рисунке 4.

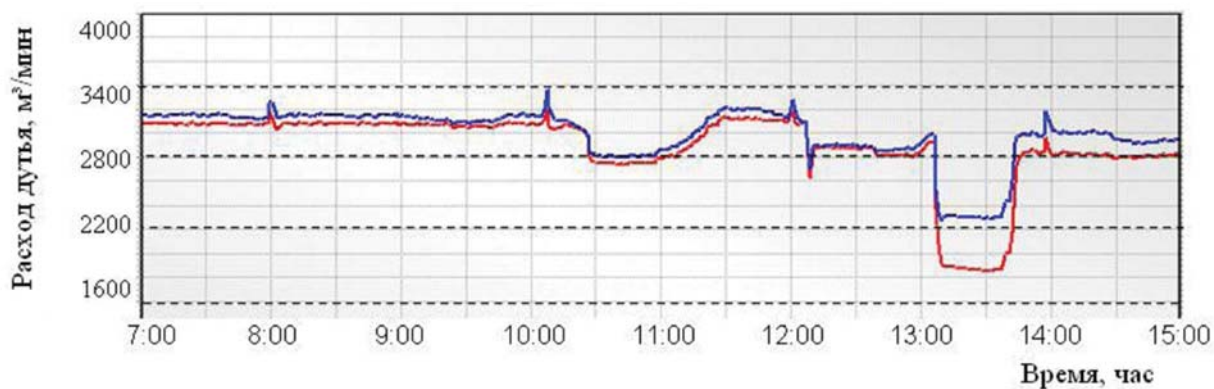
Так же по данной причине опустился столб шихтовых материалов в металлоприемнике, что привело к повышению уровня расплавов, которое было зафиксировано системой контроля состояния горна и представлено на рисунке 3.

В связи с этим продолжительность выпуска продуктов плавки увеличилась до 90 минут.

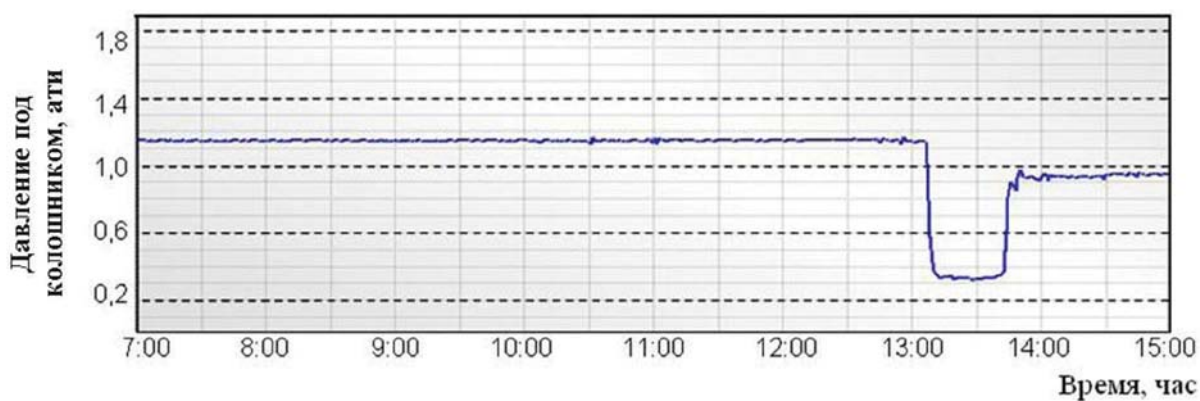
После закрытия чугунной летки уровень расплава значительно снизился по сравнению с предыдущими 3 выпусками и достиг высоты последнего выпуска через выпускной канал печи №2.



а)



б)



в)

а – изменение нижнего перепада давления, б – изменение расхода дутья,
в – изменение давления под колошником

Рисунок 4 – Изменение параметров доменной плавки на протяжении 4 выпусков
через чугунную летку №1

Таким образом, из-за образования зоны с ухудшенными дренажными условиями около чугунной летки №1 в период работы доменной печи с выпуском продуктов плавки через летку №2, производительность металлургического агрегата снизилась на 7,3 %, а так же в течении 6 часов было чрезмерное наполнение расплавом горна.

Из проведенного анализа работы доменной печи №5 можно сделать вывод, что для нормального движения продуктов плавки в горне необходимо регулярно производить смену чугунной летки или работать без смены выпускного канала печи до ремонта главного желоба на литейном поле, что позволит минимизировать затраты в переходный период.

В первом случае будут ликвидированы условия для образования зоны с ухудшенными дренажными условиями возле второй чугунной летки, а во втором минимизируется расход энергоресурсов затраченных на борьбу с полученной зоной.

Выводы и направление дальнейших исследований.

На доменной печи №1 ПАО «АМК» для обеспечения хорошей работы горна целесообразно использовать режим выпусков с чередованием чугунных леток №1 - №2 - №1 - №3 или №1 - №3 - №1 - №2, а при капитальном ремонте I разряда увеличить число леток до 4, расположив их попарно симметрично.

Для доменной печи №5 ПАО «АМК» смену чугунной летки для выпуска продуктов плавки необходимо регулярно производить или работать без ее смены, до ремонта главного желоба на литейном поле.

При разработке режима выпусков на других доменных печах необходимо учитывать расположение зон свободного истечения расплава в металлоприемнике, что позволит избежать ухудшения дренажных условий в нижней части металлургического агрегата, перекоса уровня продуктов плавки и переполнения горна жидким шлаком.

Библиографический список

1. Новохатский А.М. Совершенствование режима выпуска продуктов плавки из горна доменной печи // *Вісник Приазовського державного технічного університету: Зб. наук. праць.* – Маріуполь, 2008. – Вип. 18. – С. 19-22.
2. Новохатский А.М. Потеря полезного объема горна доменной печи / А.М. Новохатский, А.О. Диментьев, А.В. Карпов, Г.Д. Михайлюк // *Вісник Приазовського державного технічного університету: Зб. наук. праць.* – Маріуполь, 2012. – вип. 25. – С. 47-50.
3. Новохатский А.М. Система контроля состояния горна доменной печи / А.М. Новохатский, Г.Д. Михайлюк // *Черные металлы.* – 2012. – №8. – С. 13-17.
4. Новохатский А. М. Анализ закономерностей протекания массообменных процессов в горне доменной печи // *Металлы и литье Украины.* – 2008. – № 6. – С. 5-7.
5. Новохатский А. М. Влияние тотермана на процесс движения шлака в горне доменной печи / А.М. Новохатский, А.О. Диментьев, Г.Д. Михайлюк // *Металлы и литье Украины.* – 2013. – № 2. – С. 6-9.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Петрушовым С. Н.

Статья поступила в редакцию 04.11.13

д.т.н. Новохатський О. М., Діментьєв О. О., Михайлюк Г. Д., к.т.н. Карпов А. В. (ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна)

АНАЛІЗ ВПЛИВУ РЕЖИМУ ВИПУСКІВ НА ДРЕНАЖНІ УМОВИ В ГОРНІ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ

Проведено аналіз впливу режиму випусків на дренажні умови в горні доменної печі. Визначено, що від чергування чавунних льоток, які використовують для випуску продуктів плавки, залежить розмір малоактивних зон і їх вплив на техніко-економічні показники доменної плавки.

Ключові слова: доменна піч, горн, режим випусків, дренажні умови, чергування чавунних льоток, продукти плавки, малоактивні зони.

Dimentev A. O., Novohatskiy A. M., Karpov A. V., Mihaylyuk G. D., (DonSTU, Alchevsk, Ukraine)
ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE RELEASE MODE ON THE DRAINAGE CONDITIONS IN THE HEARTH BLAST FURNACE

The analysis of the impact of the release mode on the drainage conditions in the hearth blast furnace. Determined that the from changing iron notch, which is used the release to melting products depends the size of low-activity zones and their impact on the technical and economic parameters of blast furnace.

Key words: blast furnace, hearth, release mode, drainage conditions, changing iron notch, the products of melting, low-activity zones.