

УДК 677.016.253

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПРОМЫВКИ
С НАЛОЖЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПОЛЕЙ**

**INTENSIFICATION OF THE PROCESSES OF WASHING
WITH ULTRASONIC FIELDS IMPOSING**

М.К. КОШЕЛЕВА, А.А. ЩЁГОЛЕВ, С.Н. ШАЦКИХ, М.С. АПАЛЬКОВА
M.K. KOSHELEVA, A.A. SHCHEGOLEV, S.N. SHATSKIH, M.S. APALKOVA

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина,
Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)
(Moscow State Textile University "A.N. Kosygin",
Russian Correspondence Institute of Textile and Light Industry)
E-mail: otxpaxt@yandex.ru

Рассматривается механизм воздействия ультразвука на процесс промывки тканей. Получены результаты, позволяющие перейти к количественной оценке параметров кинетических кривых, а также к оценке эффективности интенсификации промывки за счет ультразвукового воздействия. Разработаны практические рекомендации по использованию ультразвукового оборудования на промывных машинах.

The mechanism of influence of ultrasound on the process of fabric washing is considered. The received results allow to move to the quantitative estimation of kinetic curves parameters and to the estimation of washing intensification effectiveness at the expense of ultrasonic influence. Practical recommendations on ultrasonic equipment use on washing machines have been developed.

Ключевые слова: процесс промывки тканей, воздействие ультразвука, интенсификация промывки, практические рекомендации.

Keywords: fabric washing process, ultrasound influence, washing intensification, practical recommendations.

Ультразвук – как составная часть акустики – играет значительную роль в интенсификации технологических процессов. Результатом применения ультразвука является существенное уменьшение продолжительности технологических процессов,

снижение их энергоемкости, улучшение качества получаемого продукта [1].

Ультразвуковая интенсификация технологических процессов – это сложный физико-химический процесс, основанный на использовании ряда эффектов, возни-

кающих в жидкой среде при введении в нее мощных ультразвуковых колебаний.

Первичными эффектами принято считать эффекты механической природы, такие как: кавитация, переменное звуковое давление, радиационное давление, акустические потоки и др. Наибольшее значение при удалении загрязнения с поверхности материала играет кавитация, сопровождающаяся захлопыванием кавитационных пузырьков и образованием интенсивных ударных (кумулятивных) воздействий.

Захлопывание кавитационного пузырька приводит к генерации ударной волны, мгновенное значение давления в которой достигает нескольких тысяч атмосфер. Локальное давление такой силы сообщает значительные ускорения частицам, взвешенным в жидкости. При захлопывании пузырек может распадаться на большое количество мелких пузырьков, каждый из которых является зародышем для будущего кавитационного пузырька. Пульсирующие незахлопывающиеся пузырьки также оказывают разрушающее действие на поверхности раздела жидкости и твердого тела [2], [3].

Воздействие акустических течений на процесс очистки в ультразвуковом поле в основном сводится к ускорению растворения удаляемых загрязнений в моющей жидкости и эвакуации отделенной массы загрязнений из труднодоступных мест. Одним из основных факторов, влияющих на скорость растворения, является скорость диффузии. Интенсивное перемешивание уменьшает толщину диффузионного слоя вблизи очищаемой поверхности, что увеличивает скорость очистки. Согласно опытным данным толщина диффузионного слоя обратно пропорциональна корню квадратному из относительной скорости движения фаз [2...4].

Перемещение жидкости акустическими течениями по своему характеру принципиально отличается от любых видов механического перемешивания. Вихревые потоки, возникающие вблизи препятствий, разрушают ламинарный слой на границе жидкость – твердое тело, способствует снятию концентрационных и диффузионных огра-

ничений. Акустические и гидродинамические потоки, возникающие на границе жидкость – твердое тело, ускоряют процесс растворения пленок загрязнения и способствуют перемешиванию компонентов в жидкой среде.

В обобщенном виде влияние различных факторов на механизм ультразвукового удаления технологических загрязнений с поверхности твердого материала при использовании ПАВ в моющем растворе можно изобразить в виде схемы представленной на рис. 1 (влияние различных факторов на механизм ультразвуковой очистки) [2], [3].



Рис. 1

Проведены системные исследования интенсификации процесса промывки хлопчатобумажных тканей после мерсеризации с использованием ультразвука в течение всего процесса, то есть в 1 и 2-м периодах промывки. Выявлена зависимость степени интенсификации (оценивалась по сокращению времени промывки) от поверхностной плотности ткани, модуля ванны, расстояния ткани от источника ультразвука.

Экспериментальное исследование проводилось на модельных лабораторных установках. Акустические колебания ультразвуковой частоты создавались двумя пьезопреобразователями, закрепленными на днище ванны с моющим раствором, в который погружена обрабатываемая ткань. Используемые установки позволяли моделировать процесс промывки ткани на ба-

шенной промывной машине с горизонтальной заправкой ткани и противотоком ткани и промывного раствора. Для выбора оптимальной частоты акустических колебаний, помимо встроенных в днище, использовались различные погружные ультразвуковые излучатели фирмы ООО "Техносоник"; при этом применялась ванна без встроенных излучателей. Частота ультразвуковых колебаний в опытах менялась от 22 до 35 кГц (область изменения была выбрана с учетом литературных данных); при этом мощность ультразвукового устройства составляла 70...120 Вт.

Для хлопчатобумажных тканей с различной плотностью изучалось влияние модуля ванны и расстояния источника ультразвука от плотности ткани на кинетику промывки хлопчатобумажной ткани после мерсеризации при использовании ультразвука для интенсификации процесса.

Количество щелочи на образце, г/кг ткани, рассчитывалось по формуле:

$$C' = (V_1 K_1 - V_2 K_2) \frac{0,004}{m_{в.с}} \cdot 1000, \quad (1)$$

где V_1 – количество 0,1Н раствора серной кислоты, добавленного в колбу, мл; K_1 – поправочный коэффициент для серной кислоты; V_2 – количество 0,1Н раствора гидроксида натрия, пошедшего на титрование избытка кислоты, мл; K_2 – поправочный коэффициент для гидроксида натрия; $m_{в.с}$ – масса абсолютно сухого образца ткани, г.

Степень промывки определяется по формуле:

$$\eta = \frac{C'_H - C'}{C'_H} \cdot 100, \quad (2)$$

где C'_H – начальная концентрация едкого натра в ткани, г/кг; C' – конечная концентрация едкого натра в ткани, г/кг.

В экспериментах моделировался технологический режим процесса промывки хлопчатобумажных тканей на башенных

промывных машинах, которые являются одними из самых высокопроизводительных и эффективных промывных устройств.

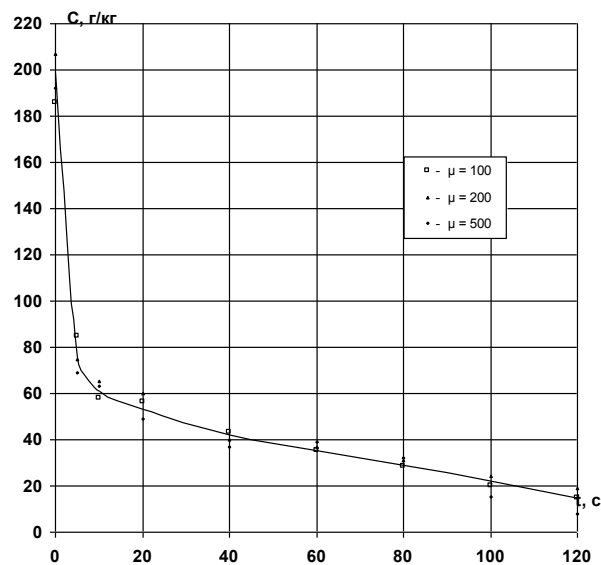


Рис. 2

На рис. 2 приведена типичная усредненная (по модулю ванны) кинетическая кривая промывки легкой хлопчатобумажной ткани без интенсификатора. На основе этих кривых кинетики рассчитывались зависимости степени промывки ткани от продолжительности процесса. Последний показатель используется в инженерной практике в качестве оценки эффективности процесса и вычисляется по кинетической кривой.

Анализ экспериментальных кривых промывки показывает, что изменение модуля ванны при промывке в условиях эксперимента без интенсификатора практически не отразилось на интегральном показателе эффективности процесса. Конечная концентрация загрязнения в ткани остается неизменной для исследованных режимов промывки. Изменение модуля ванны отражается главным образом на динамике процесса диффузии загрязнения из пограничного у поверхности материала слоя промывного раствора в его ядро.

Этот качественный вывод подтверждается статистической проверкой гипотезы о совпадении экспериментальных кинетических кривых. Для этого после предвари-

тельной линеаризации кривых промывки проверялась нулевая гипотеза о попарном совпадении соответствующих линий регрессии. Рассчитанное значение критерия Фишера $t=0,31$ не превышает $t_{кр}=5,1$ (уровень значимости $\alpha=0,05$, $n_1=5$, $n_2=10$), что позволяет сделать вывод о незначимости различий между сопоставляемыми экспериментальными кривыми.

Представленные на рис. 2 (кинетика промывки легкой хлопчатобумажной ткани при различных модулях ванны без интенсификатора) зависимости свидетельствуют о соответствии форм экспериментальных кривых уравнению, описывающему кинетику процесса промывки экспоненциальной зависимостью.

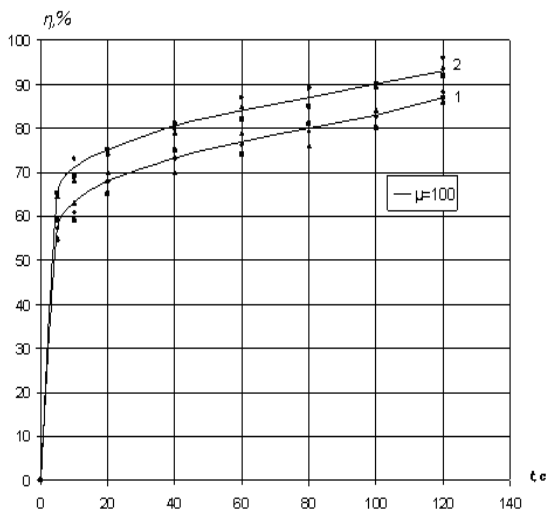


Рис. 3

На рис. 3 (зависимость степени промывки легкой хлопчатобумажной ткани от продолжительности процесса) представлена кинетика изменения степени промывки легкой хлопчатобумажной ткани при модуле ванны $\mu = 100$ и расстоянии от источника ультразвука $l = 5$ мм с применением ультразвукового воздействия (кривая 2) и без него (кривая 1). Анализ данных показывает, что в количественном отношении ультразвуковое воздействие отражается на величине коэффициента диффузии загрязнения в ткани. Средние значения этого показателя возрастают на $20 \div 25$ % при промывке от гидроксида натрия легких хлопчатобумажных тканей. Интегральный эф-

фект от применения ультразвукового воздействия на процесс промывки выражается в сокращении продолжительности процесса, необходимой для достижения требуемой остаточной концентрации технологического загрязнения в ткани.

Полученные результаты позволяют перейти к количественной оценке как параметров кинетических кривых, так и оценке эффективности интенсификации процесса промывки тканей за счет ультразвукового воздействия.

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.

Применение ультразвукового устройства в промывной линии позволяет, в зависимости от характеристик ткани и параметров промывного раствора, исключить из рабочего цикла от 2 до 4 промывных машин, уменьшить энергозатраты на $15 \dots 20$ %. 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.

ВЫВОДЫ

1. Изучен механизм ультразвукового воздействия на процесс промывки тканей.
2. Разработаны рекомендации по использованию ультразвукового оборудования на промывных машинах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Сажин Б.С., Реутский В.А., Кошелева М.К.* Пути повышения эффективности процесса промывки текстильных материалов. – М.: Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1988.
2. *Абрамов В.О., Абрамов О.В. и др.* Мощный ультразвук в металлургии и машиностроении / Под ред. Абрамова О.В. и Приходько В.М. – М.: Янус – К, 2006.
3. *Приходько В.М., Калачев Ю.Н.* Повышение эффективности технологических процессов ультра-

звуковой очистки. – М., Издание МАДИ (ТУ), 1995. С. 54...66.

4. *Фаерман В.Т.* Применение ультразвука для обработки текстильных материалов. – М.: Легкая индустрия, 1969.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 06.02.12.
