

Л. П. Грес, Е. А. Каракаш, С. А. Карпенко*, С. В. Колдомасов**

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

*Концерн «Союз-Энерго», Новомосковск

**ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского», Днепропетровск

Повышение энергоэффективности нагрева доменного дутья на эксплуатируемых доменных печах путем установки системы теплообменников для нагрева компонентов горения и модернизации воздухонагревателей

Рассмотрены вопросы повышения энергоэффективности нагрева доменного дутья путем увеличения температуры под куполом воздухонагревателей (ВН) и сокращения удельного расхода кокса за счет нагрева компонентов горения и повышения температуры дутья. Предложены мероприятия по увеличению температуры горячего дутья (ГД) в период модернизации или строительства ВН.

Ключевые слова: энергоэффективность, доменные воздухонагреватели, теплообменники, модернизация, насадка, температура дутья

Повышение энергоэффективности доменного производства приводит к снижению себестоимости производства чугуна и повышению конкурентоспособности готовой металлургической продукции. А также способствует как непосредственно, так и косвенно уменьшению вредных выбросов в атмосферу.

Эти вопросы возможно решать, увеличивая температуру под куполом воздухонагревателей (ВН), снижая удельный расход кокса за счет увеличения температуры дутья, уменьшая материалоемкость и капитальные затраты на нагрев доменного дутья путем модернизации или строительства (ВН).

Увеличение температуры под куполом воздухонагревателей. Впервые в Украине на ДП-2 МК «Запорожсталь», а затем на ДП-3,5 Енакиевского металлургического завода введена в эксплуатацию система теплообменников для нагрева доменного газа и воздуха за счет утилизации теплоты отходящих дымовых газов ВН (рис. 1). Это дало возможность повысить температуру под куполом ВН и температуру ГД. Длительный опыт эксплуатации этой системы показал возможность стабильного нагрева дутья до 1200-1230 °С. Однако на ДП-2 МК «Запорожсталь» воздушный теплообменник через 3,5 года вышел из эксплуатации. Было установлено [1], что основ-

ной причиной разрушения была низкотемпературная сернокислотная коррозия, которая образуется при

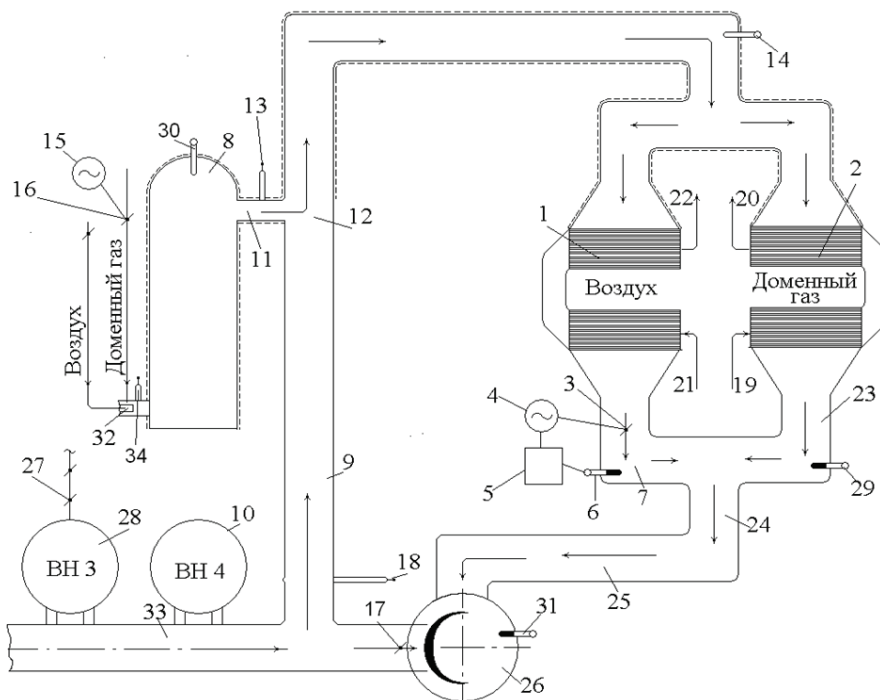


Рис. 1. Схема блока воздухонагревателей доменной печи с системой утилизации теплоты и подтопкой: 1, 2 – теплообменники подогрева воздуха горения и доменного газа; 3 – регулирующая дроссель; 4 – исполнительный механизм; 5 – микропроцессор; 6, 29, 31 – датчики температуры точки росы после воздушного и газового теплообменников и в дымовой трубе; 7, 9, 23, 24, 25, 33 – дымопроводы; 10, 28 – воздухонагреватели; 8 – подтопка; 11 – сопла для ввода дымовых газов из подтопки; 12 – смеситель дымовых газов; 13 – отсеchnый шибер подтопки; 14, 30 – датчики температуры дымовых газов; 15 – исполнительный механизм; 16 – регулирующая дроссель на подводе доменного газа к подтопке; 17 – регулирующая дроссель; 18 – отсеchnый шибер системы; 19, 20 – подвод и отвод доменного газа на теплообменник; 21, 22 – подвод и отвод воздуха горения на теплообменник; 26 – дымовая труба; 27 – отсеchnый дроссель воздухонагревателя; 32 – горелка подтопки; 34 – отсеchnый шибер горелки подтопки

температуре отработанных дымовых газов из теплообменников ниже температуры точки росы серной кислоты (120-130 °С).

Следует отметить, что при существующей системе теплообменников в осенне-зимний период, когда температура воздуха ниже 0 °С, устранить коррозию невозможно, так как холодный воздух, встречаясь с трубчаткой, которую омывают дымовые газы с температурой на выходе теплообменника 150-170 °С, резко охлаждает трубы до температуры ниже 120 °С.

В связи с этим НМетАУ совместно с Укргипрометом и концерном «СоюзЭнерго» разработана новая система теплообменников. Она отличается от существующей тем [1], что дымовые газы движутся внутри труб, а воздух (газ) омывает их снаружи. Трубчатка включает дополнительную секцию перед входом воздуха, а дымовые газы подводятся к входу основной секции и выходу дополнительной. Это дает возможность увеличить температуру пакета труб, что исключает их коррозию (рис. 2).

Рассмотрено влияние влажности доменного газа на температуру горения (под куполом) и на необходимую температуру нагрева компонентов горения при температуре дутья 1250 °С (таблица).

Обычно принимают влажность доменного газа 30-35 г/м³, однако фактическое ее значение – 70-80 г/м³. Только на 2-х комбинатах Украины влажность газа составляет 20-30 г/м³: ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог» и «Алчевском МК». Для условий ДП-3 ПАО «Евраз – ДМЗ им. Петровского» необходимо нагревать доменный газ до 170 °С (ограничивается стойкостью резинового уплотнения газových дросселей).

Для более высокого подогрева компонентов горения предлагается система теплообменников с подтопкой [2]. Доменный газ сжигается в теплогенераторе, образуя продукты горения с температурой 1200-1250 °С. С помощью части отходящих дымовых газов из ВН эти продукты горения охлаждаются до температуры 400-450 °С и затем используются в теплообменниках.

Все существующие системы теплообменников построены вместе с блоком ВН. Несмотря

на технологические сложности, имеется возможность использовать эту систему на эксплуатируемых доменных печах. Например, предпроектные разработки показали возможность размещения системы теплообменников на ДП-3 ПАО «Евраз – ДМЗ им. Петровского».

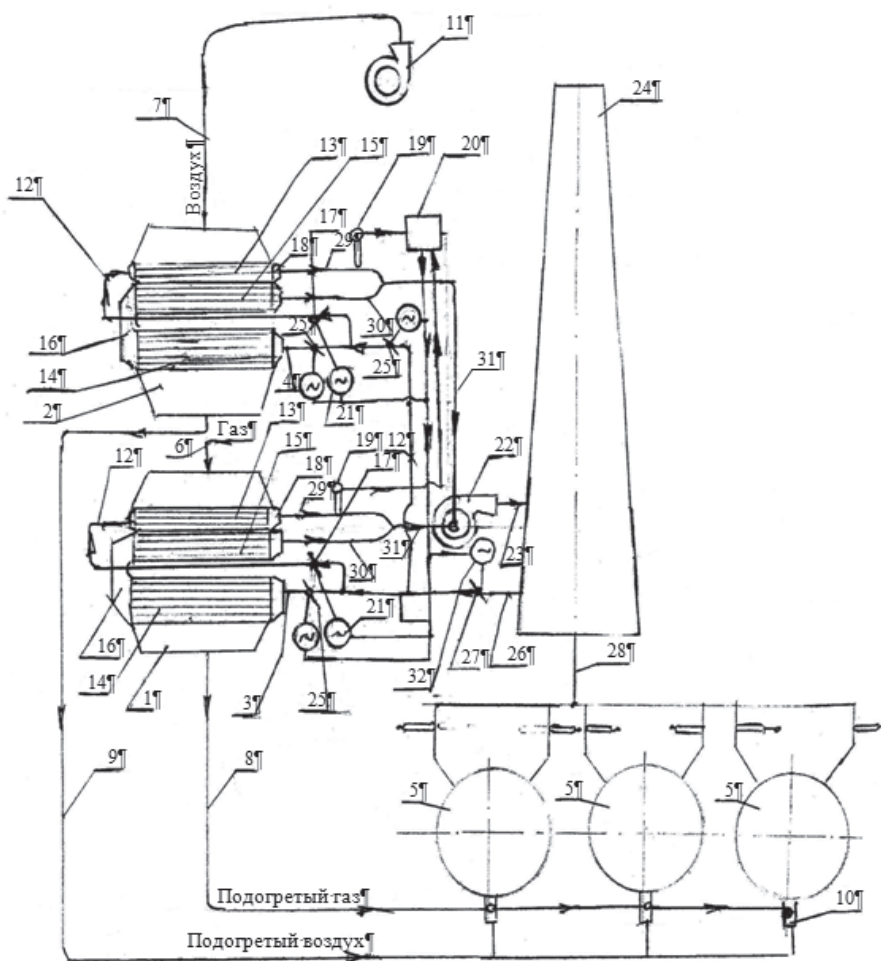


Рис. 2. Новая система теплообменников блока доменных воздушнонагревателей

Зависимость температуры под куполом от влажности доменного газа с $Q_{н\ p} = 3,693 \text{ МДж/м}^3 = 833 \text{ ккал/м}^3$ *

| Температура доменного газа после очистки, °С | Влажность доменного газа, г/м ³ | Калориметрическая температура горения, °С** | Теплота сгорания доменного газа | |
|--|--|---|---------------------------------|---------------------|
| | | | кДж/м ³ | ккал/м ³ |
| 60 | 182,5 | 1070 1170 | 2950 | 705 |
| 55 | 137,6 | 1100 1200 | 3050 | 728 |
| 50 | 104,0 | 1100 1225 | 3150 | 752 |
| 45 | 78,4 | 1130 1250 | 3240 | 774 |
| 40 | 59,0 | 1150 1270 | 3320 | 793 |
| 30 | 33,0 | 1170 1300 | 3400 | 812 |

* доменный сухой газ имел состав, в %: CO₂ = 17,7; CO = 22,4; H₂ = 6,3; N₂ = 53,6;

** числитель – без подогрева газа и воздуха, знаменатель – температура подогрева газа и воздуха по 170 °С

При выборе системы теплообменников необходимо учитывать состояние и возможности ВН и тракта горячего дутья.

В связи с этим рассмотрены следующие варианты: модернизация ВН в период их капитальных ремонтов, реконструкция или строительство нового блока ВН.

I. Модернизация ВН в период их капитальных ремонтов

В этом случае возможно использование следующих мероприятий.

Применение насадок с горизонтальными проходами. Предлагается существующую насадку с каналами \varnothing 40 мм заменить на насадку с каналами \varnothing 30 мм, имеющую горизонтальные проходы [3]. При удовлетворительном состоянии поднасадочного устройства и низа насадки использовать насадку существующего типа с каналами \varnothing 40 мм, но с горизонтальными проходами (рис. 3).

Преимущества насадок с горизонтальными проходами:

- значительно снижается фактор засорения или заплывания ячеек;

- устраняется значительная неравномерность температур в периоды нагрева и дутья по горизонтальному сечению насадки, которая для ВН со встроенной камерой горения составляет 300-350 °С;

- увеличивается на 10-15 % коэффициент теплоотдачи конвекцией;

- применение насадки с каналами \varnothing 30 мм позволяет использовать не четыре, а три аппарата в блоке.

Срок окупаемости мероприятия составляет менее одного года.

Использование в кладке разделительной стенки камеры горения низкотеплопроводного огнеупорного материала. Это позволит снизить температурные напряжения в кладке, вызванные значительными перепадами температур кладки со стороны камеры горения и насадки.

Применение струйно-вихревой горелки. При этом используется струйно-вихревая горелка, которая по-

казала надежную работу при купольном отоплении ВН. Ее конструкция приспособлена для условий нижней части камеры горения. Эта горелка особенно вписывается на воздухонагревателях с вынесенной камерой горения.

Использование новой системы АСУ ТП. На большинстве ДП уже не используют приборы для регистрации параметров, а данные показаний датчиков вводят в ЭВМ. Однако эти данные не используются для управления тепловым режимом ВН (отсутствует обратная связь).

Разработана новая система управления тепловым режимом ВН. В этом случае используется математическая модель ВН, с помощью которой рассчитываются и выбираются расходы газа и воздуха, оптимальные длительности периодов нагрева и дутья, качество сжигания газа, которые соответствуют максимальной температуре дутья соответствующей технологии доменной плавки.

II. Реконструкция или строительство нового блока ВН

При реконструкции ВН, когда заменяется вся кладка, а иногда и кожух, а также при строительстве ВН предлагается использовать новый комплекс блока ВН и системы теплообменников. Причем используется новое поколение ВН.

В отличие от ВНК подводы газа и воздуха осуществляются снаружи в два ряда, что исключает использование специальных кирпичей. Эта конструкция защищена патентами Украины и Российской Федерации [4, 5]. Систему теплообменников и ВН необходимо рассматривать системно в виде комплекса (рис. 4). Как ДП не может работать без ВН, так и ВН не могут работать без теплообменников.

Особенностью этого комплекса является значительное снижение высоты насадки до 8-12 м за счет:

- использования насадки с повышенной удельной поверхностью нагрева (\varnothing ячеек – 30 мм и меньше), но с горизонтальными проходами;

- повышения средней температуры уходящего дыма с 250-270 до 330-380 °С за счет использования жаропрочного чугуна в поднасадочном устройстве и

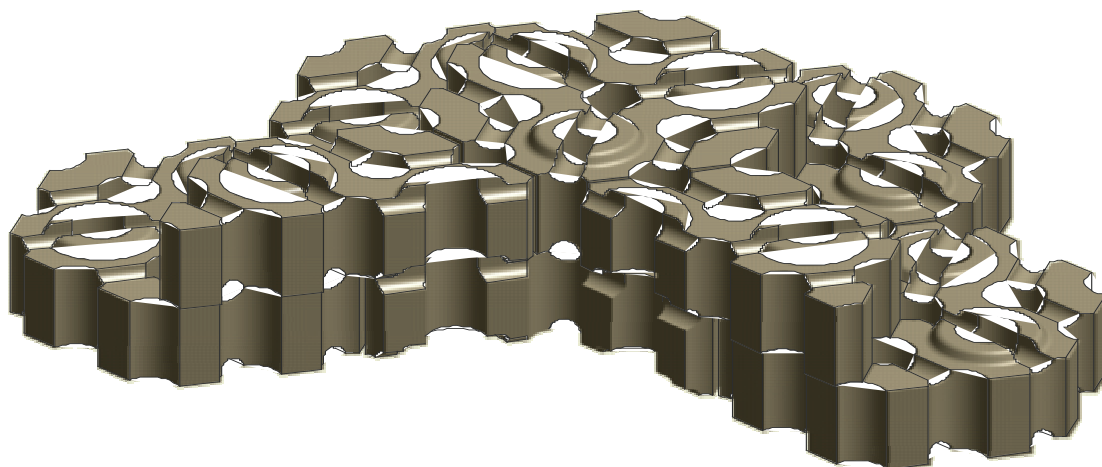


Рис. 3. Насадочное изделие воздухонагревателя

снижения статических нагрузок на него при уменьшении высоты насадки, что позволит не только улучшить параметры теплообмена низа насадки и увеличить температуру дутья, но и эффективно использовать отходящие дымовые газы без подтопки для нагрева газа и воздуха и для подготовки сушильного агента для ПУТ;

– распределения общей необходимой поверхности нагрева не на три, а на четыре аппарата. Это улучшит тепловой режим ВН, систему их управления и условия ремонтов.

Выводы

Показана возможность использования теплообменников для нагрева компонентов горения для отопления ВН в условиях эксплуатируемых доменных печей.

Разработана новая система теплообменников для нагрева компонентов горения, позволяющая

устранить низкотемпературную серноокислотную коррозию трубчатки.

Показано значительное влияние влажности доменного газа на температуру под куполом ВН, а также на необходимую температуру нагрева компонентов горения.

Предложены мероприятия по модернизации ВН при их капитальных ремонтах, что позволит увеличить температуру дутья и сэкономить скиповый кокс при утилизации теплоты отходящих дымовых газов ВН.

Разработано новое поколение блока воздухонагревателей с купольным отоплением и системой теплообменников, которое обеспечивает температуру дутья 1200-1250 °С, снижение материалоёмкости, непосредственное использование отходящих дымовых газов с повышенной средней температурой (до 330-380 °С) для нагрева компонентов горения ВН, а также в качестве теплоносителя для сушки ПУТ.

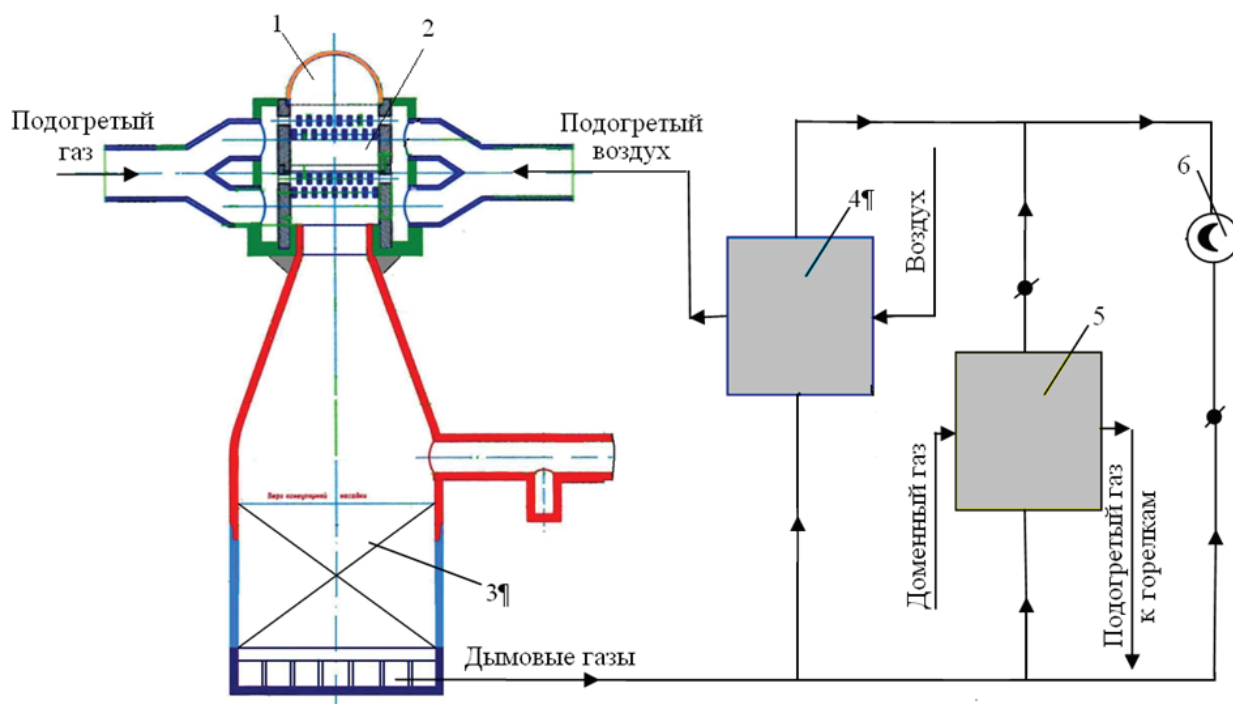
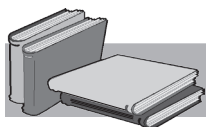


Рис. 4. Комплекс воздухонагревателей с системой теплообменников для нагрева компонентов горения: 1 – форкамера, 2 – струйно-вихревая горелка, 3 – насадка, 4 – теплообменник для нагрева воздуха, 5 – теплообменник для нагрева доменного газа, 6 – дымовая труба



ЛИТЕРАТУРА

1. Теплообменники доменных печей. / Л. П. Грес, С. А. Карпенко, А. Е. Миленина / Под общей ред. Л. П. Греса. – Д.: Пороги, 2012. – 491 с.
2. Патент 41075. Украина, № и 200804580, С 21 В 9/00. Способ утилизации теплоты отходящих дымовых газов доменных воздухонагревателей. / Л. П. Грес, С. А. Карпенко, А. А. Науменко и др. – Оpubл. 12.05.2009, Бюл. № 9.
3. Патент 80062. Украина, № и 201213715. С 21 В 9/00. Блок воздухонагревателей доменной печи с купольными горелками. / С. А. Стасевкий, В. Н. Панин, Л. П. Грес, А. О. Еремин и др. – Оpubл. 13.05.2013, Бюл. № 9.
4. Патент 110374. Российская Федерация, № 2010149397, С 21 В 9/02. Воздухонагреватель доменной печи / Ю. С. Кривченко, А. Н. Степаненко, Л. П. Грес, Е. А. Каракаш и др. – Оpubл. 20.11.2011, Бюл. № 32.
5. Патент 81604. Украина, № и 201214022, С 21 В 9/00. Блок воздухонагревателей доменных печей. / С. А. Стасевкий, В. Н. Панин, Л. П. Грес, А. О. Еремин и др. – Оpubл. 10.07.2013, Бюл. № 13.

Анотація

Грес Л. П., Каракаш Е. О., Карпенко С. А., Колдомасов С. В.

Підвищення енергоефективності нагріву доменного дуття на доменних печах, що експлуатуються шляхом встановлення системи теплообмінних апаратів для нагріву компонентів згоряння та модернізації повітрянагрівачів

Розглянуто питання щодо підвищення ефективності нагріву доменного дуття шляхом збільшення температури під куполом повітрянагрівачів та скорочення витрати коксу за рахунок підігріву компонентів згоряння. Запропоновано заходи по збільшенню температури гарячого дуття у період модернізації та будівництва повітрянагрівачів.

Ключові слова

енергоефективність, домені повітрянагрівачі, модернізація, насадка, температура дуття

Summary

Gres L. P., Karakash E. A., Karpenko S. A., Koldomasov S. V.

Increase energy heating blast air at the operated blast furnaces by installing a heat exchanger to heat the component to burning and modernization of the heater

The problems of improving the energy efficiency of heating blast air through increasing dome temperature of blast stoves (BS) and specific coke consumption by heating components respectively and increasing combustion temperature of the blast. The measures to increase the temperature of the blast during the modernization or construction of BS.

Keywords

energetic efficiency, blast stoves, heat exchangers, modernization, checker, blast temperature

Поступила 11.04.14