

УДК 677.016.253

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РАСЧЕТ ПРОЦЕССА ПРОМЫВКИ ОКРАШЕННЫХ И НАПЕЧАТАННЫХ ТКАНЕЙ

М.К., КОШЕЛЕВА, А.П. БУЛЕКОВ, А.А. ЩЕГОЛЕВ, А.П. КЕРЕМЕТИНА

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Целью работы является экспериментальное исследование процесса промывки окрашенных и напечатанных тканей, его интенсификация с одновременным повышением экологической и производствен-

ной безопасности, математическое описание и расчет.

Объекты и условия экспериментального исследования приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№ опыта	Наименование ткани	Отделка	Краситель	Наличие ПАВ	Температура раствора, °С
1	Ситец (100 % хлопок)	печатание	активный	без ПАВ	30
2					60
3					90
4	Штапельное полотно (100% вискоза)	окрашивание	азоидный	без ПАВ	30
5					60
6					90
7				с ПАВ	30
8					60
9					90

Поверхностная плотность ситца и штапельного волокна M равна 101 и 118 г/м² соответственно.

Прочностные показатели набивной и окрашенной тканей после промывки к физико-химическим воздействиям оценивались в соответствии с ГОСТом 9733.0–83. При проведении экспериментальных исследований температура промывного раствора изменялась от 30 до 80...90°С, промывка проводилась с ПАВ и без него.

Для интенсификации было выбрано ультразвуковое воздействие, так как в работах [1], [2] показано, что при промывке тканей, в основе которых целлюлозные

волокна, задача массообмена внутренняя или смешанная, а потому действие физических полей эффективно. Задачу массопереноса можно характеризовать как внешнюю, когда условия массообмена определяются в основном скоростью движения сплошной фазы относительно поверхности текстильного материала; как внутреннюю, когда условия массообмена определяются в основном свойствами текстильного материала; как смешанную, когда условия массообмена зависят и от свойств текстильного материала, и от гидродинамической обстановки в массообменном аппарате. В качестве критерия

оценки задачи массообмена может служить величина диффузионного критерия Био [3].

Экспериментальные исследования кинетики промывки проводились на лабораторной установке, моделирующей процесс

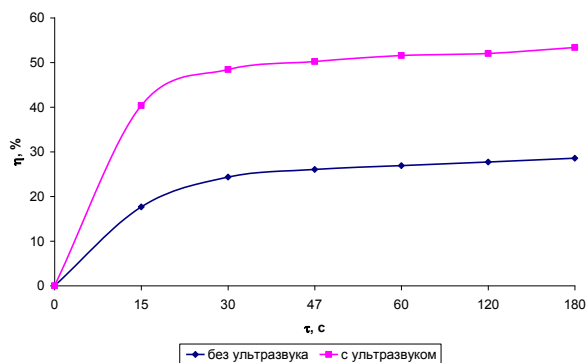


Рис. 1

промывки на одной петле башенной промывной машины, в которой промывная ванна могла заменяться на ультразвуковую ванну, в днище которой встроены пьезоэлектрические излучатели [1].

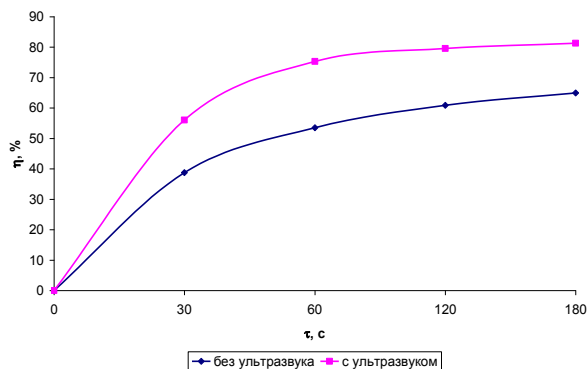


Рис. 2

На рис. 1 и 2 представлены кривые, характеризующие изменение степени промывки выбранных текстильных материалов без интенсификатора и при использовании ультразвукового воздействия (рис. 1 – хлопчатобумажной ткани – ситец – после крашения; рис. 2 – штапельного полотна после печати) с параметрами: частота – 30 кГц; мощность – 90 Вт. Концентрация ПАВ в промывном растворе составляла 0,8 г/л, при этом использовалась смесь анионоактивных и неионогенных ПАВ в соотношении 9:1, с учетом явления синергизма.

Анализ полученных результатов показывает, что ультразвук большее воздействие оказывает на кинетику процесса промывки после печати, в среднем время промывки сокращается на 55...80%, а время промывки после крашения сокращается в среднем на 40...55%, что согласуется с результатами других авторов.

Интенсификация процесса промывки под действием ультразвука происходит вследствие активации процессов массопереноса на границе раздела фаз ткань – промывной раствор и в самой ткани. Вследствие кавитационного воздействия происходит активное вымывание незафиксированного красителя с поверхности волокна. Образующиеся пузырьки пронизы-

вают ткань, способствуя вымыванию красителя. При этом наблюдается перемешивание моющего раствора, что обеспечивает большую интенсивность промывки. По некоторым литературным данным вследствие воздействия ультразвука происходит повышение температуры промывного раствора на несколько градусов, что также способствует интенсификации процесса промывки.

Математическая модель процесса промывки хлопчатобумажных тканей в высокоскоростных машинах барабанного типа представляет собой краевую задачу следующего вида:

$$\begin{cases} \frac{\partial c}{\partial \tau} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}, & (1) \\ C(x, 0) = C_0, & (2) \\ D \frac{\partial C}{\partial x} \Big|_{x=\pm \delta} = \beta (C_i - C_p), & (3) \end{cases}$$

где β – коэффициент массоотдачи; C_i – концентрация загрязнения на поверхности ткани; C_p – равновесная концентрация загрязнения; δ – толщина промываемой ткани; D – коэффициент внутренней диффузии; τ – время промывки.

Сформулированная краевая задача после приведения граничных условий (3) к однородному виду и усреднения коэффициентов переноса D и β решена методом Фурье. Для тонких хлопчатобумажных

тканей при реализации процесса промывки в высокоскоростных машинах (массообменный критерий $Bi > 10^5$) решение сформулированной задачи имеет вид ряда:

$$C(x, \tau) = C_\delta + \frac{4}{\pi} (C_0 - C_p) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2n-1} \sin \frac{\pi(2n-1)}{\delta} e^{\left(-\left(\frac{2n-1}{\delta}\pi\right)^2 D\tau\right)}. \quad (4)$$

Ряд (4) позволяет получить поле концентраций загрязнения в обрабатываемом материале в зависимости от конструктивных и технологических характеристик процесса. Тем самым предоставляется возможность аналитического исследования не только степени, но и равномерности удаления загрязнения из обрабатываемого материала.

На практике эффективность промывки ткани оценивают по средней концентрации в ней загрязнения. Для расчета указанной характеристики получена формула:

$$\bar{C}(\tau) = C_\delta + \frac{8}{\pi^2} (C_0 - C_p) e^{\left(-\left(\frac{\pi}{\delta}\right)^2 D\tau\right)}. \quad (5)$$

Расчетное соотношение (5) является асимптотической оценкой результата интегрирования ряда (4). Структура соотношения (5) позволяет обосновать целесообразность аппроксимации экспериментальных кинетических кривых промывки хлопчатобумажных тканей зависимостью вида:

$$\bar{C}(\tau) = Ae^{-b\tau} + C_p. \quad (6)$$

Оценка параметра b может быть произведена на основе экспериментальных кинетических кривых промывки.

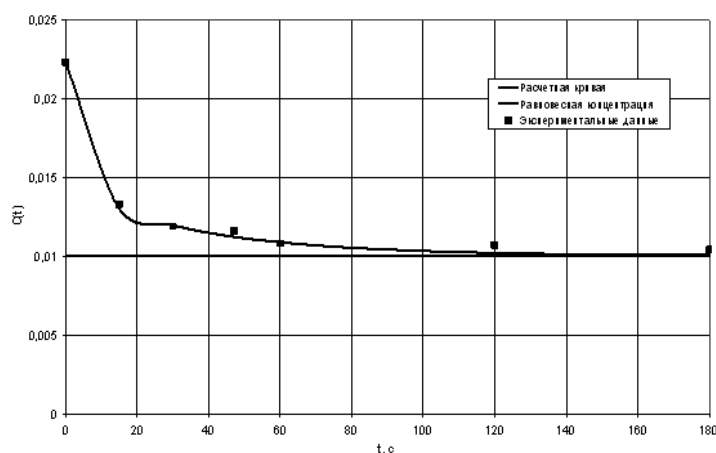


Рис. 3

На рис. 3 представлены кинетические кривые процесса промывки с ультразвуковым воздействием хлопчатобумажных тканей (ситец) после крашения. Характер этих кривых подтверждает целесообразность использования для их описания экспоненциальной зависимости (6). Приведенные на рис. 3 данные позволяют полу-

чить оценку параметра b , входящего в соотношение (6), а также коэффициента диффузии D . Для исследованных хлопчатобумажных тканей эти оценки составляют: $b = 0,02467 \text{ с}^{-1}$; $D = 4 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$.

На рис. 3 приведена расчетная, в соответствии с уравнением (4), кинетическая

кривая процесса. Сравнение расчетной и экспериментальной кривых кинетики свидетельствуют о правомерности допущений и упрощений, принятых при аналитическом решении краевой задачи (1)-(3).

Результаты проведенных исследований явились основой для разработки совместно со специалистами по ультразвуковому оборудованию из ООО "Техносоник" рекомендаций по использованию ультразвукового оборудования на башенных промывных машинах. Для повышения эффективности промывки достаточно оборудовать ультразвуковым устройством последнюю промывную машину в линии и ту, в которой промывка проводится с применением моющего средства. В качестве источника ультразвукового излучения используются погружные пьезоэлектрические преобразователи, устанавливаемые на двух противоположных боковых стенках промывной ванны. Применение ультразвукового устройства в промывной линии позволяет, в зависимости от характеристик ткани и параметров промывного раствора, исключить из рабочего цикла от 2 до 4-х промывных машин, уменьшить энергозатраты на 15...20%. Использование ультразвука приводит к уменьшению расхода чистой воды, объема и степени загрязненности сточных вод, может быть снижена концентрация ПАВ в промывном растворе.

Проведены экспериментальные исследования кинетики промывки с использованием различных пьезоэлектрических преобразователей. Выбран способ расположения излучателей в промывной ванне.

Поскольку повышение эффективности предполагает не только интенсификацию процесса, но и одновременно повышение производственной и экологической безопасности, было проведено сравнение основных параметров, характеризующих эти виды безопасности.

Результаты сравнения производственной и экологической безопасности при действующем и интенсифицированном режиме показали, что время нахождения обслуживающего персонала в рабочей зоне, а следовательно, и время воздействия опасных и вредных факторов сокращается в среднем на 60 %, концентрация ПАВ в промывном растворе и в сточных водах и количество чистой и сточной воды снижается на 20 %, может быть снижен расход пара для нагрева промывного раствора.

ВЫВОДЫ

1. Проведены экспериментальные исследования процесса промывки типовых легких хлопчатобумажных тканей после крашения и печати без интенсификации и с интенсификацией промывки ультразвуковым полем.

2. Предложено математическое описание кинетики процесса промывки. Проведен расчет кинетики процесса промывки после крашения и печати по разработанной программе.

3. Проведенный анализ производственной и экологической безопасности показывает, что она может быть повышена при интенсификации процесса промывки ультразвуковым полем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошелева М. К., Щеголев А. А., Реутский В.А. Повышение эффективности процесса промывки хлопчатобумажных тканей после мерсеризации с использованием ультразвука // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №1. С.108...111.
2. Кошелева М. К., Щеголев А. А. Устройство для промывки движущейся ткани. Патент на полезную модель № 47375 от 27.08.2005, Б.И. №24.
3. Сажин Б.С. Основы техники сушки. – М.: Химия, 1984.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 01.07.09.