

МЕТОДИКА ТЕПЛООВОГО РАСЧЕТА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Котов А.А., асс., Дрюков В.В., к.т.н., доц., Кузьменков С.М., асс.

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье представлена методика проведения расчета тепловых потерь оборудования для термической обработки текстильных материалов с целью оценки его энергоэффективности.

Ключевые слова: тепловой расчет, термостабилизация, синтетическое полотно.

Актуальным на данный момент является создание оптимальной конструкции установки для термостабилизации полотна из синтетических нитей.

Установка состоит из нагревательного модуля и системы транспортировки обрабатываемого полотна. Стенка корпуса нагревательного модуля изготовлена из листовой стали. Полотно протягивается вдоль рабочей поверхности модуля при помощи транспортирующих роликов. Прижатие полотна к рабочей поверхности осуществляется прижимными роликами и слоем лакоткани. Для уменьшения потерь тепла нерабочие поверхности нагревательного модуля покрыты слоем тепловой изоляции из арселона (толщина слоя $\delta = 50 \text{ мм} = 0,05 \text{ м}$, коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,06 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$, степень черноты $\varepsilon = 0,94$).

Возможно два конструктивных исполнения данной установки: с верхним или нижним расположением рабочей поверхности нагревательного модуля. Ниже приводится методика теплового расчета, необходимого для выбора более энергоэффективного варианта.

Количество тепла, затрачиваемое на нагрев полотна, может быть определено по формуле

$$Q_n = m \cdot c \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где m – массовый расход материала, кг/сек ; c – теплоемкость материала, Δt – изменение температуры материала. В свою очередь, массовый расход материала определяется как

$$m = v \cdot \omega \cdot \rho, \quad (2)$$

где v – скорость протягивания материала, ω – площадь поперечного сечения слоя материала, ρ – плотность материала.

При определении потерь тепла с поверхности нагревательного модуля необходимо учитывать как конвективный, так и лучистый теплообмен. Поскольку интенсивность теплоотдачи зависит от температуры рассматриваемой поверхности, определить которую заранее невозможно, расчет проводится методом последовательного приближения до максимального совпадения принимаемой предварительно температуры с получаемой в результате вычислений.

Потери тепла излучением Q_l рассчитываются в соответствии с законом Стефана-Больцмана [1]:

$$Q_l = \varepsilon \cdot C_0 \cdot F \cdot \left(\left(\frac{T_{cm}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{жс}}{100} \right)^4 \right), \quad (3)$$

где ε – степень черноты поверхности тела, $C_0 = 5,67 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{град}^4$ – коэффициент излучения абсолютно черного тела, F – площадь поверхности тела, T_{cm} и $T_{жс}$ – средние абсолютные температуры поверхности тела и окружающей среды соответственно.

При расчете конвективных потерь тепла Q_k применяется уравнение Ньютона-Рихмана

$$Q_k = \alpha_k \cdot F \cdot (t_{cm} - t_{жс}), \quad (4)$$

где α_k – коэффициент теплоотдачи конвекцией. Для нахождения значения коэффициента теплоотдачи конвекцией необходимо использовать критериальные уравнения. При этом для определения потерь тепла с боковых поверхностей нагревательного модуля при $10^3 < (Gr \cdot Pr) < 10^9$ критериальное уравнение будет иметь вид [1]

$$Nu = 0,75 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,25}; \quad (5)$$

для основных поверхностей нагревательного модуля при $2 \cdot 10^7 < (Gr \cdot Pr) < 10^{13}$ рекомендуется использовать следующие критериальные уравнения [2]: при нижнем расположении поверхности

$$Nu = 0,0945 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,33}, \quad (6)$$

при верхнем расположении поверхности

$$Nu = 0,1755 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,33}. \quad (7)$$

В этих уравнениях: Nu – число Нуссельта,

$$Nu = \frac{\alpha_k \cdot l}{\lambda_{жс}}; \quad (8)$$

Gr – критерий Грасгофа,

$$Gr = \frac{l^3}{\nu_{жс}^2} \cdot \beta \cdot g \cdot \Delta t; \quad (9)$$

Pr – критерий Прандтля.

Здесь l – определяющий размер тела, $\lambda_{жс}$ – коэффициент теплопроводности окружающей среды, $\nu_{жс}$ – коэффициент кинематической вязкости окружающей среды, β – коэффициент объемного температурного расширения окружающей среды, $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$ – ускорение свободного падения, $\Delta t = |t_{см} - t_{жс}|$ – температурный напор между поверхностью тела и окружающей средой. Значения физических параметров среды ($\lambda_{жс}$, $\nu_{жс}$, Pr) определяются по таблице параметров воздуха [3] в зависимости от определяющей температуры.

При расчете тепловых потерь с боковой поверхности нагревательного модуля в качестве определяющего размера принимается его высота ($l = h$), в качестве определяющей температуры – средняя температура окружающей среды $t_{жс}$.

При расчете потерь тепла с основных поверхностей рабочего модуля в качестве определяющего размера принимается наименьший из размеров поверхности – ее длина ($l = L'$), в качестве определяющей температуры – средняя температура пограничного слоя $t_{ср}$.

Потери тепла при верхнем расположении рабочей поверхности нагревательного модуля определяются: с рабочей поверхности Q_p – согласно формулам (3), (4), (7) – (9), с обратной поверхности Q_o – согласно формулам (3), (4), (6), (8), (9); при нижнем расположении рабочей поверхности нагревательного модуля: с рабочей поверхности Q_p – согласно формулам (3), (4), (6), (8), (9), с обратной поверхности Q_o – согласно формулам (3), (4), (7) – (9).

Общая потребляемая мощность нагревательного модуля определяется как

$$Q = Q_n + 2 \cdot Q_o + Q_p + Q_o. \quad (10)$$

Проведенный согласно разработанной методике расчет позволяет сделать вывод, что замена традиционного верхнего расположения рабочей поверхности нагревательного модуля установки для термофиксации полотна из синтетических волокон на нижнее является предпочтительным с точки зрения энергоэффективности и позволяет сократить

энергопотребление более чем на 4 %.

Список использованных источников

1. Исаченко, В. П., Осипова, В. А., Сукомел, А. С. Теплопередача. – М.: Энергия, 1969. – 440 с.
2. Романенко, П. Н., Обливин, А. Н., Семенов, Ю. П. Теплопередача. – М.: Лесная промышленность, 1969. – 432 с.
3. Нацокин, В. В. Техническая термодинамика и теплопередача. – М.: Высшая школа, 1975. – 496 с.

УДК 621.762

ТРИБОМЕТР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЖИМАЕМЫХ СРЕД

Пятов В.В., проф., Голубев А.Н., ст. преп., Павленко В.Н., асп.

*Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье описан трибометр, позволяющий измерять триботехнические характеристики любых измельченных материалов. Трибометр позволяет измерять коэффициенты внешнего и внутреннего трения пластичных материалов в направлении прессования и на боковых поверхностях прессформ, коэффициенты бокового давления, а также исследовать зависимость касательных напряжений от нормальных на поверхности трения и внутри материала. Кроме того, он позволяет исследовать уплотняемость материалов при различных напряженных состояниях.

Ключевые слова: трибометр, триботехнические характеристики, сжимаемые среды, трение, уплотняемость.

Конструкция прибора признана изобретением [1]. Схема трибометра представлена на рисунке. Прибор смонтирован совместно с винтовым прессом 1, на котором закреплен индикатор 2, предназначенный для измерения перемещений ползуна 3. Усилие от ползуна через динамометр 4 передается на верхний пуансон 5 прибора, зафиксированный от проворота стержнем 6. Верхняя матрица 7 может поворачиваться при измерениях с помощью рычага 8. Средний пуансон 9 выполнен двухсторонним и тоже установлен с возможностью поворота, усилие для которого прикладывается через рычаг 10. Нижняя матрица 11 сопряжена со средним и нижним 12 пуансонами; последний неподвижно закреплен на плите пресса. Прибор снабжен комплектом матриц и пуансонов с гладкими и рифлеными поверхностями.

