

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ КЕРАМИЧЕСКИХ ДРЕНАЖНЫХ ТРУБ

Сушка дренажных труб, как правило, производится в камерных или туннельных полочных сушилках. Продолжительность сушки изменяется от 20 до 72 часов в зависимости от диаметра трубы (толщины стенки) /1/. Большое время сушки делает невозможным конвейерное производство труб и требует много низкоквалифицированного тяжелого физического труда. Поэтому насущной необходимостью является сокращение сроков сушки.

Сушка представляет собой комплекс теплотехнических процессов, изучение которых целесообразно производить с помощью законов термодинамики необратимых процессов. Следуя /2/, для открытых термодинамических систем полное изменение энтропии можно представить в виде суммы

$$ds = diS + deS \quad (1)$$

Согласно второму закону термодинамики всегда

$$diS > 0 \quad (2)$$

В отличие от diS , deS может быть больше или меньше нуля. Если система отдает массу в окружающую среду, то $deS < 0$, а сумма (1) может быть положительной или отрицательной в зависимости от интенсивности теплообмена.

Согласно /3/, при условии $ds \neq 0$, возникает структура сходные с начальными как по форме, так и по симметрии за счет непрерывных деформаций равновесных исходных структур. Поэтому сушку изделий следует производить так, чтобы производство энтропии внутри влажного тела было близким к нулю на протяжении всего цикла, т.е. вся теплота, подводимая к влажному телу, должна расходоваться на испарение на его поверхности:

$$q_0^* = \varepsilon q_m^* \quad (3)$$

Поток влаги с поверхности влажного материала вызывает поток ее внутрь материала, который для одномерного тела без учета действия терм. влагопроводимости описывается уравнением

$$j_m = A_m \rho_0 \frac{du}{dx} \quad (4)$$

Из (4) следует, что внутренний поток влаги для конкретного материала определяется двумя параметрами — коэффициентом диффузии влаги A_m и градиентом влагосодержания du/dx . В свою очередь A_m зависит не только от поровой структуры и влагосодержания материала, но и от режимных параметров сушки.

Интенсивность испарения q_m , можно рассчитать по формула

$$q_m = A \exp - \frac{z}{RT_n} \quad (5)$$

из которой видно, что с повышением температуры поверхности влажного тела T_n интенсивность испарения возрастает. В свою очередь T_n является функцией плотности теплового потока q_0 , падающего на поверхность влажного тела. При $q_0 > q_0^*$ зона фазового перехода перемещается с поверхности вглубь тела, что резко снижает величину A_m и приводит к увеличению градиента влагосодержания, значение которого может превышать $\nabla U_{кр}$.

Таким образом, существует оптимальная величина плотности теплового потока, при которой можно вести процесс сушки без опасности разрушения изделия.

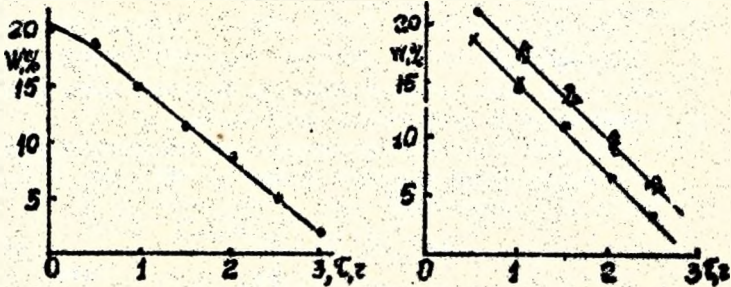
Исходя из изложенного, были проведены экспериментальные исследования по сушке дренажных труб Витебского ПО "Керамика". Сушка труб разных диаметров производилась в специальной сушилке, позволяющей строго поддерживать и регулировать плотность теплового потока, подводимого к изделию. Для определения интенсивности массоотдачи трубы укладывались на столик, тентами соединенный с грузовым столом весов типа ВТЦ-10. Температура на поверхности труб и по сечению стенок измерялась с помощью хромель-копелевых термопар в комплекте с электронным самопишущим потенциометром типа КСП-4.

На рис. 1 показана типовая кривая сушки трубы диаметром 50 мм. Анализ кривой показывает, что процесс влагоудаления протекает в основном в периоде постоянной скорости сушки за

исключением периода нагрева. Это говорит о том, что на протяжении всего цикла сушки поток влаги с поверхности изделия оставался постоянным. Это позволило сократить продолжительность сушки труб до 3-3,5 ч вместо 24 ч согласно существующей технологии. Увеличение интенсивности теплового воздействия не привело к существенному сокращению времени сушки, но зато наблюдалось появление продольных и поперечных трещин.

Перепады влагоудержания по толщине стенки трубы в процессе сушки показаны на рис. 2. Здесь видно, что перепад влагоудержания по толщине трубы 13 мм составлял $\Delta W = 3,0-3,2$ кг/кг сух.в., который практически не изменяется на протяжении всего цикла сушки. Это указывает на то, что коэффициент диффузии D_m и A_{cr} остаются неизменными, хотя влажность уменьшается с 21 до 4-5%.

Обозначения: q_0^* - оптимальная плотность теплового потока; q_m^* - оптимальная интенсивность испарения; A_0 - плотность абсолютно сухого вещества; Z - теплота фазового перехода; R - газовая постоянная; V_{cr} - критический градиент влагоудержания.



Литература

1. Колнеровский Д.А. Производство дренажных керамических труб в СССР, БелНИИТИ, Мн., 1969, с.47.
2. Гуров К.П. Феноменологическая термодинамика необратимых процессов. "Наука", М., 1978, с.128.
3. Эзельдиг В. Образование структур при необратимых процессах. Мир, М., 1979, с.279.