

## ВЛИЯНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА НА РЕЗУЛЬТАТЫ КРАШЕНИЯ ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА

## INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC WAVES OF ULTRAHIGH-FREQUENCY RANGE ON RESULTS OF WOOL FIBER DYEING

Н.Н. Ясинская\*, Н.В. Скобова

Витебский государственный технологический университет

УДК 677.027-947

N.N. Yasinskaya\*, N.V. Skobova

Vitebsk State Technological University

### РЕФЕРАТ

*ШЕРСТЯНОЕ ВОЛОКНО, КРАШЕНИЕ, АКТИВНЫЕ КРАСИТЕЛИ, СВЧ ВОЗДЕЙСТВИЕ*

*Проведены экспериментальные исследования влияния СВЧ воздействия при крашении шерстяного волокна и пряжи на степень фиксации активных красителей и на прочностные свойства пряжи после крашения.*

*Процесс крашения осуществлялся по двум технологиям: по классической – общей продолжительностью 95 минут, и с использованием волн СВЧ – длительностью 45 минут. Сравнительный анализ результатов интенсивности окрашивания и степени закрепления красителя на волокне показал, что использование СВЧ воздействия позволяет достичь ярких оттенков и высокой степени фиксации красителя на волокне при сокращении общей продолжительности процесса. Рекомендуемый режим обработки – мощность СВЧ излучения 600 Вт, длительность операции крашения 4–5 мин.*

### ABSTRACT

*WOOL, DYEING, ACTIVE DYES, INFLUENCE OF MICROWAVE WAVES*

*The results of experimental researches of the influence of microwave exposure while dyeing wool on the degree of fixation of active dyes and tenacity of the yarn after dyeing are presented. The intensifying effect of electromagnetic waves on the microwave dyeing of wool fibers by periodic process was defined.*

*The aim of the research was the study of technology of wool fibers dyeing by the MICROWAVE waves. The comparative analysis of the results of dyeing by the classical technology and with the influence of MICROWAVE exposure was carried out. Classical technology allows achieving a high degree of dye fixation on the fiber, but the full technological cycle has a high duration. Using waves with super-high frequency with the power of 600 watts for 4–5 minutes while colouring wool fiber allows achieving a high degree of fixation of dye on the fiber while reducing the overall length of the process.*

В настоящее время особое внимание уделяется повышению качества продукции и улучшению эксплуатационных свойств текстильных изделий из шерстяных материалов. Создаются новые изделия из шерсти, обладающие уникальными свойствами, значительно облегчающими уход за изделиями в процессе эксплуатации. Современные шерстяные материалы должны обладать малоусадочностью, несвойлачиваемостью, высокой устойчивостью окрасок, что обеспечивает

возможность очистки этих материалов путем машинной стирки. Указанные свойства достигаются путем использования современных технологий, среди которых ресурсо- и энергосберегающей является СВЧ обработка. Необходимость получения окрасок, обладающих высокими колористическими показателями и устойчивых к машинной стирке, показывает целесообразность применения активных красителей для колорирования материалов, отвечающих современным

\* E-mail: yasinskaynn@rambler.ru (N.N. Yasinskaya)

требованиям.

Активные красители в настоящее время являются одними из самых перспективных, и их ассортимент быстро расширяется. Этот класс красителей сочетает чистоту и яркость оттенков, широту цветовой гаммы с высокой устойчивостью окрасок на шерстяных изделиях к мокрым обработкам, действию света и химчистки, поэтому их можно отнести к важнейшим классам в колорировании натуральных волокон [1]. Наряду со всеми достоинствами активных красителей следует отметить и их недостатки: относительно низкую выбираемость и недостаточно высокую степень фиксации ряда красителей, а также образование гидролизованной формы активного красителя, которая не фиксируется на волокне ковалентными химическими связями и легко вымывается из волокна. Одним из эффективных способов, обеспечивающих высокую степень извлечения активных красителей из красильных растворов, высокую степень ковалентной фиксации, высокую равномерность и устойчивость окраски шерстяного волокна при крашении активными красителями является применение диэлектрического нагрева для интенсификации процессов фиксации красителей волокнистым материалом [2,3].

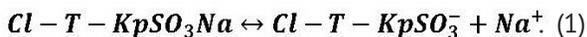
Целью работы является исследование влияния СВЧ воздействия при крашении шерстяного волокна и пряжи на степень фиксации активных красителей и на прочностные свойства пряжи после крашения.

Крашение шерстяного волокна в виде ленты активными красителями проводили периодическим способом по классической технологии (рисунок 1) и технологии, предусматривающей воздействие на волокнистый материал электромагнитной энергии СВЧ излучения (рисунок 2).

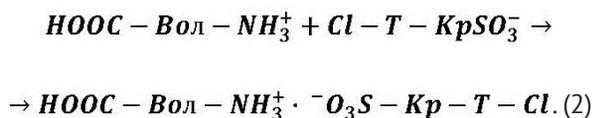
Красильный раствор состоял из следующих компонентов: активный краситель – 1 г/л; уксусная кислота (30 %) – 10 г/л; выравниватель – 10 г/л.

Крашение шерсти на начальной стадии проводили в кислой среде в присутствии уксусной кислоты при pH 4,5–6. Кератин шерсти при этом приобретает положительный заряд. Все активные красители, используемые для крашения шерсти, содержат в хромофорной системе сульфогруппы и, следовательно, являются натриевыми

ми солями сульфоорганических кислот. В воде они растворяются и диссоциируют на ионы:



Анионы красителя адсорбируются волокном и фиксируются с образованием солевой связи:

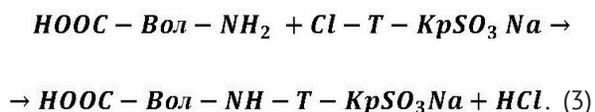


Энергия солевой связи активных красителей с белковыми волокнами невелика, что позволяет красителю в процессе крашения перераспределяться по волокну, обеспечивая равномерность окраски.

Реакция между волокном и красителем с образованием ковалентной связи протекает в нейтральной или слабощелочной среде, поскольку аминогруппы должны быть в неионизированном состоянии. За 10–15 мин до конца крашения в красильную ванну вводим раствор гидроксида аммония  $NH_4OH$  или соды до pH 8–8,5 и проводим кратковременную СВЧ обработку. При воздействии СВЧ излучения происходит закипание водного раствора красителя внутри волокна (эффект запаривания), что ускоряет диффузию красителя в волокно, кроме того, благодаря испарению воды, увеличивается концентрация красителя в растворе, заполняющем систему пор в волокнистом материале.

Сушка шерстяного волокна и фиксация активного красителя на волокне прочными ковалентными связями проводились в условиях СВЧ обработки.

Реакция образования ковалентной связи волокна с красителем идет по схеме



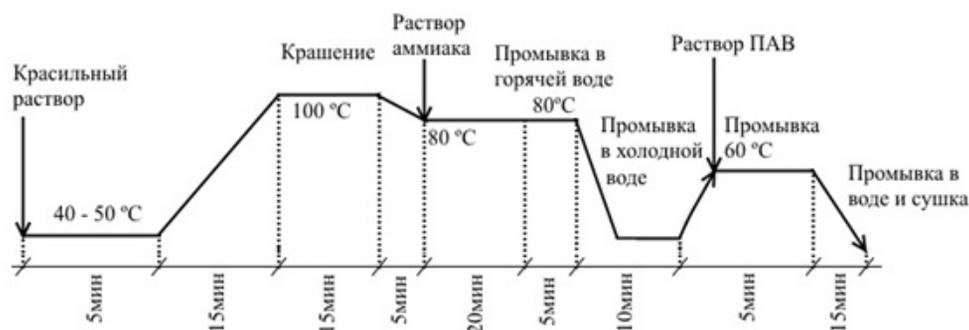


Рисунок 1 – Режим крашения шерстяной ленты по классической технологии

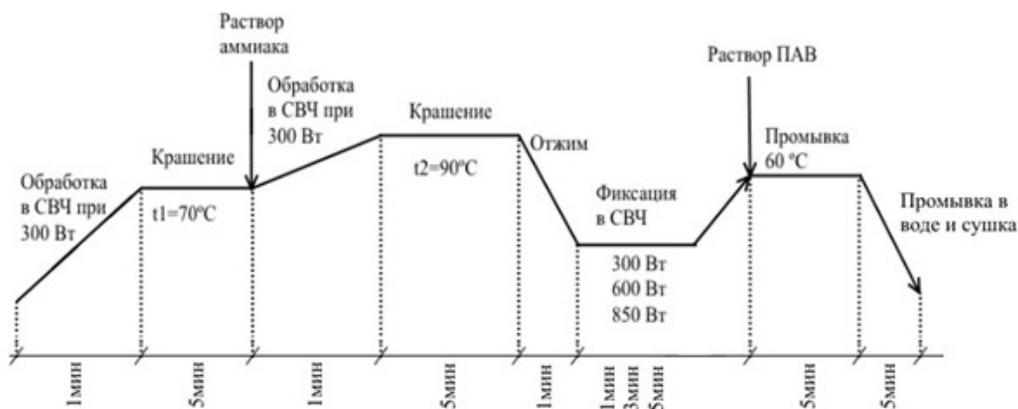


Рисунок 2 – Режим крашения шерстяной ленты в условиях СВЧ обработки

Таким образом, все основные стадии процесса крашения – диффузия красителя к поверхности волокна, сорбция красителя волокном, диффузия красителя внутри волокна и его фиксация – протекают в условиях воздействия электромагнитных волн СВЧ диапазона.

С целью исследования влияния режимов СВЧ обработки на интенсивность окрашивания и степень фиксации красителя проведен эксперимент, в котором варьируемыми факторами являлись продолжительность СВЧ обработки от 1 до 5 мин и мощность излучения – от 300 до 850 Вт. По результатам эксперимента проведена сравнительная оценка колористических показателей шерстяных волокон, окрашенных по классической технологии и с использованием предлагае-

мого способа СВЧ-фиксации.

Степень фиксации красителя определяли колориметрически на спектрофотометре КФ-К-2МП. Методика состояла из следующих этапов:

- определение содержания красителя в волокне после обработки в поле СВЧ;
- определение содержания красителя в волокне после промывки.

Окрашенный образец волокна разрезают на две части, одну часть оставляют до промывки, вторую промывают обычным способом и высушивают [1]. Взвешенные образцы измельчают и растворяют в растворе щелочи  $NaOH$  (3 %) при нагревании до 90 °C в течение 30 минут.

Степень фиксации СФ рассчитывают по следующей формуле, %:

$$C\Phi = \frac{D_{np}}{D_{исх}} \cdot 100 \quad (4)$$

где  $D_{np}$  – оптическая плотность раствора образца волокна после промывки;  $D_{исх}$  – оптическая плотность исходного раствора образца волокна после фиксации до промывки.

Результаты определения зависимости степени фиксации красителя на волокне от мощности СВЧ излучения и продолжительности обработки представлены на рисунке 3.

Как видно, с увеличением продолжительности обработки шерстяного волокна в условиях СВЧ нагрева повышается степень фиксации красителя на волокне и принимает максимальное значение за очень короткий промежуток времени: 3–4 мин, хотя волокно еще не высушено до кондиционной влажности. В классическом способе фиксации красителя максимальное значение фиксации можно получить только при полном высушивании волокна. С увеличением мощности СВЧ источника с 600 Вт до 850 Вт уменьшается степень фиксации красителя. Это связано с быстрым высушиванием волокна, краситель не полностью продиффундировал и зафиксировался в структуре волокна.

Согласно проведенному анализу установлено, что наилучшие условия обработки шерстяного волокна соответствуют мощности СВЧ ка-

меры 600 Вт и времени обработки 4–5 минуты. Крашение шерстяного волокна в этих условиях позволяет получить равномерные окраски с хорошей степенью фиксации, не уступающие качеству окраски, достигаемой по классической технологии (степень фиксации составляет 98,4 %). При этом равномерное повышение температуры по всему объему волокна позволило сократить общую продолжительность процесса с 60 мин до 10 мин.

При проведении процессов крашения шерсти волокно подвергается воздействию агрессивных сред при высокой температуре. Это неизбежно приводит к повреждению волокна и снижению его механической прочности. Поэтому эффективная технология колорирования шерстяного волокна должна быть ориентирована не только на достижение хороших колористических характеристик, но и на максимальное сохранение волокна от повреждения. В настоящей работе проведено исследование влияния процесса крашения по различным технологиям на прочностные свойства шерстяной пряжи. Результаты исследования представлены на рисунке 4.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что замена классического способа обработки на сверхвысокочастотное воздействие повышает прочностные свойства пряжи из окрашенного шерстяного волокна. При крашении в СВЧ поле

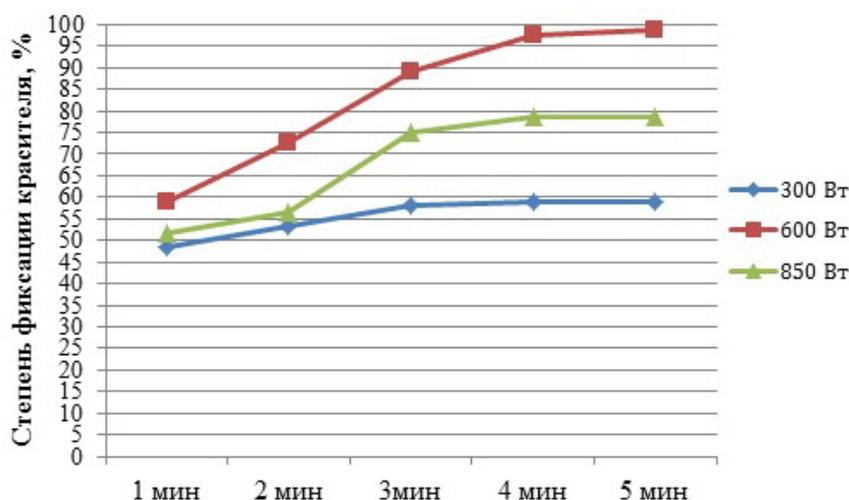


Рисунок 3 – Графическая зависимость степени фиксации красителя от продолжительности СВЧ обработки при фиксированном значении мощности 300 Вт, 600 Вт, 850 Вт



Рисунок 4 – Относительная разрывная нагрузка и коэффициент вариации по разрывной нагрузке шерстяной пряжи

содержащийся в волокне водный раствор красителя быстро нагревается до температуры кипения, в результате интенсивного парообразования обеспечивается эффективное запаривание пряжи [4]. Создаются условия для релаксации внутренних напряжений в волокнистом материале, что обеспечивает улучшение прочностных показателей. Кроме того, исключается повреждение волокна за счет перегрева, так как количество энергии, поглощаемой волокном, пропорционально влагосодержанию, и нагрев прекращается при полном испарении влаги из волокна.

#### ВЫВОДЫ

В результате экспериментальных исследований установлено, что замена классического способа крашения шерстяного волокна активными красителями на крашение в условиях воздействия электромагнитных волн СВЧ диапазона позволяет улучшить колористические свойства волокна и прочностные показатели пряжи, а также снизить общую продолжительность процесса за счет интенсифицирующего действия СВЧ волн. Оптимальные условия обработки шерстяного волокна соответствуют мощности СВЧ камеры 600 Вт и времени обработки 4–5 минуты. Крашение шерстяного волокна в этих условиях позволяет получить равномерные окраски с хорошей степенью фиксации, не уступающие качеству окраски, достигаемой по классической технологии.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кричевский, Г.Е. (2000), Химическая технология текстильных материалов, Москва, Т.2, 539 с.
2. Побединский, В. С. (2004), Активирование процессов отделки текстильных материалов энергией электромагнитных волн ВЧ, СВЧ и УФ диапазонов, Иваново, 128 с.
3. Никифоров, А.Л. (2004) Использование энергии электромагнитных колебаний для интенсификации химико-текстильных процессов и создания на их основе энерго- и ресурсосберегающих технологий, Автореф. дис. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук, Иваново, 34 с.
4. Бизюк, А.Н., Жерносек, С.В., Ясинская, Н.Н., Ольшанский, В.И. (2013), Влияние СВЧ-излучения на физико-механические свойства текстильных материалов, *Известия вузов. Технология легкой промышленности*, 2013, № 2, С. 16-19.

## REFERENCES

1. Krichevskij, G.E.(2000) Himicheskaja tehnologija tekstil'nyh materialov [The chemical technology of textile materials], Moscow, V.2, 539p.
2. Pobedinskij, V.S. (2000) Aktivirovanie processov otdelki tekstil'nyh materialov jenergiej jelektromagnitnyh voln VCh, SVCh i UF diapazonov [Activation of textile finishing by energy of high frequency electromagnetic waves, microwave and ultraviolet ranges], Ivanovo, IHR RAN Publ, 128 p.
3. Nikiforov, A.L. (2004) Using the energy of electromagnetic fluctuations for an intensification of chemical and textile processes and creation on their basis of energy- and resource-saving technologies [Ispol'zovanie jenerгии jelektromagnitnyh kolebanij dlja intensifikacii himiko-tekstil'nyh processov i sozdanija na ih osnove jenergo- i resursosberegajushhih tehnologij], Avtoref. dis. na soisk. uch. step. doct.tehn. nauk, Ivanovo, 2004. 34 p.
4. Bizjuk, A.N., Zhernosek, S.V., Jasinskaja, N.N., Ol'shanskij, V.I. (2013) Effect of microwave radiation on the physical properties of textile materials [Vlijanie SVCh-izluchenija na fiziko-mehaničeskie svojstva tekstil'nyh materialov], *Izvestija vuzov. Tehnologija legkoj promyshlennosti - The News of higher educational institution. Technology of Light Industry*, 2013, №2, pp.16-19.

Статья поступила в редакцию 01. 11. 2016 г.