



In the article there is presented the original rotary setting for thermal treatment of dispersed materials, developed by the specialists of UP "Technolit" and GNTU named after P.O.Suchoj, providing high-efficient heating (cooling) and drying of polydisperse materials.

Л. Е. РОВИН, О. М. ВАЛИЦКАЯ, ГГТУ им. П. О. СУХОГО,
С. Л. РОВИН, УП «ТЕХНОЛИТ», БНТУ

УДК 621.745

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Тепловая обработка, в том числе нагрев, охлаждение, обжиг, сушка, плавление полидисперсных (сыпучих и кусковых) материалов (ТОДМ), имеет ряд особенностей, которые влияют на эффективность использования тепловой энергии и производительность технологических агрегатов.

В настоящее время существует несколько способов ТОДМ: нагрев в неподвижном слое потоком газов; нагрев в движущемся плотном слое; нагрев в псевдооживленном слое; нагрев в пневмопотоке и нагрев в плотном продуваемом слое.

Первые два способа отличаются очень низкими скоростями процесса и, следовательно, низким термическим к.п.д. В камерных печах последний составляет 5–7% для керамических материалов с коэффициентом теплопроводности $\lambda < 0,1 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ и не более 12–15% для металлической стружки. Процесс характеризуется высоким градиентом температур в слое $\text{grad}t > 5000 \text{ К}/\text{м}$. Промышленные агрегаты такого типа могут использоваться лишь для непрерывной обработки больших объемов, где время пребывания в рабочей зоне теплоносителей и материала достаточно велико. Примером могут служить известные барабанные печи, предназначенные для сушки песка больших объемов (более $15 \text{ м}^3/\text{ч}$) и имеющие соответствующие габариты. Но при этом их термический к.п.д. менее 20%.

ТОДМ в кипящем слое и пневмопотоке происходит с объемным коэффициентом теплопередачи ($\alpha_v \geq 3 \cdot 10^5 \text{ Вт}/\text{м}^3$ при $\alpha_k \approx 200 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$), что на три порядка выше, чем в предыдущем способе. Соответственно имеют место высокие термические к.п.д., а удельная производительность подобных агрегатов в десятки раз выше, чем первых двух. Благодаря этому, например при сушке песка в кипящем слое или пневмопотоке, толщину слоя обычно поддерживают $h \approx 0,2 \text{ м}$, что значительно превышает расчетную по уравнению теплообмена: $h_p = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Однако во всех перечисленных способах имеются ограничения по спектру дисперсности. Во

звешенном состоянии материал может находиться только при равенстве массы частицы материала G_p силе давления восходящего газового потока $P_d = P_{\text{дин}} S_{\text{ч}}$, где $P_{\text{дин}}$ – скоростной напор; $S_{\text{ч}}$ – нормальная проекция частицы. Следовательно, частицы более тяжелые будут оставаться в слое, а более легкие уноситься потоком. Для песка такой предельной величиной является 6,3 м/с.

Нагрев в продуваемом слое применяется для кусковых материалов, пример – шахтные печи. Для таких высокодисперсных материалов как песок или стружка он непригоден.

Актуальность решения проблем тепловой обработки полидисперсных материалов в последнее время возрастает в связи с переходом литейных цехов к мелкосерийному и малотоннажному производству. При этом использование существующего оборудования большой мощности и непрерывного действия становится нерентабельным, а применение “простых” установок типа камерных печей приводит к потерям топлива до 90 % и более.

С целью обеспечения эффективной тепловой обработки дисперсных материалов вне зависимости от их объемов и соотношения размеров и плотности частиц разработана ротационная установка периодического действия для ТОДМ, имеющая интенсивность теплообмена, приближающуюся к установкам псевдооживленного слоя (см. рисунок).

В установке может использоваться для нагрева материалов любой теплоноситель: горячий воздух, дымовые технологические газы, газообразное или жидкое топливо. Ротационная установка для ТОДМ работает как в режиме вращения (2–6 об/мин), так и качания на $180\text{--}270^\circ$. Направление вращения газового потока может быть по и против вращения печи, что влияет на интенсивность разрыхления и перемешивания слоя и эффективность теплообмена.

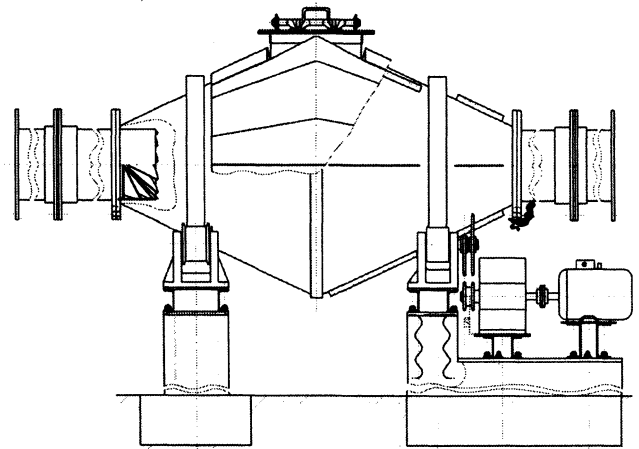
В традиционных вращающихся печах скорость потока теплоносителя ограничена из-за пылеуноса величинами 3–5 м/с. В ротационной установке поток имеет две составляющие: скорость вращательного движения потока газов, от которой

зависит тепловая работа печи, может быть выше скорости пылеуноса в 3 – 5 раз и более (в случае необходимости), и поступательная скорость, определяющая расход теплоносителя и время его пребывания в рабочей камере, которая может быть задана на уровне 1 м/с и менее. Термический к.п.д. достигает в результате величины 50–60%, а пылеунос устраняется.

Конструкция агрегата выполнена таким образом, что в первой части вращательное движение газов замедляется, а на выходе ускоряется.

Слой дисперсного материала, занимающий часть диффузора, при вращении разрушается на фрагменты (комки), которые затем при условии $F_r = F_{r_{кр}}$ 4–5 дробятся на отдельные элементы (частицы). Критическое число $F_r = gD/\omega^2$ характеризует соотношение сил инерции и гравитации (D – характерный размер элемента; ω – скорость). Очевидно, что разрушение слоя тем интенсивнее, чем выше относительная скорость движения комков или скорость газов. При скоростях потока $\omega > 10–12$ м/с скоростной напор практически превращает слой в газозвесь. В данной установке такой режим возможен, так как вектор скорости потока перпендикулярен движению материала, который движется вдоль образующих конусов и вертикально вниз при отрыве комков. Кроме того, скорость потока уменьшается при каждом витке пропорционально квадрату диаметра крутки.

Под действием центробежной силы в выходном конфузоре возникает циклонный эффект, что приводит к отделению взвешенных частиц и препятствует пылеуносу. Степень пылеотделения можно повысить путем вдвигания в корпус печи



Сушило (пример реализации ротационной установки для ТОДМ)

отводящего патрубка и уменьшения угла конфузора до 15–20%.

Установка достаточно компактна, что позволяет смонтировать ее на качающуюся платформу. Дополнительное качение вокруг поперечной оси расширяет возможности по сливу и перемешиванию расплава для интенсификации металлургических процессов и устранения неоднородностей при использовании установки в качестве плавильного агрегата для цветных сплавов.

Рабочие чертежи подобных установок для сушки и нагрева (охлаждения) различных материалов, в том числе песка, флюсов, стружки, шихтовых материалов, плавки цветных сплавов на основе свинца, олова, меди и др., а также необходимую документацию по изготовлению и эксплуатации можно заказать в УП “Технолит”, БНТУ.