

ПРИМЕНЕНИЕ ЗОНАЛЬНОГО МЕТОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСТИЧЕСКИХ МАСС

НАТАРЕЕВ А.С., асп., СОЗИНОВ В.П., д-р техн. наук

С помощью зонального метода определены теплофизические параметры процессов переноса массы и теплоты при сушке АБС-пластиков различных марок, необходимые для расчета ленточной сушилки.

Ключевые слова: пластическая масса, процесс сушки, зональный метод, коэффициент теплопроводности, коэффициент массопроводности.

ZONAL APPROACH APPLICATION FOR PLASTIC MASS THERMAL CHARACTERISTIC DETERMINING

A.S. NATAREEV, postgraduate, V.P. SOZINOV, Ph.D.

The work represents the zonal approach, with the help of which there were determined thermal characteristic of mass and heat transfer processes during drying ABC-plastics of different types, which are necessary for belt drier calculation.

Key words: plastic mass, drying process, zonal approach, heat-conductivity coefficient, mass-transfer coefficient.

При производстве АБС-пластика методом привитой полимеризации в эмульсии наибольшее потребление тепловой энергии связано с процессом сушки порошкообразного сополимера. Сушку проводят в ленточной сушилке горячим воздухом с температурой 110 °С, нагретым в паровом калорифере. При этом влажность исходного материала снижается с 60–64 до 0,5 % [1]. Количественной основой расчета процесса сушки являются кинетические закономерности удаления влаги из материала. Для этого необходимо иметь надежные сведения о механизме удаления влаги из материала и скорости протекания процессов тепло- и массообмена.

Опытные исследования кинетики процесса сушки сополимеров марок АБС-2020 и 2802 проводились на лабораторной установке (рис. 1).

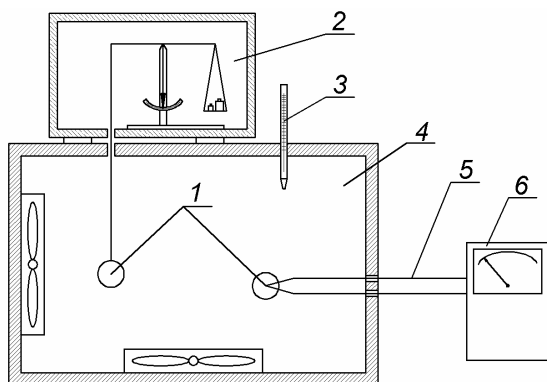


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – образец; 2 – аналитические весы; 3 – термометр; 4 – сушильный шкаф; 5 – термопара; 6 – потенциометр КСП

Внутри сушильного шкафа помещалось два одинаковых образца сополимера сферической формы. В сушилке поддерживалась постоянная температура воздуха, циркуляция которого осуществлялась с помощью вентиляторов. Один образец был подвешен к весам, с помощью которых измерялось изменение массы образца. Внутри второго образца помещались термопары для измерения его температуры. Образцы сушили при температурах 80, 90, 100, 110 и 120 °С.

В результате экспериментальных исследований получены кинетические кривые сушки АБС-сополимеров и зависимости изменения температуры данных материалов от времени процесса (рис. 2, 3).

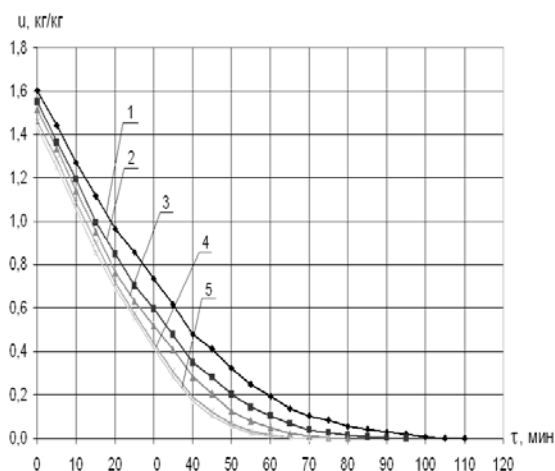


Рис. 2. Зависимость изменения влагосодержания АБС-сополимера марки 2020 от времени процесса: при температуре сушки t , °С: 1 – 80, 2 – 90, 3 – 100, 4 – 110, 5 – 120

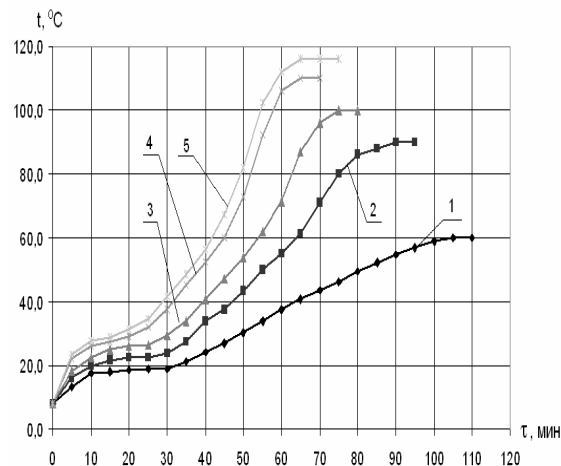


Рис. 3. Зависимость изменения температуры образца АБС-сополимера марки 2020 от времени процесса: при температуре сушки t , °С: 1 – 80, 2 – 90, 3 – 100, 4 – 110, 5 – 120

Анализ экспериментальных данных позволяет предположить, что процесс термической сушки влажного материала состоит из трех стадий: 1) диффузия влаги из внутренних зон капиллярно-пористого материала к его наружной поверхности; 2) испарение влаги в поверхностном слое жидкости; 3) отвод образовавшихся паров от наружной поверхности материала в поток сушильного агента. Параллельно с транспортом жидкости и парообразной влаги при транспортной сушке происходит перенос теплоты. Установлены также периоды постоянной и падающей скорости сушки. Анализ полученных зависимостей (рис. 2, 3) показывает, что продолжительность периода постоянной скорости сушки составляет в среднем 30 мин. Продолжительность периода падающей скорости сушки зависит от температуры окружающей среды. При изменении температуры сушильного агента от 80 до 120 °С общее время сушки сокращается с 90 до 60 мин.

На основе экспериментальных данных рассчитаны теплофизические параметры материалов – коэффициенты массопроводности, теплопроводности и температуропроводности.

Для определения эффективных коэффициентов массопроводности был использован зональный метод [2, 3], в основе которого лежат следующие допущения: 1) в пределах некоторого интервала изменения концентрации в твердой фазе (концентрационной зоны) все физические параметры процесса принимают постоянными величинами; 2) концентрационные зоны по величине выбирают такими, что для них справедливы формулы регулярного режима; 3) поскольку целевое назначение метода – расчет кинетики процесса (изменение среднеобъемной концентрации твердой фазы рассматриваемой частицы во времени), изменение параметров процесса, зависящих от концентрации, учитывается по этой концентрации. Это приводит к некоторому искажению распределения концентраций в теле, но значительно упрощает кинетический расчет и обеспечивает достаточную для инженерных расчетов точность. Сущность зонального метода заключается в том, что экспериментальная кинетическая кривая разбивается на m концентрационных зон. Для каждой зоны по кривой кинетики сушки определяется значение времени τ_i в интервале изменения концентрации от C_{ni} до C_{ki} и рассчитывается k_i по уравнению

$$k_i = \frac{R^2}{\pi^2 \tau_i} \ln \frac{B}{E},$$

где $B = 0,6079$ при $i = 1$; $B = 1$ при $i > 1$; R – радиус частицы; τ_i – время i -го интервала времени, с;

$$E = \frac{C_{ki} - C_p}{C_{ni} - C_p}.$$

Созинов Владимир Петрович,
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой промышленной теплоэнергетики,
телефон (4932) 26-97-24,
e-mail: soz@pte.ispu.ru

Натареев Александр Сергеевич,
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
аспирант кафедры промышленной теплоэнергетики,
телефон (4932) 26-97-24,
e-mail: nelli@pte.ispu.ru

Коэффициент теплопроводности находится по формуле

$$\lambda_i = \frac{q_i R}{F \Delta T_i},$$

где $q_i = \frac{m_c C_c \Delta t_i + m_b C_b \Delta t_i + m_c \Delta u_i r}{\Delta \tau_i}$, Дж/с; m_c – масса

абсолютно сухого вещества в образце, кг; C_c – теплоемкость абсолютно сухого вещества, Дж/(кг·К); $\Delta t_i = t_{mi} - t_{ni}$, К; m_b – масса влаги в образце, кг; C_b – теплоемкость воды, Дж/(кг·К); Δu_i – влагосодержание, кг/кг; r – удельная теплота парообразования, Дж/с; F – поверхность образца, м²; $\Delta T_i = t_2 - t_{mi}$, К.

Коэффициент температуропроводности равен

$$a = \frac{\lambda_i}{c_i \rho_i},$$

где c_i – теплоемкость материала образца, Дж/(кг·К); $c_i = c_0(1 - u_i) + c_b u_i$; ρ_i – плотность материала образца, кг/м³; $\rho_i = \rho_0(1 - u_i) + \rho_b u_i$.

В результате проведенных расчетов показано, что теплофизические параметры материала не являются постоянными величинами и изменяются в процессе сушки. Значение коэффициента k находится в пределах от $9,8 \cdot 10^{-11}$ до $1,2 \cdot 10^{-7}$ м²/с, коэффициента теплопроводности – от 0,15 до 0,7 Вт/(м·К), коэффициента температуропроводности – от $2 \cdot 10^{-7}$ до $5 \cdot 10^{-7}$ м²/с.

Аппроксимация экспериментальных данных позволила получить уравнение для расчета коэффициента массопроводности, которое в общем виде записывается как

$$k = A u^B t^C,$$

где A , B , C – постоянные; u – влажность материала; t – средняя по объему температура материала.

Зависимость коэффициента теплопроводности описывается эмпирическим уравнением

$$\lambda = \lambda_0 + L u \exp(M u),$$

где L , M – постоянные; λ_0 – коэффициент теплопроводности в начальный момент времени.

Список литературы

1. Николаев А.Ф. Технология пластических масс. – Л.: Химия, 1977.
2. Рудобашта С.П. Массоперенос в системах с твердой фазой. – М.: Химия, 1980.
3. Муштаев В.И., Ефимов М.Г., Ульянов В.М. Теория и расчет сушильных процессов: Учеб. пособие / Под ред. А.Н. Плановского. – М.: МИХМ, 1974.