

Western Technologies, Inc.

Талса, Оклахома, США

ПРИНЦИП РАБОТЫ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ИМПУЛЬСНОЙ ПЕЧИ

Основной принцип работы высокоскоростной импульсной печи очень прост.

Высокоскоростные газовые или мазутные горелки вмонтированы в один или два диагонально противоположных угла замкнутой галереи, целиком охватывающей ванну цинкования по периметру. Импульс выброса горелок, скорость которого достигает 150м/сек, порождает быструю циркуляцию горячих газов вокруг ванны, что обеспечивает высокую скорость теплообмена по всей открытой поверхности ванны (см. схему работы печи). В то же самое время этот мощный поток циркулирующих газов нивелирует избыточную интенсивность воздействия в точке выброса пламени, равномерно распределяя его по периферии ванны. В результате – высокий рабочий КПД и равномерность теплоотдачи, как по периметру ванны, так и по глубине, что обеспечивает равномерность износа материала ванны.

О КПД речь пойдет немного ниже, однако что касается распределения тепла по поверхности ванны, возьмем типичный пример с общим количеством теплоты, передаваемой ванне, равным 4 000 000 кДж/час, размерами ванны 10 м в длину x 1,2м в ширину и пропускной способностью 9900 кг/час. В этом случае температура на выходе из горелки примерно на 817°C выше, чем температура в галерее, однако замеры температуры подтверждают, что колебания температуры, которую реально «чувствует» ванна (т.е. циркулирующего газа), остаются в пределах 110°C.

Как мы уже сказали, этот принцип прост. Однако реальный проект отдельной печи сложен, поскольку нужно принять во внимание такие переменные параметры, как ширина галереи, размер горелки, точное местоположение горелки и оптимальная скорость потока газа для обеспечения безопасной интенсивности теплообмена, позволяющей избежать повреждений изолирующих материалов. Эти и многие другие факторы необходимо учитывать в процессе проектирования, руководствоваться при котором следует как практическим опытом, так и прикладной теорией.

Общепризнано значение практических знаний и того опыта, который можно приобрести лишь установив большое количество печей на протяжении длительного периода времени. Но теоретическая составляющая также незаменима. Характеристики высокоскоростных печей варьируются в значительной степени в зависимости от размеров ванны и требуемой производительности. Окончательный проект зависит от большого количества параметров, поэтому каждая новая печь требует нового, индивидуального проектирования, а это невозможно обеспечить, опираясь на один лишь практический опыт.

К тому же, усовершенствование и модернизация высокоскоростных печей в компании Western Technologies почти всегда начинались с теории, например, в случает разработки печей для сверхдлинных и сверхглубоких ванн цинкования.

КПД ПЕЧИ ЦИНКОВАНИЯ

На данном этапе будет, наверное, нелишним подробнее остановиться на одном из наиболее важных теоретических аспектов проектирования печей цинкования, поскольку он нередко приводит к недопониманию и недоразумениям. Этот аспект – определения КПД системы на основе вычисленной температуры потока газа.

Когда газообразное топливо смешивается с воздухом в пределах своей воспламеняемости, эту смесь можно сжечь и высвободить тепло. Эффективность этого сгорания всегда надо вычислять путем сопоставления с общей потенциальной теплотворностью газа – его высшей теплотворной способностью, для природного газа это пригл. 955 Btu/ft³ (40 000 кДж/м³). В реальных условиях можно получить лишь 90% этого тепла, остальные 10% теряются на образование пара в продуктах сгорания.

Из оставшегося тепла часть уходит через изоляцию печи, часть идет на нагрев ванны, и еще часть выходит из печи через дымоход – являясь очень ценным источником энергии, которую можно использовать, например, в сушильной печи.

Поскольку потери через изоляцию очень незначительны, мы определяем КПД системы как ту часть общего количества высвобожденной теплоты, которая передается от продуктов сгорания при их проходе через печь, выраженную в процентах.

Таким образом, КПД системы можно задать просто как функцию объема избыточного воздуха, используемого при сгорании и температуры топочных газов на выходе из печи. Полного сгорания топлива невозможно добиться при избытке воздуха менее 0%. Другое теоретическое ограничение – это то, что при температуре цинка в ванне 450°C температура газов на выходе не может быть ниже чем 450°C. Отталкиваясь от этих параметров, получаем максимальный теоретический КПД для печи, работающей на природном газе, 74%.

Температура топочных газов в нашей высокоскоростной импульсной печи зависит от размеров ванны и требуемой производительности, однако она редко превышает температуру цинка больше чем на 200°C. К тому же, уровень избытка воздуха (требуемый на практике, чтобы обеспечить полное сгорание топлива и минимальное образование СО) точно поддерживается на уровне 65%. В отдельных случаях этот показатель нередко достигает 70%. Таким образом, здесь какое-либо усовершенствование практически невозможно без добавления регенерирующего (рекуперирующего) оборудования.

ТЕОРИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАВНОМЕРНОГО ИЗНОСА ВАННЫ

Компания Western Technologies провела огромную исследовательскую работу по изучению термодинамики и механики газов газовых потоков и процесса теплообмена в высокоскоростных печах. В связи с очень малым количеством имеющихся публикаций был проделан значительный объем исследовательской работы, исходившей из самых основополагающих принципов: на основе фундаментальных уравнений формулировались математические модели различной степени сложности. Модели варьируются от простого сохранения импульса до комбинированного воздействия излучения и конвекции системы

множества поверхностей вокруг «серого» газа. Использование персональных компьютеров с собственным программным обеспечением намного ускорили ход исследований, позволяя производить длинные вычисления по проектирования в приемлемые, сжатые сроки.

Расчетные формулы Western Technologies опираются также и на обширную базу данных эмпирической информации, собранной по работе высокоскоростных печей в данной области. Эти данные служат как для определения корректирующих коэффициентов для чисто теоретических уравнений, так и для подтверждения расчетных формул уже готового проекта.

Всё это дает нам возможность нацеливать наше проектирование на обеспечение первых трех критериев: топливной экономичности, малого износа ванны и теплоемкости. Для обеспечения четвертого критерия – постоянной температуры цинка – необходимо вдобавок исследовать требования к управлению высокоскоростной печи.

КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ

В первую очередь необходимо учесть, что при любых обстоятельствах наиболее выгодно подавать в печь тепло при условиях максимального потребления мощности. Иными словами, надо непременно эксплуатировать горелки на максимальных допустимых показателях (т.н. «высокое пламя») настолько длительно, насколько необходимо для обеспечения средней потребности печи в тепле, а оставшееся время эксплуатировать горелки на минимально возможной мощности (т.н. «низкое пламя»).

Большие преимущества дает работа высокоскоростной печи на кратковременных выбросах высокого пламени по сравнению с равномерным горением на некоторой средней мощности. Например, эффективность смешивания любой горелки выше на максимальной мощности, к тому же можно достичь существенного снижения износа ванны.

Интенсивность износа ванны определяется не только температурой, до которой она перегревается, но также длительностью перегрева. Эксплуатация на постоянной средней мощности порождает проблемы по обоим направлениям: меньший импульс горелки дает низкую скорость циркуляции газов, а стало быть – повышенный износ стенки ванны рядом с горелкой, к тому же коррозия ванны может длиться дольше – не только в непосредственной близости от горелки, но даже и на некотором удалении от нее. Убедившись, что импульсный режим работы горелки предпочтительнее для эксплуатации высокоскоростной печи, необходимо определиться с методом управления.

Обычная система контроля температуры импульсной системы не подходит по следующим причинам:

Обычная система контроля температуры импульсной системы функционирует следующим образом: температура цинка замеряется термопарой, и электрический сигнал поступает на двухпозиционный регулятор (включающее/выключающий контроллер) температуры. Когда температура превышает установленный максимальный предел, мощность пламени горелки

будет автоматически понижена до минимального установочного значения. Когда температура цинка упадет ниже установленного максимального предела, мощность пламени горелки будет автоматически повышена до максимального установочного значения. Однако вследствие эффекта временной задержки, подобная система заставляет температуру цинка в ванне изменяться по синусоиде – постоянное повышение и понижение неизбежно даже при близких значениях температуры переключения при превышении и при недоборе, что затрудняет добиться стабильного качества оцинкования.

С точки зрения управления, для стабилизации отклонений температуры цинка средняя скорость подачи тепла в высокоскоростную печь должна регулироваться между максимальным и минимальным значениями мощности небольшими шагами. Однако любая настройка мощности пламени горелки неизбежно вступает в противоречие с требованиями, предъявляемым печи, работающей только на высоком/низком пламени.

Компания Western Technologies разрешила это противоречие, применив систему управления, в которой переменной в уравнении среднего количества теплоты является не мощность пламени горелки... а время. В этой системе, известной как «система импульсного пламени», мощность пламени горелки изменяется по прямоугольной волне с постоянным периодом и регулярным ступенчатым изменением между низким и высоким пламенем. Отрезки высокого пламени на этой волне называются «импульсами». Среднее количество теплоты, поступающей в печь, регулируется путем изменения длительности импульсов высокого пламени. Поскольку период волны остается неизменным, увеличение или сокращение длительности импульсов приводит, соответственно, к повышению или понижению средней скорости подвода тепла в соответствии с изменениями в производительности процесса оцинкования.

Для регулировки длительности импульсов пламени Western Technologies использует самые современные устройства управления, чтобы добиться нужной чувствительности контроля температуры цинка. Хотелось бы подчеркнуть, что речь идет не об обычных системах контроля низкого/высокого пламени, а об уникальной технологии, которой можно оснастить любую печь от Westech.

Резюме:

Мы уверены, что данный тип печи отвечает – по всем наличествующим на нынешний день понятиям – всем критериям совершенной системы горячего цинкования и что он представляет собой, как теоретически, так и на практике, самую долговечную, надежную и высокоэффективную печь для горячего цинкования из всех, предлагаемых сегодня в мире.