

## Список использованных источников

1. Процессы и аппараты цветной металлургии: учебник для вузов / С.С. Набойченко, Н.Г. Агеев, А.П. Дорошкевич, В.П. Жуков, Е.И. Елисеев, С.В. Карелов, А.Б. Лебедь, С.В. Мамяченков. – Екатеринбург: УГТУ, 1997. – 648 с.
2. Вельц-процесс / П.А. Козлов. – М.: ИД «Руда и металлы», 2002. – 176 с.
3. Переработка цинковых кеков: теплотехнический расчет / В.И. Карлов. – Владикавказ: СКГТУ, 2002. – 82 с.
4. Вельцевание цинк-свинцосодержащих материалов / М.А. Абдеев, А.В. Колесников, Н.Н. Ушаков. – М.: Металлургия, 1985. – 120 с.
5. Вращающиеся печи: теплотехника, управление и экология: справочное издание: В 2-х книгах. Книга 1. / В.Г. Лисиенко, Я.М. Щелоков, М.Г. Ладыгичев. – М.: Теплотехник, 2004. – 688 с.
6. Основные свойства неорганических и органических соединений. Справочник химика / Б.П. Никольский, О.Н. Григоров, М.Е. Позин. – М.: «Химия», 1971. – 585 с.
7. Akawasi A. Boateng Rotary kilns / Transport phenomena and transport processes / compiled by A. K. Boateng – Amsterdam: «ELSEVIER», 2008. – 369 p.
8. Кривандин В.А. Теплотехника металлургического производства / В.В. Белоусов, Г.С. Сборщиков. – М.: МИСИС, 2001. – 736 с.

УДК62–533.65

**Е. В. Приходько, А. К. Кинжибекова, Н. М. Арипова**

Павлодарский государственный университет им. С.Торайгырова,  
г. Павлодар, Казахстан

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ УХОДЯЩИХ ГАЗОВ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УСТАНОВОК ЗА СЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ

### Аннотация

*В статье приводится описание расчётов для снижения температуры технологических газов до проектных значений с целью исключения случаев термического повреждения рукавов и остановок фильтров при работе рудотермических печей ферросплавного производства. Анализируемые методы: присос внешней среды (атмосферного воздуха), тонкий распыл воды в газоход и установка конвективного поверхностного охладителя. Полученные результаты и практика эксплуатации фильтров позволяет сделать вывод о том, что рассматриваемая методика даёт более точные значения.*

**Ключевые слова:** *дуговыерудотермические печи, рукавные фильтры, инертность, дымосос, газозвудушная смесь.*

### Abstract

*The article describes the calculations to reduce the temperature of process gases to the design values in order to exclude the cases of thermal damage to hoses and filter stops during the operation*

*of ore-thermal furnaces of ferroalloy production. Analyzed methods: suction of the external environment (atmospheric air), fine spraying of water into the flue and installation of a convective surface cooler. The results obtained and the practice of operating the filters allow us to conclude that the method under consideration gives more accurate values.*

**Key words:** *arc-arc heaters, bag filters, inertness, smoke exhaust, air-gas mixture.*

### *I. Введение*

Современные дуговые рудотермические печи представляют собой сложные металлургические агрегаты, различающиеся по мощности, конструктивным особенностям, обусловленными спецификой технологических процессов и видами выплавляемых сплавов.

По конструкции печи бывают открытые, закрытые и герметичные [1]. Так высококремнистые сплавы выплавляют в открытых печах, они имеют открытый колошник, на поверхности которого сгорает окись углерода. Колошниковые газы с пылью и возгонами с помощью зонта и дымовой трубы эвакуируются в атмосферу. Источниками пылегазовых выбросов печей являются продукты основных реакций, протекающих в реакционной зоне, пылевидные фракции загружаемого сырья и возгонные частицы продуктов плавки, интенсивность выделения и общее количество пыли зависит от вида сплава, качества шихтовых материалов и многих других параметров.

### *II. Постановка задачи*

Основной задачей работы является регулирование температуры отходящих газов для стабильной работы печной установки. Для снижения температуры технологических газов до проектных значений с целью исключения случаев термического повреждения рукавов и остановок фильтров выполнены расчеты различных типов охладителей.

### *III. Теория*

При работе дуговых печей (в рассматриваемом случае рудотермических) температура отходящих газов не должна превышать значения 200 °С. Это значение регламентируется вследствие установки рукавных фильтров в качестве аппаратов очистки газов. При температуре выше указанной возможен выход рукавных фильтров из строя.

Специфика работы рудотермических печей предполагает возможность повышения этой температуры выше указанного значения вследствие сложности регулировки расстояния между концом электрода и зеркалом расплава, а также её инертности.

### *IV. Результаты экспериментов*

1. Снижение температуры технологических газов до нормативной величины перед рукавными фильтрами в результате присоса внешней среды.

Для расчета принята температура пылегазовоздушной смеси 250 °С.

Температура газов перед фильтром  $t_{\text{вх}} = 250$  °С, необходимо снизить ее до  $t_{\text{вых}} = 200$  °С. Объем газов при температуре  $t_{\text{вх}} = 250$  °С равен 400 тыс. м<sup>3</sup>/ч.

Объем организованного подсоса атмосферного воздуха (I, %) в технологический газ для снижения его температуры, без учета теплопотерь через стенки газохода определяют по формуле [2]:

$$I = \frac{t_{\text{вых}} - t_{\text{ex}}}{t_{\text{вых}} - t_{\text{ат.м}}} \times 100, \%$$

где  $t_{\text{вых}}$ ,  $t_{\text{вх}}$  – температура газов на выходе из печи и входе в рукавный фильтр с учетом подсоса атмосферного воздуха, °С;

$t_{\text{ат.м}} = 30$  °С – температура атмосферного воздуха, °С.

Однако за счет снижения температуры газов с 250 до 200 °С их объем уменьшился:

$$V_1 = T \times V_0 / T_0 = 473 \times 400 / 523 = 361,76 \text{ тыс. м}^3 / \text{ч.}$$

При этом подсасываемый атмосферный воздух в количестве 117,6 тыс. м<sup>3</sup>/ч при нагреве с 30 до 200 °С увеличит объем до 183,58 тыс. м<sup>3</sup>/ч.

Таким образом, общий объем газов, направляемых на рукавный фильтр, составит 545,34 тыс. м<sup>3</sup>/ч при 200 °С.

Итак, за счет разбавления технологических газов атмосферным воздухом для снижения их температуры с 250 до 200 °С объем очищаемых газов увеличивается с 400 до 545 тыс. м<sup>3</sup>/ч.

Следовательно, используемый дымосос не сможет обеспечить подачу на фильтр такого объема газов, кроме того, присутствуют риски обогащения воспламененных частиц шихтового материала кислородом, как следствие усиление тления.

2. Тонкий распыл воды в газопровод до дымососа для снижения температуры газов, например, с 250 до 200 °С при их объеме 400 тыс. м<sup>3</sup>/ч.

Распыление воды с низкой температурой в горячих дымовых газах снижает их температуру [3]. При этом, чем меньше размер распыляемых капель, тем выше эффективность работы такой системы.

Для снижения температуры газов с 250 до 200 °С при их объеме 400 тыс. м<sup>3</sup>/ч необходимо изъять из них следующее количество тепловой энергии [4]:

$$H = \Delta c \times \rho \times V \times \Delta t, \text{ ккал} / \text{ч.}$$

$$H = 0,24 \times 0,75 \times 40000 \times 50 = 3600000, \text{ ккал} / \text{ч.}$$

где  $\Delta c$  – теплоемкость газа, 0,24 ккал/(кг·°С);

$\rho$  – плотность газа, 0,75 кг/м<sup>3</sup> при температуре 200 °С;

$V$  – объем охлаждаемых газов, 400000 м<sup>3</sup>/ч;

$\Delta t$  – снижение температуры газов при охлаждении, 50 °С.

В результате снижения температуры газов с 250 до 200 °С их объем уменьшается за счет изменения плотности газа до 361,76 тыс. м<sup>3</sup>/ч. При этом расход воды для снижения температуры газов с 250 до 200 °С при их объеме 400 тыс. м<sup>3</sup>/ч составит 6667 кг/ч.

Тогда объем образуемого насыщенного водяного пара составит:

$$V = N / \nu = 6667 \text{ кг} / \text{ч} \times 1,675 \text{ м}^3 / \text{кг} = 11170 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

где  $\nu$  – удельный объем насыщенного водяного пара, 1,675 м<sup>3</sup>/кг.

Всего объем очищаемых газов составит 373170 м<sup>3</sup>/ч. К существующему влагосодержанию технологических газов добавится влага за счет впрыска в них воды для охлаждения

$$W = N / V = 6667000 / 373170 = 18 \text{ г} / \text{м}^3,$$

где  $N$  – расход воды для снижения температуры газов с 250 до 200 °С, г/ч;

$V$  – объем очищаемых газов, м<sup>3</sup>/ч.

В результате распыления воды в газоход до дымососа в количестве 6667 кг/ч температура газов, подаваемых на рукавный фильтр, будет снижена на 50 °С и их объем уменьшен с 400 до 373 тыс. м<sup>3</sup>/ч. Конденсация воды из газов наступает при их температуре ниже 100 °С. При температуре газов 40 °С влага из них будет выделяться при ее количестве 58,5 г/м<sup>3</sup>.

К фактическому влагосодержанию, обусловливаемому климатом и влажностью загружаемого сырья, следует добавить 18 г воды на 1 м<sup>3</sup> газа.

Основной проблемой для решения поставленной задачи является качественное исполнение системы автоматики взаимосвязи между температурой газа на входе в фильтр и подачей воды на распыление в газоход, при условии существующих климатических условий данное предложение внедрить не представляется возможным.

3. Расчет конвективного поверхностного охладителя (кулера) для охлаждения дымовых газов атмосферным воздухом через стенку.

Конвективный охладитель применяется для снижения температуры газовой смеси перед ее очисткой в рукавном фильтре. Представляет собой петлевой газоход, выполненный в виде змеевика, по которому подается горячая газозоудушная смесь. Т.к. газоход охладителя имеет зигзагообразную форму и, соответственно, большую длину, то газ находится в газоходе охладителя довольно длительное время и тепловую энергию через стенки газохода теряет в атмосферу [5].

Достоинством данной установки является минимальное обслуживание, небольшие энергозатраты, а также возможность работать, как под разрежением, так и под давлением.

Для снижения температуры газов с 250 до 200 °С при их объеме 400 тыс. м<sup>3</sup>/ч необходимо изъять 3,6 млн. ккал/ч (4186800 Вт) тепловой энергии. В соответствии с этим, поверхность охлаждения кулера для отъема тепла из дымовых газов будет равна:

$$F_n = Q / K \times (t_n - t_b),$$

где  $Q$  – теплоотдача трубопровода, 4186800 Вт;

$F_n$  – площадь наружной поверхности трубопровода, м<sup>2</sup>;

$t_n$  – температура наружной поверхности трубопровода, 200 °С;

$t_b$  – температура наружного воздуха, 30 °С;

$K$  – коэффициент теплопередачи через стенку рассматриваемого кулера, Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Площадь наружной поверхности трубопровода определяется его длиной и диаметром. При диаметре 0,5 м необходимая длина трубы кулера составит 1192 м.

При длине одного U-образного витка 16 м, всего их потребуется 74 штук. Из-за большой металлоемкости и площади основания использование кулера не целесообразно.

*V. Обсуждение результатов*

При достижении температуры газов на выходе из печи 165 °С подача их на рукавные фильтры должна прекращаться путем закрытия клапанов в напорном коллекторе. Однако дымосос при этом не отключают в связи со сложностью его запуска, который производится прямым током, а не через частотные преобразователи, которые позволяют проводить дистанционное управление отбираемой мощностью их двигателями, т.е. осуществлять плавный пуск и остановку, а также управление скоростью работы асинхронных двигателей. В свою очередь это приводит к продавливанию через неплотности в клапане высокотемпературного газа в рукавный фильтр и разрушению рукавов. Необходимо обеспечить систему остановки и плавного запуска двигателей дымососов, кроме того, данное техническое решение позволит плавно снизить возникшее аварийное давление в объединенном коллекторе.

#### *VI. Выводы и заключение*

Таким образом, можно сделать выводы, что нарушение режима работы электропечей приводит к увеличению объема выделяемых из нее газов, часть из которых поступает в цех, обуславливая постоянную загазованность. На температуру отходящих газов от печи в основном влияет уровень кокса внутри электрода. Если его не хватает, то электрод автоматически опускается вниз, температура горения при этом повышается, как и потребляемая мощность печи. Если же восстановитель в избытке, то наоборот, электроды поднимаются выше, температура горения при этом снижается. Ввиду наличия случаев повышения температуры технологических газов до 200 °С и выше регулировка ее в печи происходит с большой инертностью или не автоматизирована.

Из рассмотренных вариантов снижения температуры отходящих газов рудотермических печей в условиях Павлодарской области (Казахстан) наиболее целесообразным является первый вариант – снижение температуры за счёт смешивания с воздухом. При этом необходима замена дымососа на оборудование большей производительности и установка дополнительных датчиков температуры для контроля температуры частиц шихтового материала.

#### **Список использованных источников**

1. Кнунянц И.Л., Бахаровский Г.Я., Бусев А.И., Варшавский Я.М. Краткая химическая энциклопедия. – М.: Государственное научное издательство «Советская энциклопедия», 1963. – 1112 с.
2. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача. Учебное пособие для неэнергетических специальностей вузов. – М.: Высшая школа, 1975. – 496 с.
3. Чистяков Ф.М., Игнатенко В.В., Романенко Н.Т., Фролов Е.С. Центробежные компрессорные машины. – М.: Машиностроение, 1969. – 328 с.
4. Внутренние санитарно-технические устройства (Справочник проектировщика). В 3 ч. Ч. I. Отопление / В.Н. Богословский, Б.А. Крупнов, А.Н. Сканава [и др.]; под ред. И.Г. Староверова и Ю.И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 344 с.

5. Нестеренко А.В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. 3-е издание, перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1971. – 460 с.

УДК 62-81

**Е. В. Приходько, Н. А. Жагапаров**

ПГУ им. С.Торайгырова, г. Павлодар, Казахстан

## **МОДЕРНИЗАЦИЯ ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА ТЭЦ АО "АЛЮМИНИЙ КАЗАХСТАНА"**

### **Аннотация**

*В статье приводится описание работы питательного насоса с электроприводом и турбоприводом для работы тепловой схемы ТЭЦ-1 г. Павлодара. Рассмотрены эффективность, надежность работы питательного насоса, приводом которого служит турбина, а также экономическая сторона данного вопроса и примеры, где уже применены питательные насосы данного типа. Также описаны данные демонтируемого оборудования электропривода, и монтируемого оборудования турбопривода. Приведены требования к насосу с турбоприводом для установки его на ТЭЦ. Описаны преимущества и недостатки питательного насоса с турбоприводом.*

**Ключевые слова:** электропривод, турбопривод, питательный насос.

### **Abstract**

*The article describes the operation of a feed pump with an electric drive and a turbo drive for the operation of the thermal scheme of TPP-1 in Pavlodar. The efficiency, reliability of the feed pump, driven by a turbine, as well as the economic side of this issue and examples where feed pumps of this type have been used, are considered. The data of the dismantled equipment of the electric drive, and the mounted equipment of the turbo drive are also described. The requirements for a pump with a turbo drive for its installation at a CHPP are given. Advantages and disadvantages of a feed pump with a turbo drive are described.*

**Key words:** electric drive, turbo drive, feed pump.

### *I. Введение*

На ТЭЦ АО «АК» рассматривается проект модернизации питательного насоса с заменой электропривода на турбопривод, что позволит увеличить мощность насоса, даст рост повышения КПД станции, и обеспечит высокую надежность в подготовке питательной воды с хорошими параметрами для надежной работы котлов.

Актуальность решения этой проблемы становится еще более понятной, если учесть, что энергия, потребления при работе действующего насоса, составляет весьма существенную долю в энергетическом балансе станции. Именно поэтому в конструкцию питательного насоса вносятся усовершенствования, направленные на повышение экономичности и надежности.

Длительный опыт эксплуатации на ГРЭСах подтверждает эффективность и правильность конструктивных усовершенствований.

### *II. Постановка задачи*