

ТУННЕЛЬНАЯ ПЕЧЬ-СУШИЛКА ПРИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ РАЗРЕЖЕНИЯ ПЕЧНЫХ ГАЗОВ

Жежера Н. И., Сабанчин В.Р.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Известна туннельная печь-сушилка [1], содержащая рабочий канал, вентиляторы отвода дымовых газов, теплоносителя из зоны охлаждения, теплоносителя из начала зоны сушки и подачи воздуха из атмосферы в конец зоны охлаждения, перед которым установлен вентилятор отбора подогретого воздуха из зоны охлаждения, вентиляционную систему зоны сушки в виде набора блоков из нагнетающего вентилятора, трубопровода подсоса воздуха из атмосферы и трубопровода подачи воздуха из зоны охлаждения и отопительную систему.

Однако, эта туннельная печь-сушилка не обеспечивает принудительного газообмена между основными газовыми потоками в зонах обжига и подготовки туннельной печи-сушилки и газами в порах керамических стеновых изделий, находящихся в туннельной печи-сушилке.

По заявке [2] получено положительное решение на выдачу патента Российской Федерации, сущность которого состоит в интенсификации газообмена между основными газовыми потоками в зонах обжига и подготовки туннельной печи-сушилки и газами в порах керамических стеновых изделий, находящихся в туннельной печи-сушилке

На рисунке 1 изображена принципиальная схема туннельной печи-сушилки, в которой производится обжиг керамических стеновых изделий при периодических изменениях разрежения печных газов. Основными элементами туннельной печи-сушилки являются рабочий канал 1, вентиляторы 2, 3, 5 и 11, отопительная система 4, вентиляционная система 7 и поворотная заслонка 12. Рабочий канал 1 разделен на зоны сушки, подготовки, обжига и охлаждения. Вентилятор 2 установлен в конце зоны охлаждения, вентилятор 3 выполняет подачу атмосферного воздуха в зону охлаждения, вентилятор 5 расположен перед зоной сушки. Вентиляционная система 7 содержит заданное число блоков, последовательно расположенных в зоне сушки. Каждый блок системы 7 содержит нагнетательный вентилятор 8, к которому присоединен трубопровод 9 для подвода воздуха из зоны охлаждения и трубопровод 10 для ввода атмосферного воздуха.

В трубопроводе перед вентилятором 5 отбора дымовых газов установлена поворотная заслонка 12, которая вращается от электрического двигателя 14 через понижающий редуктор 13 частотой 3-7 оборотов в минуту и периодически изменяет разрежение в зонах обжига и подготовки туннельной печи-сушилки с частотой 6-14 колебаний в минуту с амплитудой 10-20 Па, что обеспечивает периодическое изменение порового разрежения в каждой точке керамических стеновых изделий, находящихся в зонах обжига и подготовки туннельной печи-сушилки.

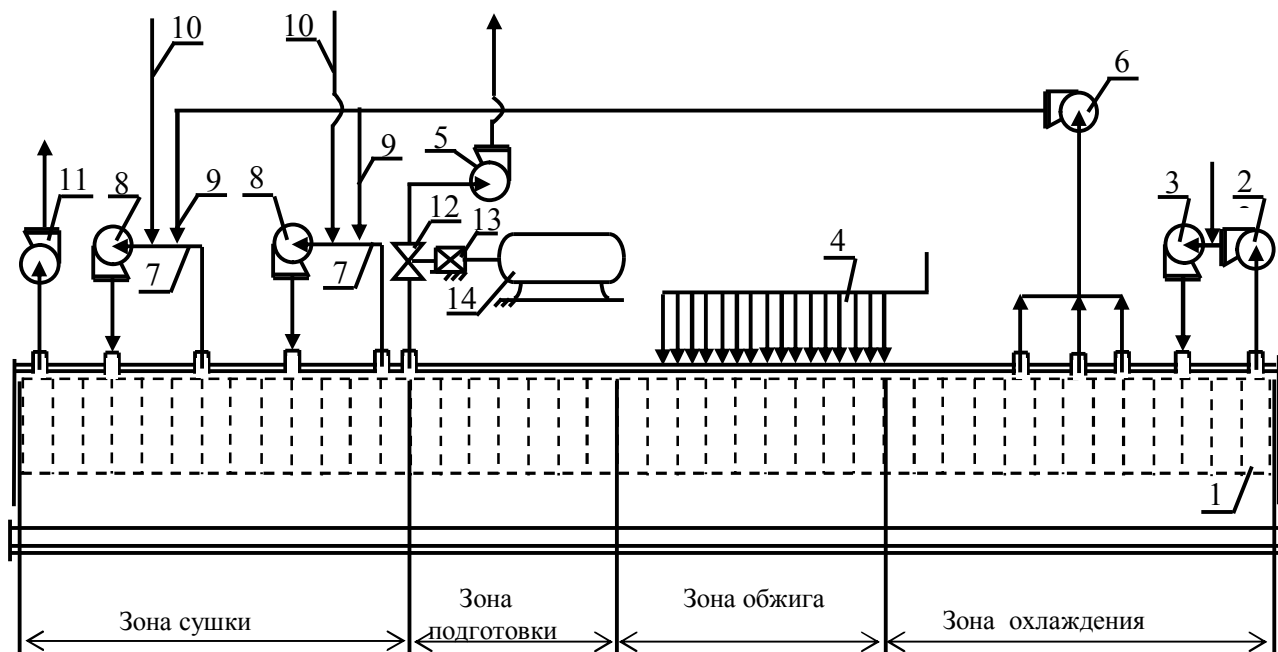


Рисунок 1 - Принципиальная схема туннельной печи-сушилки

Рассмотрим пору 1 объемом V_k в керамическом изделии, соединенную с основным газовым потоком в зонах обжига и подготовки туннельной печи-сушилки в виде схемы, представленной на рисунке 2. Эта схема состоит из пневматического сопротивления 2, через которое протекают газы из зоны обжига и подготовки туннельной печи-сушилки 3 в выделенную газовую пору 1.

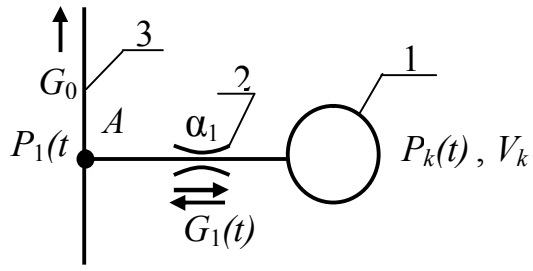


Рисунок 2 – Схема поры в керамическом изделии, соединенной с основным газовым потоком туннельной печи-сушилки

Принимаем, что разрежение газа $P_1(t)$, Па, в зонах обжига и подготовки туннельной печи-сушилки изменяются согласно выражения

$$P_1(t) = P_0 + P_x(t) \cdot \sin \omega t, \quad (1)$$

где P_0 - статическая составляющая разрежения газов в зонах обжига и подготовки туннельной печи-сушилки, Па; $P_x(t) \cdot \sin \omega t$ – периодическая составляющая разрежения газов в зонах обжига и подготовки туннельной

печи-сушилки, Па; $P_x(t)$, ω - амплитуда и частота периодической составляющей разрежения газов в зонах обжига и подготовки туннельной печи-сушилки, Па, c^{-1} ; t - время, с.

Теоретически установлено, что разрежение газов в выделенной в керамическом изделии поре 1 $P_k(t)$ (рисунок 2) определяется выражением

$$P_k(t) = \frac{\omega \cdot T_1}{(T_1^2 \cdot \omega^2 + 1)} \cdot \left[\frac{1}{\omega \cdot T_1} \sin \omega t - \cos \omega t + e^{-\frac{1}{T_1} t} \right] \cdot P_x(t), \quad (2)$$

где $P_x(t)$ - амплитуда периодической составляющей разрежения в точке А (рисунок 2), $T_1 = V_k / (\alpha_1 \cdot RT)$ - постоянная времени для поры 1, заполненной газом, с пневматическим сопротивлением 2, которое имеет проводимость $\alpha_1 = V_k / (T_1 \cdot RT)$, R - газовая постоянная газов, $m^2 c^{-2} K^{-1}$; T - абсолютная температура газов, К.

Расход газов в выделенную в керамическом изделии пору 1 $G_1(t)$ (рисунок 2) определяется выражением

$$G_1(t) = \frac{\alpha_1 \cdot P_x(t) \cdot \omega T_1}{(1 + \omega^2 T_1^2)} \cdot \left[T_1 \cdot \omega \cdot \sin(\omega t) + \cos(\omega t) - e^{-\frac{1}{T_1} t} \right]. \quad (3)$$

На рисунке 3 приведен график изменения расхода газов через пневматическое сопротивление в газовую пору керамического изделия, расположенного в зонах обжига и подготовки туннельной печи-сушилки, в зависимости от частоты периодического разрежения газов в зонах обжига и подготовки туннельной печи-сушилки.

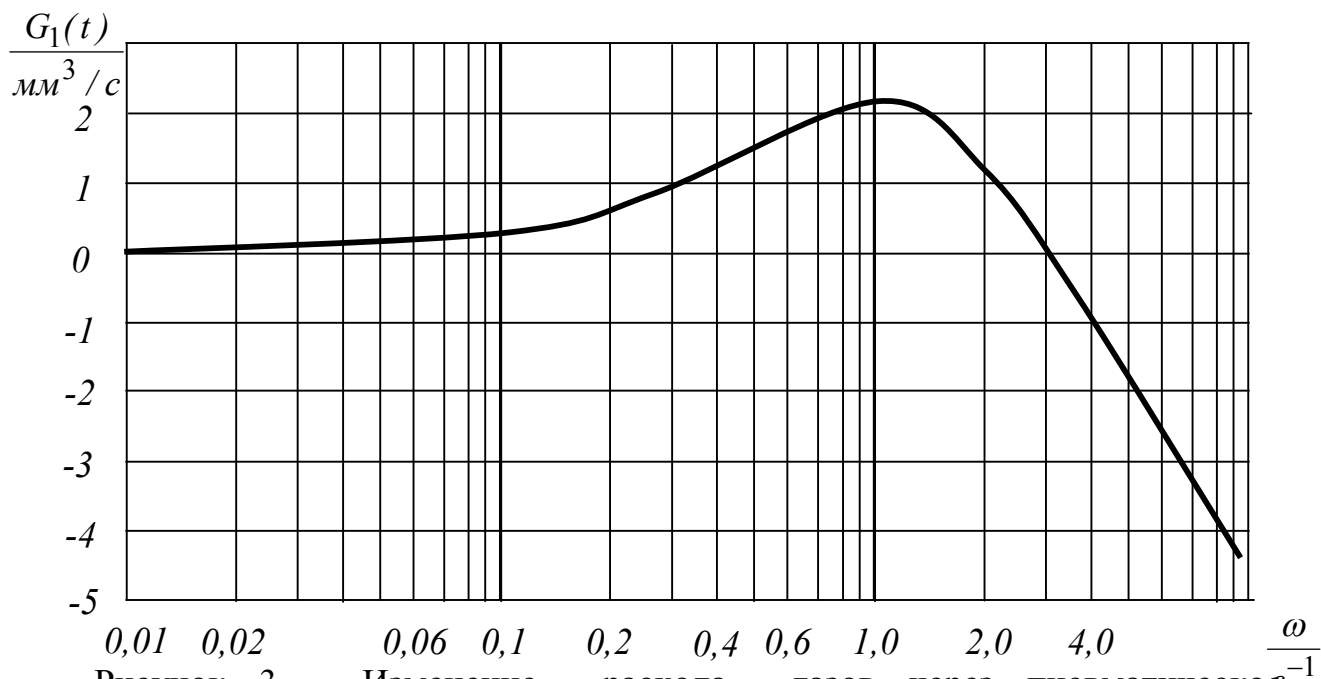


Рисунок 3 – Изменение расхода газов через пневматическое сопротивление в газовую пору керамического изделия, расположенного в туннельной печи-сушилке

Из графика на рисунке 3 видно, что максимальный расход газов $G_1(t)$ имеется при частоте периодического разрежения газов $\omega = 1,1 \text{ с}^{-1}$. Известно, что $\omega = 2\pi f$, где f – частота колебаний, Гц. $f = 1/T$, где T – период колебания, с. В этом случае определяем, что $f = \omega / 2\pi = 1,1 / 6,28 = 0,175$ Гц и $T = 1 / f = 1 / 0,175 = 5,71$ с.

Период колебания $T = 5,71$ с соответствует $60 \text{ с} / 5,71 \text{ с} = 10,5$ колебаний в минуту или 5,25 оборотов в минуту поворотной заслонки 12 на рисунке 1.

Формулы (2) и (3) и кривая на рисунке 3 показывают, что только при наличии периодических колебаний (при $\omega > 0$) разрежения в зонах обжига и подготовки туннельной печи-сушилки обеспечивается принудительный газообмен - расход газов $G_1(t)$ [рисунок 2 и формула (3)] между основными газовыми потоками в туннельной печи-сушилке и газами в порах керамических стеновых изделий, находящихся в туннельной печи-сушилке.

Принудительный газообмен - расход газов $G_1(t)$ между основными газовыми потоками в туннельной печи-сушилке и газами в порах керамических стеновых изделий, находящихся в туннельной печи-сушилке, обеспечивает равномерный по всему керамическому изделию прогрев и обжиг и уменьшает количество бракованных изделий из-за уменьшения в них количества трещин.

Если отсутствуют периодические колебания (при $\omega = 0$) разрежения в зонах обжига и подготовки туннельной печи-сушилки, тогда отсутствует принудительный газообмен - расход газов $G_1(t) = 0$ между основными газовыми потоками в туннельной печи-сушилке и газами в порах керамических стеновых изделий, находящихся в туннельной печи-сушилке.

Список литературы

- 1. Патент РФ № 2187771, кл. F27B9/00. Туннельная печь-сушилка. Авторы изобретения: Латин Ю.А., Дуденкова Г.Я., Гудков Ю.В., Шельганова Р.Н.. Приоритет от 07.08. 2000. Опубл. 20.08.2002. Бюл. №9.*
- 2. Заявка № 2014148014 на патент РФ, МПК F27B9/00, F27B9/36, C04B 33/32. Авторы заявки: Жежера Н.И., Сабанчин В.Р. Приоритет от 27.11. 2014.*