



УДК 621.74

Поступила 20.09.2021

ТЕНДЕНЦИИ УСПЕШНОГО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

И. ТАХЕЦИ, В. В. КОРОБЕЙНИКОВ, С. С. ТКАЧЕНКО, ООО «ТАХТЕХ РУС», г. Санкт-Петербург, Россия, Удельный пр., 5. E-mail: tachtech@tachtech.ru

TRENDS OF SUCCESSFUL ENERGY SAVING IN INDUSTRIAL ENTERPRISES

J. TACHECI, V. V. KOROBAYNIKOV, S. S. TKACHENKO, "TAKHTEH RUS" LLC, St. Petersburg, Russia, 5, Udelny ave. E-mail: tachtech@tachtech.ru

Качество продукции, себестоимость и вопросы охраны окружающей среды на фоне усиливающихся за последние годы экономических изменений, а также оптимальное соотношение цена-качество определяют в настоящее время конкурентоспособность технологических процессов, изделий и компаний. На фоне роста затрат на энергоносители важное значение приобретает фактор повышения энергоэффективности технологических процессов и особенно промышленных печных агрегатов. В этом случае ощутимый положительный эффект оказывают инвестиции, вложенные в модернизацию производства в целом или в обновление оборудования, позволяющие сократить производственные затраты, механизировать, автоматизировать и роботизировать производство и гарантированно улучшить экологическую ситуацию региона.

Ключевым условием успешного развития промышленного предприятия является радикальное повышение научно-технического уровня производства на основе создания и внедрения наиболее прогрессивных технологий, машин и оборудования. Определяющая роль в решении задач принадлежит машиностроению.

Применение инновационных технологий в машиностроении оказывает решающее влияние на энергосбережение. Прямые энергозатраты в машиностроении, а также энергоресурсы, олицетворенные в сырье и материалы, затраченные на производство во всех отраслях промышленности, зависят от материалоемкости продукции.

В современных международных экономических отношениях проблема экономии энергоносителей приобретает особое значение для всего народного хозяйства.

В послании Федеральному Собранию 2019 г. Президент России В. В. Путин сказал: «В России сейчас формируется колоссальный гарантированный спрос на промышленную и высокотехнологичную продукцию». «Для того чтобы выйти на высокие темпы роста, нужно решить системные проблемы в экономике. Главная проблема, в числе приоритетных, – это обеспечение опережающего темпа роста производительности труда».

Это особенно важно для России, которая по уровню производительности труда отстает от США и Евросоюза в 4 раза, при этом имеет в 3–7 раз выше ресурсоемкость продукции и технологий в основных отраслях промышленности и почти в 3 раза большую энергоемкость [1].

В машиностроительном секторе государства наиболее энергозатратными являются плавильные и нагревательные агрегаты. Поэтому стремление снизить энергозатраты за счет модернизации, автоматизации термических агрегатов переходит на второй план и является функцией от процесса снижения материалоемкости термически обрабатываемых изделий и снижает удельный расход энергоматериалов в геометрической прогрессии.

Общим для любых промышленных предприятий потенциалом в сокращении расходов являются, главным образом, затраты на тепловую и электрическую энергию, а также на другие расходуемые ресурсы в зависимости от технологии производства (воды, топлива, материалов) [2]. Основными путями повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов за счет совершенствования технологических процессов являются:

- внедрение инновационных технологий;
- комплексная автоматизация процессов;
- автоматический контроль и регулирование технологического процесса;
- оптимизация технологических режимов;
- повышение производительности труда;
- использование вторичных энергоресурсов;
- сокращение потерь энергоресурсов.

Оптимизация процессов позволяет сократить потребление энергии и ресурсов, уменьшить расходы на обслуживание, высвободить дополнительные площади, а также повысить надежность и качество работы инженерных и технологических систем. Обобщение имеющихся данных показывает, что расход энергии на производство 1 т литых изделий по всему циклу составляет: из стали – 19,56 ГДж; чугуна – 10,36; медных сплавов – 16,63; алюминиевых сплавов – 30,87 ГДж.

Это в полной мере касается предприятий литейно-металлургического комплекса. Большая доля затрат в металлургическом, кузнечном, литейном производстве приходится на термические агрегаты, служащие для термической обработки слитков и отливок, нагрева слитков, нагрева ковшей, сушки форм и других задач.

Например, в судостроении предварительная термическая обработка листовых, кузнечных слитков и брак может достигать 240 ч [3].

Ожидаемое повышение цен на топливо вынуждает предприятия внедрять мероприятия, обеспечивающие большую эффективность нагревательных устройств и более высокий КПД всего агрегата. На КПД энергетического оборудования, кроме всего прочего, большое влияние оказывают технологические температуры.

Затраты энергии на нагрев металла в пламенных печах складываются из затрат топлива, расходуемого на отопление печи, и затрат электроэнергии для обеспечения работы механического оборудования печей. Удельные затраты энергии на отопление печи могут быть рассчитаны по формуле:

$$Y_{\text{эт}} = \frac{BQ_{\text{н}}^p \tau}{G}, \quad (1)$$

где B – расход топлива в единицу времени;

τ – время нагрева металла в печи;

$Q_{\text{н}}$ – низшая рабочая температура сгорания топлива;

G – масса садки печи периодического действия.

Расход топлива на отопление нагревательной печи рассчитывается по известной методике. Важнейшие факторы, влияющие на расход топлива при нагреве металла, – характеристики садки и режим нагрева.

В связи с этим задача повышения КПД всегда связана с материаловедческой проблемой. При модернизации нагревательных печей кузнечных цехов необходимо, в первую очередь, учитывать экономические и экологические аспекты [4]. Успех в этих вопросах достигается за счет применения в печах кузнечно-термических производств традиционных конструктивных элементов: высокопроизводительных радиационных воздушных рекуператоров, автоматизированных систем зонного регулирования, высокоэффективных горелок и огнеупоров нового поколения с теплопроводностью на порядок ниже шамотных.

С точки зрения применения огнеупорных материалов, наиболее важным их свойством является теплопроводность. Что же такое теплопроводность?

Теплопроводность представляет собой способность материала проводить тепло. Проводимость осуществляется посредством передачи тепловой кинетической энергии между элементарными частицами как внутри самого материала, так и при соприкосновении с другими телами (предметами).

Определение теплопроводности материалов осуществляется через коэффициент теплопроводности, который представляет собой меру способности пропускать тепловой поток. Чем ниже значение этого показателя, тем выше изоляционные свойства материала. При этом теплопроводность зависит от плотности

материала. Численно величина теплопроводности равна количеству тепловой энергии, которая проходит через участок материала толщиной 1 м, площадью 1 кв.м. за 1 с. При этом разность температур на противоположных поверхностях принимается равной 1 К. Формула теплопроводности имеет вид:

$$Q = \lambda (dT/dX)Sdt, \text{ Закон Фурье,} \quad (2)$$

где Q – теплопроводность;

λ – коэффициент теплопроводности;

dT/dX – градиент температуры;

S – площадь поперечного сечения образца.

Количество теплоты, проходящей через огнеупорные материалы («стену»), зависит от коэффициента теплопроводности материала (λ). Чем он больше, тем больше теплоты проходит через материал и тем хуже его теплоизоляционные свойства.

Плотный материал имеет больший коэффициент теплопроводности по сравнению с пористым. Увеличение плотности способствует повышению коэффициента теплопроводности (λ), уменьшение плотности приводит к обратному показателю. Чем больше пор в материале, тем меньше его плотность и теплопроводность.

Современное термическое оборудование может и должно быть энергосберегающим, эффективным, безопасным, экологически чистым и отвечать следующим требованиям:

- низкие удельные теплоемкость и теплопроводность огнеупорных и теплоизолирующих материалов, применяемых при строительстве (реконструкции);
- эффективные системы нагрева (охлаждения);
- высокая степень автоматизации режимов работы, исключающая ошибки персонала и гарантирующая предотвращение аварий при возникновении нестандартных ситуаций;
- применение систем предварительного нагрева и рекуперации;
- высокие экологические показатели;
- использование систем очистки и дожигания отходящих газов;
- конструктивная технологичность, позволяющая минимизировать взаимодействие внутренней и внешней атмосферы на всех режимах;
- большие межремонтные интервалы в процессе эксплуатации и ремонтпригодность.

ООО «ТАХТЕХ РУС» является современным научно-производственным предприятием, разрабатывающим и выпускающим энергосберегающие термические агрегаты широкого спектра применения.

Большую долю в деятельности компании занимают производство, реконструкция и восстановление термических печей различного назначения, оборудования для светлого отжига меди в рулонах (рис. 1); стенов сушки и нагрева ковшей (рис. 2), установок нагрева штампов непосредственно в прессах (рис. 3), сушильных печей (рис. 4), горелок для нагрева кромок перед сваркой и других агрегатов для металлургического, кузнечного и литейного производств.

В основной перечень продукции и услуг входят:

- печи с выкатным подом (рис. 5), камерные, проходные, колпаковые, карусельные, круговые, передвижные и другие печи объемом от 0,5 м³ и температурой до 1800 °С с рекуперацией воздуха до 700 °С или с регенерацией воздуха до 1100 °С, с автоматическим управлением, подключенным к центральной системе управления, в том числе печи с защитной атмосферой;
- нагревательные стенды для ковшей (см. рис. 2);
- установки нагрева штампов непосредственно в прессе (см. рис. 3) и нагрева кромок перед сваркой;
- нагревательные системы, газовые горелки, рекуператоры, регенераторы, нагреватели воды и воздуха;
- сушила различного назначения;
- огнеупорные и теплоизолирующие материалы;
- шеф-монтаж, гарантийное и сервисное обслуживание термического оборудования;
- реконструкция, ремонт и восстановление термических агрегатов, их перевод на другие виды энергоносителей.

Имея собственный научно-технический потенциал, компания ТАСНТЕСН разрабатывает и производит высококачественные керамоволокнистые огнеупорные и теплоизоляционные материалы, которые используются при строительстве и реконструкции термических агрегатов.

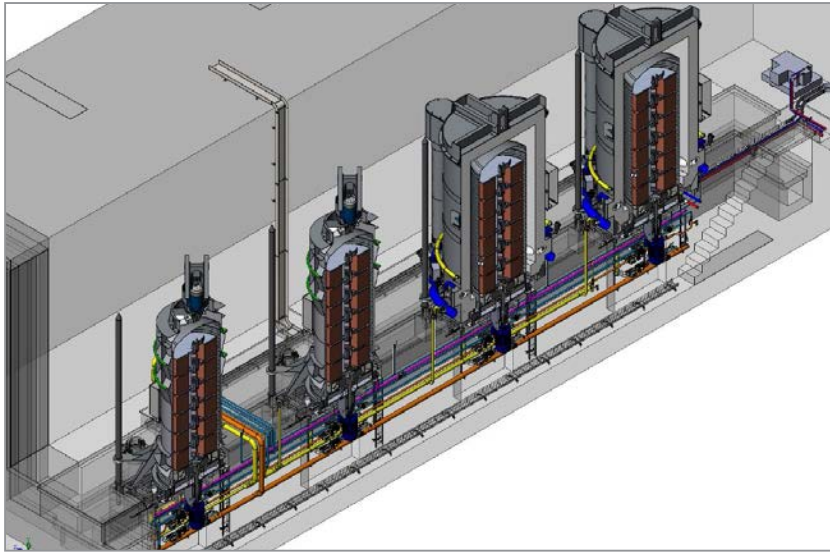


Рис. 1. Комплект оборудования для светлого отжига меди в рулонах



Рис. 2.. Стенд нагрева ковшей



Рис. 3. Установка нагрева штампов



Рис. 4. Низкотемпературная туннельная печь прокалики сварочных электродов с конвейерной линией

К таким материалам относятся керамоволокнистые сборные футеровки в виде плит, матов (рис. 6) или модульных блоков (рис. 7) с температурой применения до 1400 °С. Легковесные футеровки достаточно просто монтируются, обладают низкой плотностью, малой инерционностью и теплопроводностью. Они абсолютно устойчивы к тепловому удару при резких колебаниях температуры.

Теплоизоляционные материалы выпускаются на температуры 350, 750, 900 °С в виде плит и матов толщиной до 100 мм, имеющих плотность от 60 до 230 кг/м³. Керамоволокнистые маты толщиной от 13 до 50 мм плотностью от 70 до 200 кг/м³, а также плиты плотностью до 300 кг/м³ поставляются на температуру 1260, 1425 и 1600 °С.

Для температур 1260 и 1425 °С производятся специальные керамоволокнистые модули-блоки с плотностью от 160 до 240 кг/м³. Стандартные размеры модулей 300x300 и 300x600 мм, толщина от 150 до 350 мм. По желанию заказчика могут выпускаться модули не стандартных размеров, в том числе угловые, трапециевидные и др.

Также изготавливаются сформованные изделия на керамоволокнистой основе самой различной конфигурации и размеров.

Все виды футеровок и тепловой изоляции оснащены специальными креплениями.

Материалы имеют необходимое сертификационное обеспечение. Гарантийный срок службы не менее 5 лет при работе в области высоких температур (1300 °С) и не менее 10 лет при работе с температурой до 1200 °С. Стоимость сборных керамоволокнистых футеровок не выше эквивалентной по площади традиционной кирпичной кладки. Их высокая эффективность определяется значительной долговечностью и большой экономией энергоносителей.

Еще одно важное направление научно-технической деятельности ТАСНТЕСН – это разработка комплексных систем нагрева для любых энергоносителей с использованием газовых и топливных горелок собственного производства.



Рис. 5. Печи с выкатным подом



Рис. 6. Маты из керамоволокнистого полотна



Рис. 7. Керамоволокнистые модули

Применение в термических агрегатах огнеупорных и теплоизоляционных материалов нового поколения, современных систем нагрева, рекуперации, регенерации в комплексе с системами контроля и автоматизации позволяют снизить энергоемкость оборудования более чем на 50%. Окупаемость таких агрегатов составляет 6–12 месяцев в зависимости от их размера.

Высокие энергоэкономичные показатели печей нового поколения обеспечены за счет внедрения следующих технических решений:

- использования эффективной импульсной системы нагрева и охлаждения металла на базе современных скоростных газовых горелок, оборудованных электророзжигом и контролем факела и встроенных в фурмы подачи охлаждающего воздуха;
- футеровки печи современными керамоволокнистыми малоинерционными огнеупорными и теплоизоляционными материалами;
- отвода продуктов сгорания из печи, осуществляемого через верхнюю часть каркаса футерованным надземным дымопроводом в дымовую трубу, это позволяет обеспечить надежное регулирование давления в рабочем пространстве печи;
- утилизация тепла уходящих продуктов сгорания путем подогрева воздуха, идущего на горение, в рекуператоре, устанавливаемом в дымопроводе;
- обеспечения герметизации рабочего пространства печи за счет специальной конструкции заслонки и водоохлаждаемой рамы загрузочного окна;
- применения импульсного сжигания топлива и аэродинамического регулирования разрежения, обеспечивающего стабилизацию давления в рабочем пространстве печи и интенсивную циркуляцию газов при всех тепловых нагрузках;
- специальной конструкции выкатного пода малой высоты для улучшения эксплуатационных условий; с целью обеспечения надежного уплотнения в створе между подом и неподвижной частью печи применены специальные затворы;
- футеровки пода печи с применением плотных легковесных огнеупорных жаропрочных бетонов, обеспечивающих существенное снижение теплоемкости пода и повышение надежности его работы;
- системы тепловой автоматики, обеспечивающей автоматическое ведение режимов нагрева и охлаждения по заданной программе; стабилизацию теплового режима печи по энергосберегающим алгоритмам; управление автоматическим розжигом и контроль наличия факела горелок; предоставление информации о работе печи в естественной для оператора форме; возможность включения системы управления печью в цеховую информационную сеть.

Системы контрольно-измерительных приборов и средств автоматизации управления тепловым режимом учитывают требования газовой безопасности и высокие требования по уровню автоматизации. На печах производится контроль, управление и регулирование более двух десятков параметров. Данное обстоятельство дает возможность автоматического выполнения тепловых режимов с точностью до ± 5 °C, а при необходимости $\pm 2,5$ °C в предельно широком интервале температур 100–1100 °C.

С каждым годом у нас все больше внимания уделяется соблюдению нормативов экологической безопасности. Экологическими характеристиками процесса нагрева металла в пламенных печах являются удельные выбросы токсичных газов: CO, NO_x, SO₃ др. На величину выбросов токсичных веществ с дымовыми газами оказывают влияние вид топлива, способ его сжигания, температура и характер движения дымового газа в печи, тип печного агрегата. В агрегатах фирмы ТАХТЕХ-РУС для разогрева заготовок используется газовое топливо. Сжигание газообразного топлива на беспламенных горелках, где процесс горения осуществляется в кинетическом режиме, обеспечивает полноту сжигания топлива даже при небольшом избытке воздуха, подаваемого в горелку. Содержание CO в дымовых газах, отходящих от таких горелок, близко к нулю. Но в нагревательных печах всегда образуются оксиды азота (NO). Образование выбросов оксида азота тем больше, чем выше температура в зоне реакции. Установка рекуператора для подогрева воздуха с целью сокращения расхода топлива приводит к повышению температуры дымовых газов, что вызывает увеличение выбросов NO на 20–27% [4]. Поэтому установка рекуператора за нагревательными печами, сокращая расход топлива на 10%, увеличивает количество оксида азота в 1,5–2,0 раза и не может рассматриваться как природоохранное мероприятие.

Внедрение новых технических решений позволило обеспечить экономичную работу печей со значительным снижением вредных выбросов в атмосферу, что значительно улучшило экологическую ситуацию в конкретной промзоне.

Тепловое ограждение печей предусматривает отказ от традиционной кирпичной кладки. В этих печах применена сборная многослойная составная футеровка керамоволокнистыми материалами различной плотности. Футеровка из современных волокнистых огнеупоров для термических печей открывает ряд преимуществ:

- быстрый разогрев и охлаждение печи вследствие малой теплоинерционности, что позволяет увеличить производительность и универсальность печного оборудования;
- устойчивость футеровки к резким колебаниям температуры;
- сокращение потерь тепла на аккумуляцию в кладке.

Отличительной особенностью компании ТАХТЕХ РУС является то, что у нее практически нет номенклатуры стандартного оборудования. При работе с заказчиком специалисты ТАХТЕХ РУС не стремятся привязать техническое предложение к типовому решению или проекту. Во всех случаях разрабатывается наиболее выгодное и оптимальное решение для заказчика.

Компания ТАСНТЕСН входит в состав объединения чешских производителей огнеупоров и может осуществлять комплексную поставку огнеупорных материалов отечественного и импортного производства (торкрет масс, набивных масс, жароупорных бетонов, фасонных изделий, в том числе огнеупорного кирпича на основе магнезита).

В интересах заказчика компания ТАСНТЕСН может разработать и поставить широкий спектр огнеупорных материалов и оборудования различных тепловых агрегатов производства Чешской Республики. Кроме того, компания располагает обширной базой данных о деятельности передовых фирм Центральной и Западной Европы и может оказывать различные услуги в области разработки и поставки различных футеровочных материалов и оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Сидоренков С. И.** Сокращение расходов как разумная альтернатива сокращению штатов // Индустрия. 2009. № 1.
2. **Иванцова Н., Хатрутдинов Р.** Ресурсосбережение и экологическая политика в металлургическом комплексе // Вопросы экономики. 1990. № 11.
3. **Цуканов В. В., Милоц В. Г., Нигматулин О. Э.** Совершенствование режимов предварительной термической обработки заготовок из высокопрочных низколегированных судостроительных сталей // Сб. тез. конф. «Проблемы разлива и кристаллизации стали, сварки, термообработки и математическое моделирование технологических процессов». М.: ОАО НПО «ЦНИИТМАШ», 2012.
4. **Буторина И. В.** Экологические проблемы металлургического производства. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та.