

основе полученных данных можно сделать вывод, что комплексные показатели сильно изменены в зависимости от количества стирок.

Разработан стандарт организации, новизна которого заключается в нормировании показателей безопасности и качества после 50 стирок.

По расчетным формулам на основе теории подобия были спрогнозированы изменения показателей (разрывная нагрузка по длине и по ширине, суммарное тепловое сопротивление, воздухопроницаемость и паропроницаемость) в результате воздействия стирок.

Полученные в работе математические модели являются адекватными и коэффициенты их значимы, так как отклонения расчетных значений от экспериментальных не превышают значения общепринятых статистических ошибок.

Список использованных источников

1. Соловьев, А. Н., Кирюхин, С. М. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов. Текст. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 215 с.

УДК 677.05

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

Жерносек С.В., асп.,

*УО «Витебский государственный технологический университет»,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Заключительная отделка текстильных материалов и изделий требует применения высокоинтенсивных, энергоэффективных способов сушки и термической обработки. В отличие от обычных методов сушки, для которых перенос влаги внутри тела происходит под действием градиентов влагосодержания и температуры, при сушке в поле сверхвысокой частоты на перенос влаги основное влияние оказывает напряженность электрического и магнитного полей.

Под действием электрического поля происходит интенсивное выделение тепла и энергия, затраченная на поляризацию влажного тела, генерируется в виде тепла. Испарение влаги, в отличие от конвективной сушки, происходит во всем объеме тела, причем в центре тела больше, чем на поверхности, что вызывает возникновение градиента давления, который сильно влияет на перенос пара внутри тела. Скорость испарения влаги при сушке в поле СВЧ значительно превышает скорость испарения влаги при сушке другими методами энергоподвода. За счет высокой интенсивности процесса происходит тепловой удар, который обуславливает возникновение внутреннего давления в капиллярах. При этом происходит релаксация внутренних напряжений, что приводит к улучшению их физико-механических, гигроскопических и потребительских свойств.

Количество выделяемой энергии в материале в процессе сверхвысокочастотного нагрева зависит от частоты электрического поля, квадрата напряженности электрического поля и от диэлектрических свойств материала, характеризуемых величиной диэлектрической проницаемости и углом поглощения энергии [1, 2].

Следовательно, факторами повышения эффективности диэлектрического нагрева являются увеличение частоты и напряженности электрического поля. Максимальный же КПД достигается при резонансе в том случае, когда в процессе превращения энергии частота изменения поля близка или совпадает с частотой релаксации и ориентации молекул вещества.

Увеличение толщины материала повышает интенсивность сушки вследствие увеличения градиента давления и увеличения источника тепла внутри тела, что вызывает движение влаги к поверхности материала. Повышение частоты приводит к увеличению коэффициента потерь. Величина диэлектрической постоянной с ростом частоты поля монотонно уменьшается. В то же время зависимость тангенса угла диэлектрических потерь носит ярко выраженный экстремальный характер. Величина и положение максимума всегда индивидуально для конкретного материала, а его наличие обусловлено резонансом при совпадении частоты колебаний электрического поля с собственной частотой колебаний молекул [1, 2].

Кинетика процесса СВЧ-сушки практически не отличается от других способов сушки. Отличие заключается в очень быстром прогреве материала до температур, близких к $t \approx 100^\circ\text{C}$.

Интенсивность переноса влаги внутри тела при сверхвысокочастотном нагреве характеризуется величиной критерия Померанцева. Основное уравнение кинетики сушки СВЧ имеет вид [2]

$$q = r \frac{d\bar{u}}{d\tau} R_v \rho_0 (1 + K_c R b_0) = Q_v R_v + q_k(\tau), \quad (1)$$

где r — теплота парообразования, Дж/кг; $\frac{d\bar{u}}{d\tau}$ — скорость сушки, с^{-1} ; \bar{u} — среднее интегральное влагосодержание; τ — время сушки, с; ρ_0 — плотность сухого тела, $\text{кг}/\text{м}^3$; K_c — критерий,

учитывающий изменение теплоемкости влажного тела; Rb_0 — критерий Ребиндера; Q_v — мощность теплового потока в единице объема материала, Вт / м³; R_v — характерный размер тела, м; q_k — мощность конвективного источника тепла, Вт. Критерий K_c определяется из уравнения [1].

$$K_c = \frac{c_0 + c_a}{c_0}, \quad (2)$$

где c_0, c_a — теплоемкости сухого тела и воды, кДж / кг °C.

Критерий Ребиндера Rb_0 выбирается по отношению к сухому телу

$$Rb_0 = \frac{c_0 b}{r}, \quad (3)$$

где $b = \frac{d\bar{t}}{d\bar{u}}$ — температурный коэффициент сушки, °C.

Мощность конвективного источника тепла определяется по уравнению теплообмена

$$q_k(\tau) = \bar{\alpha} F_m (t_m - t_k), \text{ Вт} \quad (4)$$

где $\bar{\alpha}$ — коэффициент конвективного теплообмена, Вт / м² °C; F_m — поверхность испарения влажного материала, м²; t_m и t_k — температуры материала и среды в камере, °C.

В периоде постоянной скорости сушки коэффициент $b = \frac{d\bar{t}}{d\bar{u}} = 0$ и критерий Ребиндера $Rb_0 = 0$.

Результаты исследования кинетики сушки тканей в поле СВЧ показали, что сушка в поле СВЧ происходит в периоде падающей скорости. Периода постоянной скорости сушки не наблюдается ни по влагосодержаниям, ни по температурам. Отличительной особенностью нагрева тканей в поле СВЧ от других способов подвода тепла является быстрый прогрев тканей до температуры 60 °C, а затем более медленное повышение до $t_m = 90 \div 100$ °C. Время сушки по сравнению с терморadiационной [3] сокращается в два раза, а интенсивность испарения влаги выше в 1,7 – 1,8 раза. Зафиксировать момент возникновения градиента давления в тонких тканях невозможно.

Диэлектрические свойства текстильных материалов в существенной степени зависят от природы волокнообразующего полимера. Присутствие в текстильном материале красителей и аппретирующих веществ также обуславливает возрастание диэлектрических потерь волокна по сравнению с исходной тканью [1, 2], т. к. эти продукты, являясь дипольными компонентами, увеличивают полярность волокнистого субстрата.

В ходе исследований установлены некоторые закономерности изменения физико-механических свойств под действием СВЧ-обработки.

На поверхности суровых тканей содержатся гидрофобные загрязнения, которые препятствуют проникновению влаги в волокно. Для их удаления обычно используют процесс отварки. В исследуемом процессе увеличение капиллярности по сравнению с образцом, высушенным конвективным способом, можно объяснить частичным разрушением гидрофобных примесей в процессе СВЧ-нагрева. Однако увеличение продолжительности СВЧ-обработки и мощности СВЧ-излучения приводит к уменьшению капиллярности образцов льняного материала, вплоть до практически полного исчезновения, что может быть вызвано уменьшением среднего радиуса капилляров. В.С. Побединский объясняет подобный эффект явлением дипольной поляризации, сопровождающимся более четкой ориентацией звеньев макромолекул [1].

В процессе смачивания льняного материала происходит усадка за счет набухания волокон. При диэлектрическом способе сушки нагревание воды внутри пор волокна до закипания создает режим запаривания, что приводит к более полной усадке материала. Одновременно происходит частичная релаксация внутренних напряжений волокон. При увеличении мощности СВЧ-излучения и продолжительности сушки происходит полное удаление влаги из материала, и значение усадки незначительно уменьшается. Однако даже минимальные значения усадки, полученные в результате СВЧ-сушки льняных образцов, превышают значения, полученные при конвективном способе сушки, тем самым усадка проходит более полно, чем при традиционных методах сушки.

Наблюдаемое уменьшение разрывной нагрузки образцов льняного материала, подвергнутых СВЧ-сушке, может быть вызвано повышением хрупкости и частичным разрушением волокон из-за полного удаления воды. В процессе усадки уменьшаются силы сцепления и силы трения, действующие между волокнами. Это позволяет волокнам сдвигаться относительно друг друга, поэтому разрывное удлинение обработанных образцов выше, чем у необработанных.

Воздействие электромагнитных волн СВЧ-диапазона на материал из полиамидных волокон оказывает большее влияние на прочностные свойства. При увеличении мощности и продолжительности процесса СВЧ-сушки полиамидного материала происходит релаксация внутренних напряжений под влиянием электромагнитных волн, связанная с подвижностью кинетически независимых участков макромолекул (амидных групп) и обусловленная обрывом с последующим восстановлением водородных связей в положении, характеризующемся более низкой потенциальной энергией, достигается свободная усадка волокон [1].

Список использованных источников

1. Побединский, В. С. Активирование процессов отделки текстильных материалов энергией электромагнитных волн ВЧ, СВЧ и УФ диапазонов / В. С. Побединский. — Иваново : ИХР РАН, 2000. — 128 с.
2. Лыков, А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. — Москва : Энергия, 1968. — 472 с.
3. Ольшанский, А. И. Исследование процесса терморadiационной сушки тканей / А. И. Ольшанский, В. И. Ольшанский. — Витебск : Вестник ВГТУ, выпуск 22, 2012. — С. 82–93.

УДК 677.021

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ
ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Зоткина А.Н., асс.,
Белорусский государственный экономический университет,
г. Минск, Республика Беларусь**

Понятие «нанотехнология» ввел американский физик Ричард Фейман в 1959 году. Размерность наночастиц простирается от 0,1 до 100 нм. Нанотехнологию определяют как технологию производства материалов путем контролируемого манипулирования с атомами, молекулами и частицами сверхмалого размера и получения материалов с фундаментально новыми свойствами. Ничтожно малый размер частиц, формирующих материал, резко меняет его структуру, увеличивает внутреннюю поверхность, приводя к появлению новых свойств. Внутренняя структура, сформированная из наночастиц, придает материалам очень высокую прочность и совершенно новые свойства, отсутствующие при получении материала по традиционной технологии [1].

На сегодняшний день в текстиле внедряются следующие нанотехнологии:

- производство нановолокон;
- заключительная отделка с использованием нанотехнологий.

Нановолокна можно производить, наполняя традиционные волокнообразующие полимеры отличающимися по конфигурации наночастицами различных веществ или путем пероизводства ультратонких (диаметром в рамках наноразмеров) волокон.

Наполненные наночастицами волокна начали производить с 1990 года. Такие волокна малоусадочны, имеют пониженную горючесть, повышенную прочность на разрыв и истирание и в зависимости от природы вводимых наночастиц могут приобретать другие защитные свойства, требующиеся человеку.

В качестве наполнителей волокон широко используют углеродные нанотрубки с одной или несколькими стенками. Волокна, наполненные нанотрубками, приобретают уникальные свойства – они в 6 раз прочнее стали и в 100 раз легче ее. Наполнение волокон углеродными наночастицами на 5 – 20 % от массы придает им также сопоставимую с медью электропроводность и химическую устойчивость к действию многих реагентов [2].

Интенсивно развиваются исследования и производство синтетических волокон, наполненных наночастицами оксидов металлов: MgO, Al₂O₃, TiO₂, ZnO. Волокна приобретают следующие свойства:

- УФ-защиту;
- антимикробные свойства;
- электропроводность;
- грязеотталкивающие свойства.

Еще одним интересным направлением в производстве нановолокон является придание им ячеистой, пористой структуры с наноразмерами пор. При этом достигается резкое снижение удельной массы (получение легких материалов), хорошая теплоизоляция, устойчивость к растрескиванию. Образующиеся нанопоры волокон могут быть заполнены различными жидкими, твердыми и даже газообразными веществами с различным функциональным назначением.

Другой тип нановолокон – ультратонкие волокна, диаметр которых не превышает 100 нм. Эта тонина обеспечивает высокое значение удельной поверхности и, как следствие, высокое удельное содержание функциональных групп. Последнее обеспечивает хорошую сорбционную способность и каталитическую активность материалов из подобных волокон.

В Европе (Англия, Франция), США, Израиле и Японии параллельно идут интенсивные работы по созданию синтетических белковых волокон, имитирующих структуру паутины, имеющей непревзойденные физико-механические свойства. Используя для выработки подобного белка другие продуценты (микроорганизмы, растения), удалось получить полимерные белковые нановолокна толщиной около 100 нм [2]. Области