

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ НА СОСТОЯНИЕ КИСЛОТНЫХ КРАСИТЕЛЕЙ В РАСТВОРЕ

Целью проведенного исследования является определение влияния длительности воздействия электроразрядной нелинейной объемной кавитации на размер частиц кислотных красителей в красильных растворах, на степень окрашивания шерстяного волокна, а также время сохранения активированного состояния растворов кислотных красителей.

В работе проведено определение радиусов частиц кислотных красителей методом диффузии через пористую пластинку. Проведено крашение обработанными растворами красителей, определены количество сорбированных шерстяным волокном красителей, интенсивность полученных окрасок и оптимальное время воздействия электроразрядной нелинейной объемной кавитации на растворы красителей. Исследовано время, в течение которого активированные растворы красителей сохраняют свои свойства.

В результате анализа полученных экспериментальных данных определены оптимальная длительность электроразрядной обработки для интенсификации процесса крашения шерстяного волокна и время сохранения активированного состояния растворов кислотных красителей.

Ключевые слова: крашение, кислотные красители, шерстяное волокно, кавитация, электроразрядная обработка.

OLGA YAKIVNA SEMESHKO, YULIYA GEORGIYEVNA SARIBYEKOVA

Kherson National Technical University

INFLUENCE OF ELECTRO-BIT TREATMENT ON THE STATE OF ACID DYE SOLUTION

Abstract – The purpose of research is to determine the influence of exposure time of electro-bit nonlinear volume cavitation on particle size of acid dyes in the dyeing solutions, the degree of wool fibre dyeing, as well as the retention time of the activated state of acid dye solutions.

The determination of particle radius of acid dyes using method of diffusion through the porous plate is given in paper. The dyeing with treated dyeing solution is conducted, the amount of adsorbed dye by wool fibre, intensity of the obtained colours and optimal exposure time of electro-bit nonlinear volume cavitation on the dyeing solutions are determined. The retention time of activated dyeing solutions properties is investigated.

The optimal duration of a electro-bit treatment for dyeing process intensification of wool fibre and retention time of the activated state of acid dye solutions are defined by analysis of experimental data.

Keywords: dyeing, acid dyes, wool fibres, cavitation, electro-bit treatment.

Введение

Шерстяное волокно, благодаря наличию комплекса уникальных природных свойств, является одним из наиболее ценных видов сырья для текстильной промышленности, о чем свидетельствует ежегодный рост его мирового потребления [1].

В традиционных процессах отделки, в частности при окрашивании, обычно используют агрессивные химические реагенты при высокой температуре, в значительной мере разрушают целостную белковую структуру шерсти, ухудшая качество готовых изделий. Вследствие этого в современных условиях развития текстильной промышленности наибольший практический интерес представляют способы крашения при температуре ниже 100°C, которые обеспечивают минимальное повреждение шерстяного волокна. Это в значительной степени облегчит дальнейшую переработку шерсти в прядении и ткачестве, положительно повлияет на качество готовых изделий. Кроме того, крашение шерстяного волокна при пониженной температуре является экономически целесообразным, поскольку при этом снижаются затраты на энергоносители. Однако при снижении температуры крашения для достижения требуемой интенсивности окраски необходимо продлевать процесс, что негативно скажется на себестоимости готовых изделий. Для того, чтобы компенсировать снижение температуры процесс крашения интенсифицируют с использованием химических, биохимических и физических методов.

Введение в красильную ванну химических и биохимических веществ на сегодняшний день не всегда экологически и экономически оправдано, поэтому перспективным способом интенсификации процесса крашения является применение физических воздействий, к которым относится электрический импульсный разряд в жидкости, сопровождающийся возникновением электроразрядной нелинейной объемной кавитации (ЭРНОК). Исследования, проведенные в нашей стране и за рубежом, показали принципиальную возможность ее использования в различных технологических процессах [2–4].

Ранее проведенными исследованиями установлено, что электроразрядная обработка не изменяет химическую структуру красителей, и оказывает влияние на кислотные красители независимо от их молекулярной массы и строения [5]. Определено, что предварительная электроразрядная активация красильных растворов приведет к увеличению скорости диффузии красителей в растворе и, как следствие, к ускорению процесса крашения [6].

Постановка задачи исследования

Задачей данного исследования являлось определение влияния длительности воздействия

электроразрядной нелинейной объемной кавитации на размер частиц кислотных красителей в красильных растворах, на степень окрашивания шерстяного волокна, оптимальной длительности электроразрядной обработки для интенсификации процесса крашения, а также времени сохранения активированного состояния растворов кислотных красителей.

Объекты и методы исследования

В настоящей работе были использованы кислотные красители, характеризующиеся различным химическим строением и отличающиеся по молекулярной массе: кислотный красный 2С – азокраситель, кислотный ярко-синий антрахиноновый и кислотный зеленый, принадлежащий к трифенилметановым красителям. Красители были предварительно очищены перекристаллизацией [7]. Концентрация красителей в исследуемых растворах составляла 0,2 г/л, что соответствует 1-процентной концентрации красителя при $M=50$ в периодическом крашении.

Электроразрядная обработка растворов красителей осуществлялась на лабораторной установке [8] при постоянных параметрах напряжения и частоты импульсов с варьированием длительности воздействия от 30 до 300 с.

Радиус частиц красителей радиусы частиц по методу Нортопа и Ансона диффузией через пористую пластинку с помощью уравнения Стокса-Эйнштейна [9].

Крашению подвергали отбеленную цыгайскую полутонкую шерсть 50 качества. Крашение осуществляли при модуле ванны $M=50$ в изотермических условиях по следующему рецепту, % (от массы материала): краситель - 1; сульфат натрия - 10; уксусная кислота - 4. Образцы подготовленного волокна помещают в приготовленный красильный раствор, нагретый до требуемой температуры. При крашении красильный раствор непрерывно перемешивают и поддерживают необходимый объем. По истечению установленного времени волокно вынимают из раствора, тщательно промывают холодной проточной водой, отжимают и высушивают [10].

Интенсивность окраски оценивали по коэффициенту отражения R , % окрашенных образцов и по величине значений функции Гуревича-Кубелки-Мунка (ГКМ) [7].

Определение коэффициентов отражения окрашенного волокна проводили на спектрофотометре „Spekol-11“ с соответствующей приставкой.

Концентрацию красителя на волокне определяют по общепринятой методике [7, 11]

Результаты исследований и их обсуждение

Радиусы частиц были определены диффузионным методом с помощью уравнения Стокса-Эйнштейна. Данное уравнение применимо только к сферическим частицам, а форма мицелл красителей, как известно, далека от сферической. Однако Т. Сведберг [12] вычислил изменение коэффициента диффузии в зависимости от различных отклонений формы частиц от сферической и определил, что такие отклонения вызывают изменение коэффициента диффузии не более чем на 10% даже в том случае, когда частицы в четыре раза больше в длину, чем в ширину. Результаты определения размеров частиц кислотных красителей в зависимости от длительности электроразрядной обработки приведены на рис. 1.

Представленные данные свидетельствуют о дезагрегации красителей в растворе под влиянием электроразрядной обработки – размеры частиц уменьшаются с увеличением длительности обработки, причем заметное уменьшение размера частиц на 25–30% наблюдается при длительности обработки 60 с. Дальнейшее увеличение времени обработки не приводит к значительным изменениям размеров частиц, что согласуется с ранее полученными результатами спектрофотометрического исследования [5].

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что электроразрядная обработка не изменяет химическую структуру красителей, способствует усилению их дезагрегации и оказывает влияние на кислотные красители независимо от их молекулярной массы и строения. Таким образом, предварительная электроразрядная активация красильных растворов приведет к увеличению скорости диффузии красителей в растворе и, как следствие, к ускорению процесса крашения.

Чтобы подтвердить данную гипотезу, а также для определения оптимального времени воздействия ЭРНОК на красильный раствор, проводили крашение необработанными и обработанными растворами

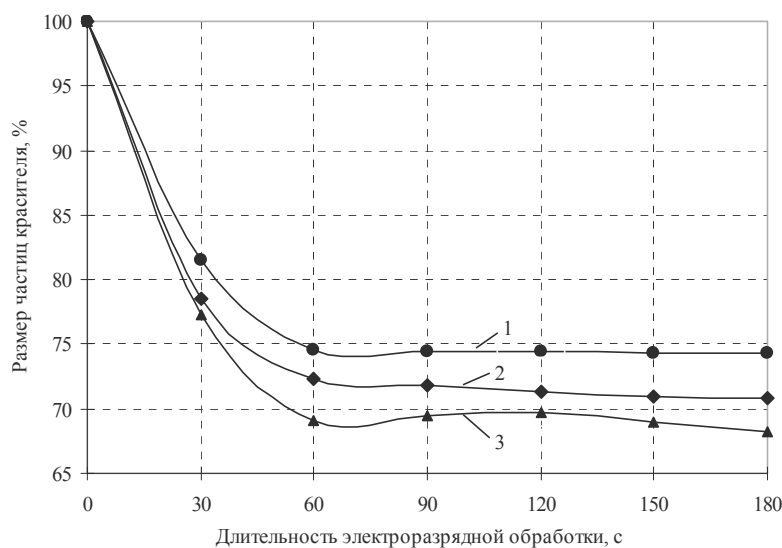


Рис. 1. Влияние электроразрядной обработки на радиус частиц кислотных красителей: 1 - кислотный зеленый; 2 - кислотный ярко-синий антрахиноновый; 3 - кислотный красный 2С.

кислотных красителей при температуре 60⁰С на протяжении 60 мин. При выборе режима крашения исходили из результатов исследований российских и немецких ученых [13, 14], согласно которым при 60⁰С сводится к минимуму влияние температуры на массообмен в процессе крашения. Результаты крашения представлены в табл. 1 и на рис. 3.

Таблица 1

Влияние длительности электроразрядной обработки раствора красителя на окрашиваемость шерстяного волокна

Краситель		Длительность электроразрядной обработки, с							
		0	15	30	60	120	180	240	300
Кислотный красный 2С	Количество сорбированного красителя, %	52	54,7	60,4	66,1	66,9	67,6	68	68,2
	Коэффициент отражения, R, %	10	9,5	8,5	8	8	8	7,5	7,5
	Значение функции ГКМ, К/С	4,05	4,31	4,93	5,29	5,29	5,29	5,70	5,70
Кислотный ярко-синий антрахиноновый	Количество сорбированного красителя, %	57,5	59,8	62,9	68,1	69,4	69,8	70,3	70,8
	Коэффициент отражения, R, %	9,5	9	8	7,5	7	7	7	6
	Значение функции ГКМ, К/С	4,31	4,60	5,29	5,70	6,18	6,18	6,18	7,36
Кислотный зелёный	Количество сорбированного красителя, %	57,3	61,5	64,2	66,4	68,1	68,4	68,8	69,2
	Коэффициент отражения, R, %	12	11	10,5	9	8,5	8,5	8,5	7,5
	Значение функции ГКМ, К/С	3,23	3,60	3,41	4,60	4,93	4,93	4,93	5,70

Представленные в табл. 1 данные свидетельствуют о том, что электроразрядная обработка растворов красителей значительно улучшает окрашиваемость шерстяного волокна по сравнению с крашением необработанными растворами.

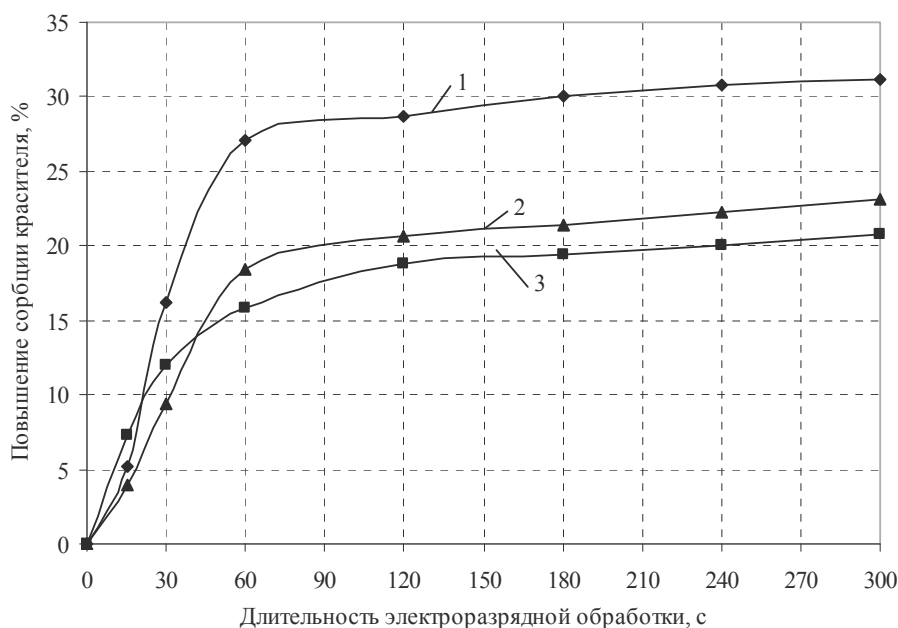


Рис. 2. Влияние длительности электроразрядной обработки сорбцию кислотных красителей шерстью: 1 – кислотный красный 2С; 2 – кислотный ярко-синий антрахиноновый; 3 – кислотный зелёный

Анализ данных, представленных на рис. 2, показывает, что при длительности электроразрядной обработки в течении 30 с повышается сорбция кислотного красного 2С на 16%, кислотного ярко-синего антрахинонового – на 9% и кислотного зелёного – на 8,5%, а с увеличением длительности обработки до 300 с повышение сорбции красителей шерстяным волокном увеличивается соответственно до 31, 23 и 21%

относительно стандартного образца. Наиболее интенсивное выбирание красителей наблюдается после предварительной 60-секундной активации растворов красителей, а дальнейшее увеличение длительности обработки не существенно влияет на окрашивание волокна. Представленные данные согласуются с ранее полученными нами результатами, поэтому за оптимальное время электроразрядной обработки выбрано 60 с.

Известно, что периодическое крашение – процесс длительный, поэтому представляло интерес определить время, в течение которого активированные растворы красителей сохраняют свои свойства. С этой целью исследовано изменение размера частиц красителей во времени после электроразрядной обработки.

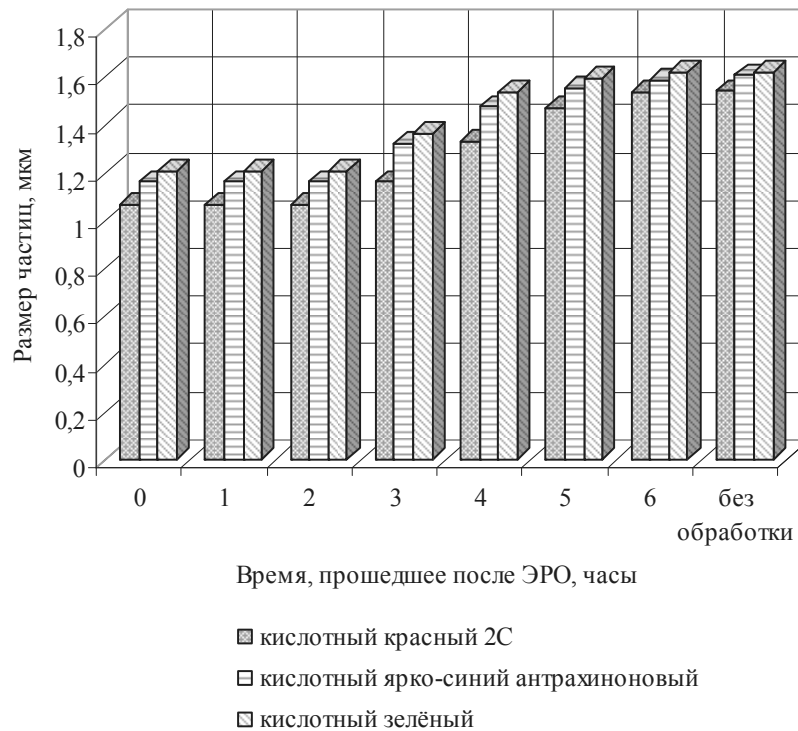


Рис. 3. Динамика изменения размеров частиц красителей после электроразрядной обработки

Согласно полученным результатам, представленным на рис. 3, можно сделать вывод, что обработанные растворы находятся в активированном состоянии на протяжении трех часов, а в начальное состояние возвращаются через 6 часов. Таким образом, времени, на протяжении которого сохраняется активированное состояние, достаточно для проведения цикла крашения.

Выводы

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- 1) электроразрядная обработка способствует уменьшению размеров частиц кислотных красителей в растворах независимо от их химического строения и молекулярной массы;
- 2) воздействие ЭРНОК приводит к увеличению диффузионной подвижности кислотных красителей, что позволяет получить более насыщенные окраски, чем при крашении необработанными растворами;
- 3) на основании исследования размера частиц кислотных красителей в растворе и окрашиваемости шерстяного волокна определено, что с целью интенсификации процесса крашения оптимальной длительностью электроразрядной обработки является 60 с;
- 4) установлено, что после электроразрядной обработки растворы кислотных красителей сохраняют активированное состояние в течение 3 ч, что является достаточным для проведения цикла крашения.

Література

1. Анализ мирового рынка шерсти: 2005–2014 : отчет BusinesStat [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://megaresearch.ru/files/file/4808.pdf>.
2. Промтов М.А. Машины и аппараты с импульсными энергетическими воздействиями на обрабатываемые вещества / М.А. Промтов. – М. : Машиностроение-1, 2004. – 136 с.
3. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности / Л.А. Юткин. – Л. : Машиностроение, 1986. – 253 с.
4. Вітенько Т.М. Гідродинамічна кавітація у масообмінних, хімічних і біологічних процесах / Т.М. Вітенько. – Тернопіль : Видавництво Тернопільського державного технічного університету імені І. Пулюя, 2009. – 224 с.
5. Семешко О.Я. Влияние электроразрядной нелинейной объемной кавитации на свойства растворов

кислотных красителей / О.Я. Семешко, Ю.Г. СарIBEKOBA, О.А. Семенченко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – № 3. – С. 132–137.

6. Семешко О.Я. Исследования влияния электроразрядной обработки растворов кислотных красителей на скорость крашения шерстяного волокна / О.Я. Семешко, Ю.Г. СарIBEKOBA, А.В. Ермолаева // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – № 1. – С. 214–217.

7. Лабораторный практикум по химической технологии текстильных материалов / [под ред. Г.Е. Кричевского]. – М., 1994. – 400 с.

8. Семешко О.Я. Исследования влияния электроразрядной нелинейной объемной кавитации на процесс крашения шерсти кислотными красителями / О.Я. Семешко, Ю.Г. СарIBEKOBA, А.В. Ермолаева // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2010. – № 1(37). – С. 170–175.

9. Виккерстафф Т. Физическая химия крашения / [под ред. П.В. Морыганова]. – М. : Гизлегпром, 1956. – 574 с.

10. Бяльский А.Л. Красители для текстильной промышленности. Колористический справочник / А.Л. Бяльский, В.В. Карпов. – М. : Химия, 1971. – 312 с.

11. Андросов В.Ф. Синтетические красители в легкой промышленности. Справочник / В.Ф. Андросов, И.Н. Петрова. – М. : Легпромбытиздат, 1989. – 368 с.

12. Svedberg T. Some physical and chemical properties of the proteins. *The Journal of Physical Chemistry*. 1934. A. 167. P. 34.

13. Giehl A. Färben im Ultraschallfeld sowie aus überkritischem Kohlendioxid als alternativen Färbemedium: Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften / Giehl Andreas. – Aachen, 2003. – S. 117.

14. Тараканов М.К. Влияние состояния поверхности шерстяного волокна на его сорбционные свойства // М.К. Тараканов, И.М. Молоков // Текстильная промышленность. – 1983. – № 2. – С. 69–71.

References

1. Analiz mirovogo ry'nka shersti: 2005-2014: (otchet BusinesStat), <http://megaresearch.ru/files/file/4808.pdf>.
2. Promtov M.A. Mashiny i apparaty s impul'snymi jenergeticheskimi vozdeystvijami na obrabatyvaemye veshhestva. Moscow, Mashinostroenie-1, 2004, 136 p.
3. Yutkin L.A. E'lektrogrudravlicheskiy e'ffekt i ego primenenie v promy'shennosti. Leningrad, Mashinostroenie, 1986, 253 p.
4. Vitenko T.M. Gidrodinamichna kavitatsiya u masoobminnih, himichnyh i biologichnyh protsesakh. Ternopil, Vydavnytstvo Ternopils'kogo derzhavnogo tekhnichnogo universytetu imeni I. Pulyuya, 2009, 224 p.
5. Semeshko O.Ya., Saribekova Yu.G., Semenchenko O.A. Vliyanie e'lektrozryadnoj nelinejnoj ob'emnoj kavitacii na svojstva rastvorov kislotnykh krasitelej, *Herald of Khmelnytsky National University*, 2011, No. 3, pp. 132-137.
6. Semeshko O.Ya., Saribekova Yu.G., Ermolaeva A.V. Issledovanie vliyanija e'lektrozryadnoj obrabotki rastvorov kislotnykh krasitelej na skorost' krasheniya sherstyanogo volokna, *Herald of Khmelnytsky National University*, 2011, No. 1, pp. 214-217.
7. Laboratorny'j praktikum po ximicheskoj tehnologii tekstil'nykh materialov. Ed. by G.E. Krichevskij. Moscow, 1994, p. 400.
8. Semeshko O.Ya., Saribekova Yu.G., Ermolaeva A.V. Issledovanie vliyanija e'lektrozryadnoj nelinejnoj ob'emnoj kavitacii na process krasheniya shersti kislotny'mi krasitelyami, *Vestnik Xersonskogo nacional'nogo texnicheskogo universiteta*, 2010, No. 1(37), pp. 170-175.
9. Vikkerstaff T. Fizicheskaya ximiya krasheniya. Ed. by P.V. Moryganov. Moscow, Gizlegprom, 1956, 574 p.
10. Byal'skiy A.L., Karpov V.V. Krasiteli dlya tekstil'noj promy'shennosti. Koloristicheskij spravochnik. Moscow, Ximiya, 1971, 312 p.
11. Androsov V.F., Petrova I.N. Sinteticheskie krasiteli v legkoj promyshlennosti. Spravochnik. Moscow, Legprombytizdat, 1989, 368 p.
12. Svedberg T. Some physical and chemical properties of the proteins, *The Journal of Physical Chemistry*, 1934, No. 167, p. 34.
13. Giehl A. Färben im Ultraschallfeld sowie aus überkritischem Kohlendioxid als alternativen Färbemedium: Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften / Giehl Andreas. – Aachen, 2003. – S. 117.
14. Tarakanov M.K., Molokov I.M. Vliyanie sostoyaniya poverxnosti sherstyanogo volokna na ego sorbionny'e svojstva, *Tekstil'naya promy'shennost'*, 1983, No. 2, pp. 69-71.

Рецензія/Peer review : 6.10.2014 p.

Надрукована/Printed :27.11.2014 p.

Рецензент: д.т.н., професор СарIBEKOBA Д.Г.