

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАТИОННЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ НА ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ХЛОПЧАТОБУМАЖНОГО ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

В статье исследовано влияние катионных полиэлектролитов на электрокинетические свойства хлопчатобумажного текстильного материала. Установлено, что предварительная обработка текстильного материала растворами катионных препаратов приводит к изменению отрицательного заряда волокна на положительный. Полученные данные могут быть использованы для разработки безэлектролитных технологий крашения красителями анионного типа.

Ключевые слова: катионные полиэлектролиты, хлопчатобумажный текстильный материал.

In article influence of cationic polyelectrolyte on electro-kinetic properties of a cotton textile material is investigated. It is established, that preliminary processing of a textile material by solutions of cationic preparations leads to change of a negative charge of a fibre on the positive. The data obtained can be used to develop technologies without electrolytic dyeing anionic dyes.

Keywords: cationic polyelectrolyte, cotton textile.

Постановка проблемы

Процесс крашения хлопчатобумажных текстильных материалов основывается на физико-химических явлениях взаимодействия красителя с целлюлозным волокном, проходящих, прежде всего, через начальный процесс адсорбции на поверхности, как самого волокна, так и его субмикроскопических капилляров.

При соприкосновении с водной фазой поверхность хлопчатобумажного текстильного материала, на которой происходит адсорбция красителя, приобретает отрицательный заряд. В основе этого явления лежит образование двойного электрического слоя (ДЭС) за счет первичной адсорбции ионов на границе раздела фаз (рис. 1).

Водорастворимые активные красители в водной среде и в среде полярных растворителей также несут на себе ионный отрицательный заряд, поэтому между волокном и красителем в процессе диффузии проявляются силы электростатического отталкивания.

При этом, состояние поверхности волокнистого материала ввиду наличия на волокне определенной величины и знака заряда – электрокинетического или ζ (дзета)-потенциала – является в ряде случаев определяющим как для качества, так и для интенсивности окраски текстильной продукции.

При введении во внешний раствор катионов, для которых характерна специфическая адсорбция по отношению к поверхности целлюлозного материала, происходит не только снижение отрицательного значения ζ -потенциала, но и перезарядка на положительный.

Однако для красильно-отделочного производства данные методы до сих пор остаются новыми в связи со слабой изученностью их влияния на процессы текстильной химии.

Анализ последних исследований и публикаций

В последние годы интенсивно ведутся исследования, направленные на изучение влияния электрокинетических свойств волокнистых материалов на процесс крашения [1-3]. Первые работы по изучению электрокинетического потенциала, главным образом, целлюлозных волокон, и взаимосвязи с крашением их различными красителями были проведены Ф.И. Садовым, Л.И. Беленьким и Б.Н. Мельниковым [4-6]. Значительное место вопросам влияния ζ -потенциала волокон на процессы крашения красителями различных классов отведено в известных монографиях [7-8].

Однако, нельзя утверждать, что исследования в области влияния электрокинетических свойств уже исчерпаны. Совместное изучение явлений адсорбции красителя поверхностью волокна и его электрокинетических свойств представляет значительный интерес для построения теоретических основ в области оптимизации процессов крашения текстильных изделий.

Формулировка целей исследования

Цель работы заключалась в исследовании влияния катионоактивных полиэлектролитов на электрокинетические свойства хлопчатобумажного текстильного материала.

Изложение основного материала

Применительно к задачам исследования электрокинетических свойств волокнистых материалов

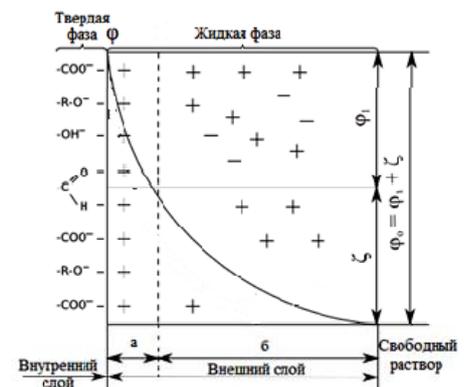


Рис. 1. Схема ДЭС на поверхности целлюлозного волокна (R – COO⁻ – остатки молекул целлюлозы в виде диссоциированных карбоксильных групп; R – O⁻ – в виде диссоциированных энольных групп); а – адсорбционный неподвижный слой противоположно заряженных ионов; б – диффузионная часть двойного электрического слоя; Φ_0 – полный фазовый потенциал; Φ_1 – изменение полного фазового потенциала; ζ – величина дзета-потенциала.

наиболее распространенными являются методы тока течения и потенциала протекания.

Метод тока течения является более предпочтительным тогда, когда невозможно измерить поверхностную проводимость для капиллярных систем:

$$\zeta = \frac{4\pi\eta CdI_s}{\varepsilon P}, \quad (1)$$

где Cd – постоянная ячейки;
 P – перепад давлений.

Но измерение тока течения I_s , ограничено рядом условий. Непосредственно измерить величину I_s во многих случаях затруднительно, поскольку поляризация электродов может изменять эффективное сопротивление измерительной цепи, которое в методе тока течения должно быть намного меньше, чем сопротивление диафрагмы R_d .

В работе [9] предложен косвенный метод определения тока течения I_s , заключающийся в том, что параллельно измерительной ячейке подключают шунт с переменным сопротивлением R и потенциал течения измеряют при различных сопротивлениях R .

В стационарном состоянии I_s равен сумме встречных токов через диафрагму I_d и через шунт I :

$$I_s = I_d + I = \frac{E}{R_d} + \frac{E}{R}. \quad (2)$$

В случае, когда сопротивление диафрагмы меньше 10^5 Ом предпочитают применять менее трудоёмкий метод определения ζ -потенциала – метод потенциала протекания.

Связь между потенциалом протекания и ζ -потенциалом выражается уравнением Гельмгольца-Смолуховского с учетом поверхностной проводимости:

$$\zeta = \frac{4\pi\eta KdE}{\varepsilon P}, \quad (3)$$

где E – потенциал протекания;
 P – перепад давлений;
 η – коэффициент вязкости;
 ε – диэлектрическая проницаемость; $Kd = K + K_s$.

Поскольку величина ζ -потенциала определяется по потенциалу протекания и в меньшей степени зависит от структурных свойств исследуемой капиллярной системы, при использовании потенциала протекания нет опасности возникновения нагревания, связанного с наложением электрического поля.

Определение ζ -потенциала хлопчатобумажного волокна проводили методом потенциала протекания с помощью установки представленной на рис. 2.

Первоначально измеряли разность потенциалов между электродами без давления π_0 , т.е. потенциал асимметрии, который входит составной частью в измеренную величину разности потенциалов в растворе и, в зависимости от знака, может увеличить или уменьшить ее. Затем измеряли разность потенциалов π_1 при различных давлениях.

Величина разности потенциалов, измеренная после прекращения протекания или после достижения равновесия, обычно значительно отличается от потенциала асимметрии, поэтому авторы [10-11] вводят понятие аддитивного потенциала. Причиной появления аддитивного потенциала являются процессы, происходящие при пропускании раствора через ячейку (фильтрационный эффект, адсорбционные явления на электродах и др.).

Потенциал протекания E определяется как разность $\pi_1 - \pi_0$.

Поскольку практически невозможно определить коэффициент и диэлектрическую проницаемость в пределах ДЭС, при работе с водными растворами, используются соответствующие значения для дистиллированной воды, а именно $\eta = 0,01$ П и $\varepsilon = 81$ и формула для вычисления ζ -потенциала при 20°C принимает следующий вид:

$$\zeta = 1,05 \cdot 10^5 \chi_0 \frac{A}{D}. \quad (4)$$

Таким образом, для вычисления электрокинетического потенциала необходимо экспериментально определить потенциал протекания (E), давление (P), при котором раствор протекает через ячейку, и удельную электропроводность диафрагмы (χ_0).

Исследования проводили на отбеленной хлопчатобумажной ткани арт. 3В1-157-4КД, используя следующие катионные полиэлектролиты – КП.1, КП.2, КП.3 и КП.4. Концентрации катионоактивных препаратов варьировали от 0,25 до 20 г/л.

На рис. 3 приведена зависимость ζ -потенциала катионизированного хлопчатобумажного волокна от концентрации катионоактивных препаратов.

Согласно полученным данным (рис. 3) установлено, что электрокинетический потенциал хлопчатобумажного волокна составляет $-28,64$ мВ. При обработке текстильного материала катионоактивным препаратом КП.1 (20 г/л) ζ -потенциал волокна возрастает до $7,8$ мВ, причем при

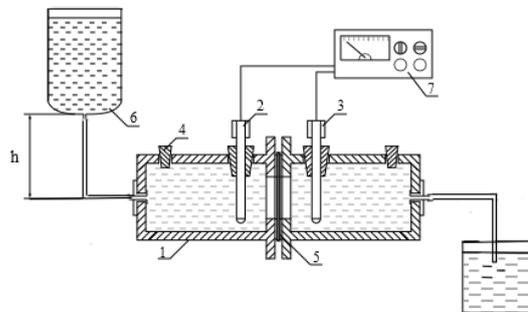


Рис. 2. Схема установки для определения ζ -потенциала волокна методом потенциала протекания: 1 – корпус рабочей камеры; 2, 3 – электроды; 4 – отверстие для удаления воздуха из рабочей камеры; 5 – исследуемый образец; 6 – емкость с раствором; 7 – ионномер ИВ-180.

концентрации препарата 10 г/л отрицательный заряд волокна изменяется на положительный и составляет 4,2 мВ. Катионоактивный препарат КП.2 перезаряжает волокно при концентрации 5 г/л – 3,7 мВ, при 20 г/л препарата электрокинетический потенциал волокна возрастает до 12,7 мВ. Наиболее эффективным является препарат КП.3, который вызывает перезарядку волокна при концентрации 0,25 г/л – 0,5 мВ, а при 20 г/л ζ -потенциал возрастает до 15,1 мВ. Препарат КП.4 (20 г/л) способствует повышению электрокинетического потенциала хлопчатобумажного волокна до 9,2 мВ.

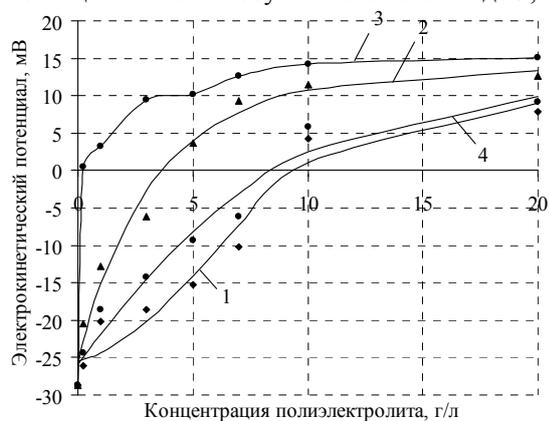


Рис. 3. Влияние катионных препаратов на электрокинетический потенциал хлопчатобумажного волокна: 1 – КП.1; 2 – КП.2; 3 – КП.3; 4 – КП.4

Выводы

На основании проведенных экспериментальных исследований влияния катионных полиэлектролитов на ζ -потенциал хлопчатобумажного волокна установлено, что предварительная обработка текстильного материала катионоактивными препаратами КП.1, КП.2, КП.3 и КП.4 способствует изменению отрицательного заряда волокна на положительный, что дает предпосылки использования катионных препаратов в процессе крашения активными красителями без использования в составе красильного раствора нейтрального электролита.

Литература

1. Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности: сборник материалов Международной научно-технической конференции (ПРОГРЕСС – 2010). Ч. 1 / Ивановская государственная текстильная академия. – Иваново: Ивановская государственная текстильная академия, 2010. – С. 85-86.
2. Martin A.H. Sensing the electrokinetic potential of cellulosic fiber surfaces / A.H. Martin // Bio Resources. – 2006. – № 1 (1). – P. 116-149.
3. C. Bellmann Electrokinetic properties of natural fibres / C. Bellmann, A. Caspari, T.T. Loan Doan, E. Mader // International Electrokinetics Conference, Pittsburgh. – 2004. – № 1. – P. 1-14.
4. Садов Ф.И. Некоторые вопросы современной теории крашения волокнистых материалов. Конспект лекций / Ф.И. Садов. – М.: Гизлегпром, 1952. – 16 с.
5. Беленький Л.И. Теория крашения и опыт ее практического применения / Л.И. Беленький. – М.: Гизлегпром, 1958. – 189 с.
6. Мельников Б.Н. Физико-химические основы процессов отделочного производства / Б.Н. Мельников, Т.Д. Захарова, М.Н. Кириллова. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 280 с.
7. Голованов Е.Н. Исследование электрокинетических свойств полиамидного волокна капрон при взаимодействии с кислотными и кислотными металлосодержащими красителями: дис. ... кандидата тех. наук: 05.19.02 / Голованов Е.Н. – Санкт-Петербург, 1968. – 190 с.
8. Тугуши Л.А. Разработка оптимальных условий процессов крашения текстильных материалов на основе их электрокинетических свойств: дис. ... кандидата тех. наук: 05.19.03 / Тугуши Людмила Александровна. – Санкт-Петербург, 1984. – 170 с.
9. Фридрихсберг Д.А. Электроповерхностные явления в дисперсных системах / Д.А. Фридрихсберг, Н.С. Свердлова. – М.: Наука, 1972. – 87 с.
10. Андросов В.Ф. Крашение пряжи в паковках / В.Ф. Андросов, С.А. Александров, М.И. Артым, В.Б. Кленов, Р.П. Якимчук. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 152 с.
11. Электрокинетические свойства капиллярных систем. Монографический сборник экспериментальных исследований под редакцией О.Н. Григорова и др. – М.: Изд. АН СССР, 1956. – 338 с.
12. Кричевский Г. Е. Химическая технология текстильных материалов : учеб. пос. для вузов в 3-х т. Т. 2. Колорирование текстильных материалов / Г. Е. Кричевский. – М.: Росс. заоч. ин-т текстильной и легкой промышленности, 2001. – 540 с.