

The main heat engineering parameters and constructive peculiarities of heating furnace KPPD-600 are examined.

М. Л. ГЕРМАН, РУП «БелТЭИ», С. М. КАБИШОВ, ОАО «Мотовело», М. И. ДЕМИН, А. А. ОЗНОБИШИН, М. Е. КОСТЕНКО, К. А. КОМАРОВА, Е. М. КИРПЛЮК, РУП «БелТЭИ»

УДК 669

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕРИАЛОВ ПРИ СОЗДАНИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ПЕЧЕЙ НА ПРИМЕРЕ КАМЕРНОЙ ПЕЧИ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ С ЖИДКОТОПЛИВНЫМИ ГОРЕЛКАМИ

Введение

Республика Беларусь имеет ограниченные запасы собственных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) и необходимость их импортирования делает экономику зависимой от внешних поставщиков и уязвимой по отношению к резким колебаниям цен на энергоресурсы. При этом энергоемкость внутреннего валового продукта (ВВП) у нас в 1,5–2,0 раза выше, чем в развитых государствах со сходными климатическими условиями и структурой экономики. Высока и материалоемкость выпускаемой продукции, недостаточно полно используются вторичные ресурсы и отходы производства. В этих условиях проблема энерго- и ресурсосбережения становится одной из первоочередных и актуальных.

Основными направлениями экономии ТЭР и материалов являются техническое переоснащение и модернизация производства на базе внедрения новых энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Любая эффективная модернизация подразумевает комплексный подход, определяющий применение современных материалов, технологий, научных методик. В соответствие с выполнением директивы № 3, направленной на уменьшение энергоемкости ВВП в Республике Беларусь, РУП «БЕЛТЭИ» продолжает работу по модернизации парка нагревательных печей. Одной из последних работ в данной области является высокоэффективная жидкотопливная печь для нагрева заготовок перед штамповкой, в которой применены новейшие материалы и технические решения.

Энергосберегающие преимущества достигаются за счет использования современных материалов в конструкции футеровки печи; применения горелочных устройств, обеспечивающих полноту сгорания топлива при минимальных выбросах в окружающую среду; автоматизированной системы управления, осуществляющей контроль и управление основными технологическими параметрами печи.

В данной статье рассмотрены основные теплотехнические параметры и конструктивные особенности нагревательной печи КППД-600.

Назначение, конструкция и теплотехнические характеристики печи

Жидкотопливная нагревательная камерная печь производительностью до 300 кг/ч предназначена для нагрева стальных заготовок с максимальными размерами по длине 800 мм и диаметру 300 мм в диапазоне температур до 1250 °С.

Печь состоит из корпуса *1* (рис. 1), расположенного на опорах *2*, заслонки *3*, системы противовесов *4*, движущихся в направляющем коробе *5*, служащим одновременно фиксатором положения заслонки, вытяжного зонта *6*, горелочных устройств *7*, приемного стола *8*, футеровки *9* и системы дымоудаления. Система дымоудаления представлена дымососом SLP/T 561 с двигателем 5,5 кВт (Италия), расположенным на отдельном фундаменте, дымоходом *10*, соединенным с рабочей камерой печи через отверстие в сводовой части, патрубком для разбавления горячих дымовых газов до рабочей температуры дымососа *11* с вмонтированной заслонкой *12*, управляемой электроприводом *13*. Корпус печи изготовлен из конструкционной стали, а элементы дымохода – из жаропрочной нержавеющей стали. Габариты печи составляют 2,2×2,2×3,3 м, масса – 3970 кг.

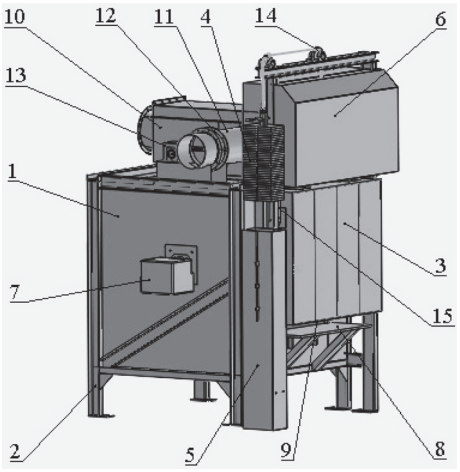


Рис. 1. Общий вид печи

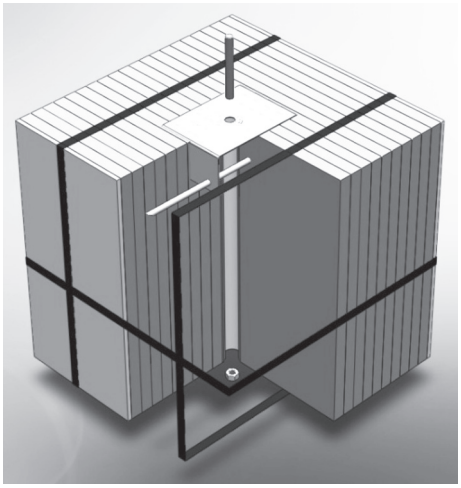


Рис. 2. Модули «KERABLOK HTZ»

Нагреваемые заготовки загружаются в камеру печи через загрузочное окно и располагаются на поде с полезной площадью 0,96 м². Заслонка загрузочного окна приводится в движение вручную, при помощи системы блоков *14* (рис. 1), противовесов *4* и направляющих *15*. Направляющие заслонки выполнены таким образом, что в конце траектории закрывания заслонка плотно прижимается к фронтальной части печи, исключая подсос холодного воздуха внутрь печи.

Нагрев рабочей камеры печи с садкой производится двумя горелочными устройствами MAX P 25 AB HS фирмы «Ecoflam» (Италия), работающими на дизельном топливе. Горелочные устройства установлены в боковых стенках печи со смещением продольных осей их пламенных головок относительно друг друга в горизонтальной плоскости для создания вихревого потока, что способствует интенсификации теплообмена между теплоносителем и садкой. Каждая горелка оснащена топливным насосом, вентилятором, устройствами розжига, контроля пламени и имеет автоматическое управление, обеспечивающее розжиг и работу горелок в двухступенчатом режиме (максимум-минимум) по заданной программе. Максимальная мощность каждой горелки на второй ступени составляет 300 кВт.

Футеровка

Футеровка стен, заслонки и свода печи выполнена на базе керамоволокнистых материалов фирмы «KERATECH s. r. o.» (Чехия). Применение данных материалов за счет их низкой теплопроводности позволяет существенно снижать толщину футеровки, а в сочетании с низким объемным весом также и общую массу футеровки (до 10 раз) и, как следствие, снижаются затраты теплоты на ее разогрев. Помимо того, применение керамоволокнистых материалов позволяет за счет низкой массы создавать более легкие металлоконструкции, что снижает общую металлоемкость печи. Таким образом, использование современной волокнистой футеровки позволяет уменьшать расход топлива, существенно сокращать время перехода с одного режима работы печи на другой, снижать массу металлоконструкций печи.

При монтаже футеровки стен и свода печи КППД-600 применяли модули «KERABLOK HTZ» (рис. 2) с габаритными размерами 305х305х300 мм, размеры блоков подобраны так, чтобы был максимально упрощен монтаж и в случае необходимости возможность быстрого ремонта. Блоки крепятся к металлоконструкции печи при помощи специальных креплений из жаропрочной стали (AISI 310), которые крепятся непосредственно на корпус печи.

Модули смонтированы системой «ряд-проклад» (рис. 3), где для проклада используется материал с повышенной классификационной температурой



Рис. 3. Пример системы «Ряд-проклад»



Рис. 4. Керамоволокнистый мат «FIBRATEC HPS 1260»



Рис. 5. Кальций-силикатные плиты

«FIBRATEC HTZ 1425» толщиной 50 мм для компенсации усадки материала при первых нагревах.

Модули KERABLOK производятся по специальной технологии сжатия керамоволокнистых матов FIBRATEC. Данная технология позволяет достигать необходимой плотности до 240 кг/м^3, что улучшает теплоизоляционные свойства конструкции футеровки, а также улучшает защиту анкерной системы от высоких температур.

В качестве дополнительной термоизоляционной прокладки между блоками и металлом уложены керамоволокнистые маты «FIBRATEC HPS 1260» (рис. 4) толщиной 2×50 мм.

Маты FIBRATEC произведены из керамоволокнистых материалов на основе $Al_2O_3 + SiO_2$ и технологически армированы для получения необходимых механических свойств.

Физические свойства применяемых материалов приведены в табл. 1.

Конструкция подины является комбинацией кальций-силикатных плит KERASIL 1000, изоляционных бетонов IZOBET 1150/1,2 и IZOBET1300/1,5, а также плотного жаро- и износостойкого бетона NOVOBET 1500 MC-FS2, из которого изготовлен рабочий слой подины.

Кальций-силикатные плиты (рис. 5) укладываются на всю площадь пода печи. Они имеют низкий коэффициент теплопроводности и используются в качестве теплоизоляции для футеровки термических агрегатов.

Огнеупорные бетоны армированы анкерами типа «Y» из материала AISI 310, количество и размещение которых определяется проектом. Анкера сварены с металлоконструкцией печи. Поверхность анкеров покрыта битумом, при сгорании которого образуется температурный зазор.

Бетонные смеси поставляются в сухом виде, смешивание с водой и бетонирование производится по месту установки футеровки. Для достижения качественного результата необходимо досконально соблюдать требования по подготовке и реализации всех этапов процесса бетонирования. Важным фактором качества выполненных футеровочных работ является особая технология опалубки.

Первый слой изоляционного бетона IZOBET 1150/1,2 представляет собой сухую смесь с наполнителем из керамзита. Связка – гидратационная. Монтаж осуществляется методом литья.

Второй слой изоляционного бетона IZOBET 1300/1,5 представляет собой сухую смесь с наполнителем из мелкого легковесного шамотного боя. Связка – гидратационная. Монтаж осуществляется методом литья с последующим виброуплотнением.

Третий и рабочий слой подины состоит из материала NOVOBET 1500MC-FS2 (устойчивый к теплосменам и армированный металлической фиброй, что повышает его прочностные свойства). NOVOBET 1500MC-FS2 представляет собой сухую смесь с наполнителем из мелкого шамотного боя с повышенным объемом глинозема и включениями металлической фибры. Связка – гидратационная. Монтаж осуществляется методом литья с последующей обработкой вибрацией.

Рабочий слой для избежания последствий температурного расширения материала разбит на блоки размерами 595×390 мм (определяется геоме-

Таблица 1.

Параметры	KERABLOK HTZ	FIBRATEC HPS 1260	FIBRATEC HTZ 1425
Классификационная температура, °С	1425	1260	1425
Максимальная рабочая температура, °С	1325	1160	1325
Плотность, кг/м^3	220	128	128
Теплопроводность, Вт/(м·К), при:			
530 °С	0,10	0,19	0,12
810 °С	0,19	0,33	0,20
1090 °С	0,28	0,50	0,30

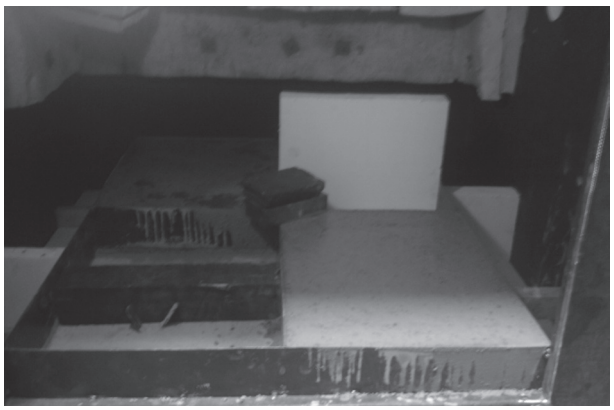


Рис. 6. Заливка рабочего слоя печи



Рис. 7. Установка компенсирующей прокладки



Рис. 8. Бордюры рабочего слоя печи



Рис. 9. Главный экран панели оператора

трией подины) (рис. 6). Между блоками прокладываются керамоволокнистые маты HTZ 1425 для компенсации температурного расширения материала (рис. 7).

Бордюры рабочего слоя (рис. 8) изготовлены также из NOVOBET 1500MC-FS2 и армированы керамическими анкерами.

Физические свойства изоляционных бетонов и кальций-силикатных плит, применяемых для футеровки пода печи, приведены в табл. 2.

Назначение и функции АСУТП

Система АСУ построена на базе аппаратно-программного комплекса фирмы «Schneider Electric». Используемые термины несут информацию о состоянии датчиков и исполнительных механизмов системы. Контроль состояния, ввод и контроль технологических параметров осуществляется с помощью сенсорной панели управления XBT GT1335 (рис. 9).

Данная система управления позволяет управлять двухступенчатыми жидкотопливными горелками согласно задаваемым температурным кривым. В процессе работы печи система управления переключает ступени работы горелок в зависимости от нагрузки.

Также данная система оснащена функциями самодиагностики, которая сообщает оператору о различных неполадках и отказах компонентов печи. Система уведомляет оператора о различных отклонениях технологических параметров и при критическом их превышении автоматически безопасно останавливает печь.

Таблица 2.

Параметры	KERASIL 1000	IZOBET 1150/1,2	IZOBET 1300/1,5	NOVOBET 1500MC-FS2
Классификационная температура, °С	1000	1150	1300	1500
Плотность, кг/м^3	230	–	–	–
Зернистость, мм	–	0–8	0–6	0–6
Теплопроводность, Вт/(м·К), при:				
400 °С	0,10	0,34	0,67	1,68
600 °С	0,12	0,36	0,70	1,76
800 °С	0,14	0,40	0,75	1,93
1000 °С	–	0,45	0,80	2,08

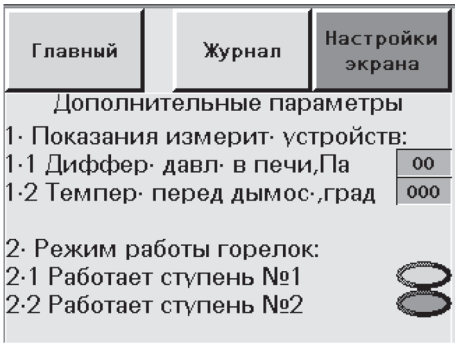


Рис. 10. Экран «Параметры»

Все события, происходящие во время работы печи, записываются и архивируются в журнале событий, события в нем могут быть отсортированы по различным критериям для удобства и оперативности обработки (рис. 10).

Достоинствами данной системы, разработанной специалистами РУП «БЕЛТЭИ», являются ее гибкость и возможность максимально четко реализовать технологическую карту, что обеспечивает экономное расходование энергоресурсов с достижением КПД свыше 50% (при работе в псевдостационарном режиме), что соответствует уровню лучших мировых аналогов оборудования данного типа.

Существенным конструктивным достоинством новой печи является и то, что возможно ее применение для работы с газовыми горелками различных типов, как с плавным регулированием, так и со ступенчатым, а также рекуперативными горелками, которые имеют дискретный режим работы. Это достигается за счет изменения набора исполнительных механизмов в соответствии с вариантом исполнения самой печи, что дает возможность задействовать другие функции программного обеспечения.

Программное обеспечение написано таким образом, что возможна его доработка, которая позволяет менять количество обрабатываемых параметров, тип и количество управляемых механизмов, алгоритмы обработки технологических карт.

Выводы

Ввиду постоянно растущих требований энергосбережения, требований к качеству производимой продукции, а также ужесточающихся экологических норм необходимо наращивать темпы и объемы модернизации парка нагревательных печей в Республике Беларусь. Следует формировать новые и совершенствовать существующие подходы и методики на всех стадиях от разработки технологических решений до процесса изготовления и монтажа конкретных печей. Вместе с тем, в настоящее время для успешного решения задачи сокращения энергоемкости производства необходим дальнейший глубокий анализ потребностей предприятий РБ в современном нагревательном оборудовании. Результаты данного анализа позволят оценить целесообразность создания сопутствующих производств (например, футеровочных материалов), ускорить и удешевить процесс технического перевооружения.