

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА



УДК 677.017.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ

С.В. Жерносек, В.И. Ольшанский

*Витебский государственный технологический университет
(г. Витебск, Республика Беларусь), E-mail: tiomp@vstu.by*

Аннотация. Композиционные текстильные материалы (далее КТМ) декоративно-отделочного назначения в качестве армирующей матричной основы используют текстильные ткани. Структура материала образуется в результате импрегнирования (или пропитывания) текстильной основы с помощью полимерной композиции, которая выступает в роли наполнителя. Известно, что для повышения качества таких материалов необходимо улучшить эффективность взаимодействия компонентов «тканая основа – наполнитель» и обеспечить равномерное распределение полимера в структуре готового материала, что возможно в результате применения ИК и СВЧ-излучения. В работе представлены результаты экспериментальных исследований показателей качества композиционных текстильных материалов, полученных способом импрегнирования текстильной основы полимерной композицией в условиях воздействия СВЧ-излучения; проанализированы зависимости показателей физико-механических свойств полученных материалов от основных режимов СВЧ-обработки. Приведены зависимости показателей качества, позволяющие прогнозировать изменение потребительских свойств композиционных текстильных материалов при использовании различных способов импрегнирования.

Ключевые слова: текстильные композиционные материалы, импрегнирование, структура, электромагнитные волны СВЧ, физико-механические свойства, показатели качества.

ВВЕДЕНИЕ

Композиционные текстильные материалы (далее КТМ) обладают широким диапазоном функциональных характеристик, благодаря чему нашли применение при изготовлении декоративно-отделочных материалов: настенных покрытий, жалюзи, декоративных панелей и др. [1–3]. Технология формирования таких материалов заключается в импрегнировании (пропитывании) армирующей текстильной основы раствором полимерной композиции (далее ПК), выступающей в роли наполнителя, с последующей термофиксацией и сушкой [1, 2]. Состав и концентрация наполнителя выбираются в зависимости от требуемых характеристик и области применения материала. Эффективность процесса импрегнирования определяет качество готового материала, что

существенно зависит от большого числа внешних факторов: состава и физико-характеристики текстильной основы, состава и концентрации полимерного раствора, температуры, давления, продолжительности процесса и др. [3].

Одним из наиболее эффективных способов повышения эффективности тепломассообменных процессов в текстильной промышленности является организация комбинированного энергетического воздействия с использованием электромагнитных волн [4]. Воздействие электромагнитных волн вызывает изменение надмолекулярной структуры полимера, что обусловлено изменением степени ориентации макроэлементов, поперечные размеры которых могут в зависимости от времени обработки и мощности СВЧ-излучения как увеличиваться, так и уменьшаться. Изменения надмолекулярной структуры элементарных волокон оказывают влияние на показатели качества полученных материалов: протекающие при СВЧ-обработке релаксационные процессы в надмолекулярной структуре волокна могут вызывать значительное изменение физико-механических свойств полученных композитов [5–11].

Целью работы является исследование структуры композиционных текстильных материалов, полученных в результате импрегнирования текстильной основы в условиях воздействия СВЧ-излучения, анализ равномерности распределения полимерного наполнителя в волокнистой структуре, оценка показателей физико-механических свойств полученных материалов.

В качестве объекта исследований рассмотрены структурные и физико-механические показатели качества композиционных текстильных материалов. Высокий уровень показателей качества композиционных текстильных материалов может быть обеспечен равномерным распределением полимерной композиции в структуре тканой основы в результате качественной термофиксации и эффективного удаления влаги в процессе сушки [1].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для анализа показателей физико-механических свойств КТМ исследована технология импрегнирования с применением инфракрасного (ИК) и сверх-высокочастотного (СВЧ) излучения. В работе рассмотрены материалы, полученные способом импрегнирования льнохлопковых тканей арт. 10С–768–ШР (поверхностная плотность 380 г/м²) с применением раствора полимерной композиции – водной дисперсии стирол-акрилата «Appretan № 9616» (фирма «Clariant»), применяемой для обеспечения жесткости и каркасности. С использованием инвертированного микроскопа МИ-1 выполнены экспериментальные исследования микроструктуры материалов после импрегнирования с целью подтверждения полученных выводов и закономерностей об эффективности применения СВЧ-нагрева.

Этапы подготовки образцов описаны в табл. 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

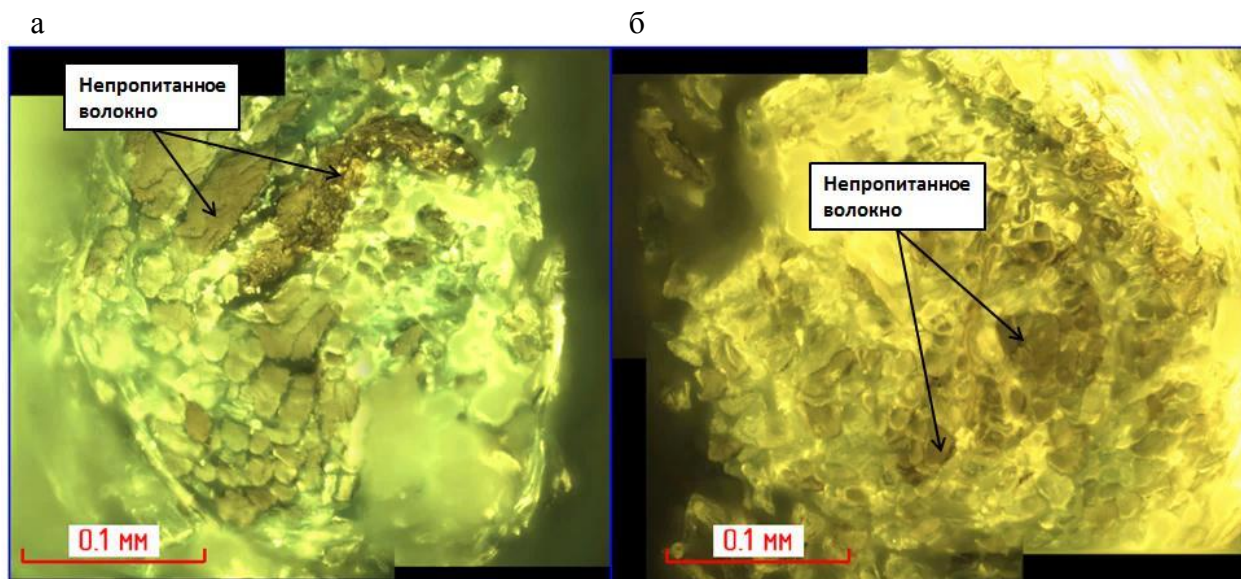
На рисунке представлены снимки срезов материалов, полученных с использованием ИК-обработки и СВЧ-обработки при 50-кратном увеличении.

Таблица 1. Методика подготовки экспериментальных образцов

ИК-метод обработки	СВЧ-метод обработки
Импрегнирование: концентрация ПК 300 г/л, начальная температура ПК – 20°C	
Мощность 1 000 Вт; продолжительность 15 мин	Мощность 450 Вт; продолжительность 2 мин
Отжим: влажностное содержание 85–90 %	
Термофиксация и сушка	
Термофиксация (температура 160°C; продолжительность 30 с); сушка при температуре 120°C (1 000 Вт); продолжительность 5 мин	Совмещенная термофиксация и сушка (мощность 1 000 Вт; продолжительность 2 мин)

Представленные результаты позволяют визуально оценить и сравнить степень заполнения пористой волокнистой структуры тканой основы после ИК-обработки и СВЧ-обработки [1].

В результате анализа полученных изображений срезов было отмечено, что в условиях ИК-нагрева (рисунок а) ПК фиксируется в виде чешуйчатой структуры на поверхности волокна, неравномерно проникая в структуру материала. При использовании СВЧ-нагрева (рисунок б) происходит более полная и равномерная миграция полимера в волокнистую структуру материала.



Микрофотографии структуры КТМ:
а – импрегнирование в условиях ИК-нагрева;
б – импрегнирование с использованием СВЧ-излучения

Установленные закономерности можно объяснить рядом сопутствующих явлений и процессов, протекающих в структуре материала. Фиксация ПК целлюлозным волокном в процессе диэлектрического нагрева осуществляется за счет присутствия в волокне полярного соединения, которое лучше поглощает электромагнитную энергию СВЧ-диапазона и обеспечивает более эффективный разогрев материала до температуры кипения полярного вещества, что вызывает значительное снижение вязкости. В нашем случае таким реагентом является органический растворитель (вода), который пластифицирует полимерную композицию и обеспечивает эффективный разогрев волокна и его пропитку при температуре 100°C [1]. Установлено, что при СВЧ-нагреве происходит максимальное снижение давления в порах материала на момент начала процесса пропитывания и значительно увеличивается диффузионная проницаемость целлюлозных материалов [2, 5, 11, 14, 15].

При воздействии на полимерные материалы электромагнитного излучения СВЧ-диапазона происходит поляризация целлюлозных волокон, это приводит к повышению гибкости макромолекулярных цепей [11]. С увеличением подвижности сегментов полимерной цепи происходит разрушение существующих связей между макромолекулами водородных и образование новых в энергетически более выгодном состоянии. Вследствие этого в целлюлозном материале под действием СВЧ-излучения происходит релаксация внутренних напряжений, что сопровождается переходом полимера в более равновесное состояние – в аморфных областях волокна суммарная энергия межмолекулярного взаимодействия возрастает, и устойчивость ткани к физико-механическим воздействиям повышается.

Кроме того, действие электромагнитного поля вызывает в надмолекулярной структуре волокна процесс разукрупнения кристаллических образований, сопровождающийся увеличением подвижности макромолекул. В результате происходит перераспределение нагрузки между отдельными структурными элементами. Упрочнение волокна возможно также за счет изменения его молекулярной структуры и образования некоторого количества прочных ковалентных связей между соседними макромолекулами целлюлозы [1, 5, 8].

Для количественного подтверждения установленных закономерностей выполнен анализ изменения физико-механических свойств КТМ: износостойкости, разрывной нагрузки, разрывного удлинения и жесткости. Испытания материалов на износостойкость (стойкость к истиранию по плоскости) проведены в соответствии с ГОСТ 18976–73 с использованием прибора ДИТ-2М. Разрывная нагрузка и разрывное удлинение материалов исследовались на разрывной машине типа WDW-20E в соответствии с ГОСТ 3813–72 (СТ. СЭВ 2675–80), ГОСТ 16218.5–93, ISO 13934. Жесткость полученных материалов при различных способах формирования определялась методом кольца на приборе ПЖУ–12 М в соответствии с ГОСТ 8977–74, ГОСТ 10550–93 (ГОСТ Р 55826–2013).

В табл. 2 приведены результаты экспериментального исследования показателей физико-механических свойств КТМ, полученных при различных концентрациях ПК. Представленные результаты экспериментальных исследований физико-механических свойств подтверждают установленные закономерности, описывающие эффективность заполнения капиллярной пористой структуры раствором ПК при обработке в ИК и СВЧ-излучения.

Таблица 2. Изменение физико-механических свойств КТМ при импрегнировании с использованием ИК и СВЧ-излучения

Наименование показателя	Воздействие ИК-излучения	Воздействие СВЧ-излучения
Износостойкость по ГОСТ 18976	$N_{ИК} = 0,271C^2 - 11,1C + 6\,266$	$N_{СВЧ} = 0,638C^2 - 51,8C + 7\,009$
Разрывная нагрузка по ГОСТ 3813	По основе $P_p = 0,0001C + 0,35$. По утку $P_p = 0,0002C + 0,38$	По основе $P_p = 0,0001C + 0,36$. По утку $P_p = 0,0004C + 0,37$
Разрывное удлинение по ГОСТ 3813	По основе $\varepsilon_{ИК} = 0,004C + 10,0$. По утку $\varepsilon_{ИК} = 0,005C + 10,4$	По основе $\varepsilon_{СВЧ} = 0,007C + 10,0$. По утку $\varepsilon_{СВЧ} = 0,009C + 10,8$
Жесткость по ГОСТ 8977	В продольном $J_{ИК} = 0,067C + 7,09$. В поперечном направлении $J_{ИК} = 0,054C + 7,16$	В продольном $J_{СВЧ} = 0,134C + 7,29$. В поперечном направлении $J_{СВЧ} = 0,114C + 7,53$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлены результаты экспериментальных исследований показателей качества композиционных текстильных материалов, полученных способом импрегнирования тканой основы раствором полимерной композиции. Установлено, что в результате воздействия электромагнитных волн СВЧ-диапазона наблюдается более равномерное распределение полимерной композиции в волокнистой структуре, способствующее формированию однородного по составу материала. Применение СВЧ-нагрева оказывает положительное комплексное влияние на изменение качественных и физико-механических характеристик полученных материалов, что способствует повышению износостойкости на 70–78 %; разрывной нагрузки и разрывного удлинения – на 10–14 %; жесткости – на 74–78 %. Приведенные результаты анализа физико-механических свойств композиционных текстильных материалов могут быть использованы для прогнозирования показателей качества композиционных текстильных материалов на этапе проектирования изделий декоративно-отделочного назначения с учетом конкретной области применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жерносек С.В. Формирование свойств композиционных текстильных материалов в условиях инфракрасного и сверхвысокочастотного излучения: дис. ... канд. техн. наук. Витебск, 2016. 228 с.
2. Мурычева В.В. Технология композиционных текстильных материалов способом импрегнирования: дис. ... канд. техн. наук. Витебск, 2014. 214 с.
3. Ясинская Н.Н., Ольшанский В.И., Коган А.Г. Композиционные текстильные материалы. Витебск: УО «ВГТУ», 2015. 299 с.
4. Марущак А.С., Жерносек С.В., Ольшанский В.И. Перспективы применения акустических колебаний ультразвукового диапазона в процессах сушки текстильных материалов // *Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности:*

Материалы докладов международной научно-технической конференции, посвященной году науки. Витебск: УО «ВГТУ», 2017. С. 63–66.

5. Побединский В.С. Активирование процессов отделки текстильных материалов энергией электромагнитных волн ВЧ, СВЧ и УФ диапазонов. Иваново: ИХР РАН, 2000. 128 с.
6. Ольшанский А.И., Ольшанский В.И., Жерносек С.В. Исследование СВЧ сушки тканей // *Вестник Витебского государственного технологического университета.* 2013. Вып. 24. С. 55–65.
7. Бизюк А.Н., Жерносек С.В., Ольшанский В.И., Ясинская Н.Н. Исследование влияния СВЧ-излучения на показатели качества тканых полотен // *Известия вузов. Технология текстильной промышленности.* 2014. № 2 (350). С. 17–20.
8. Шубина Е.В. Использование энергии электромагнитных колебаний высокой частоты при придании текстильным материалам эффекта малосминаемости: дис. ... канд. техн. наук. Иваново, 2003. 125 с.
9. Бизюк А.Н., Жерносек С.В., Ольшанский В.И., Ясинская Н.Н. Оптимизация технологического процесса формирования текстильных композиционных материалов в условиях воздействия электромагнитных волн СВЧ- и ИК-диапазона // *Химическая технология.* 2015. Т. 16. № 1. С. 6–12.
10. Ольшанский А.И., Ольшанский В.И., Жерносек С.В. Исследование влагообмена при сушке натуральных тканей в электромагнитном поле сверхвысокой частоты // *Инженерно-физический журнал.* 2014. Т. 86. № 5. С. 1041–1048.
11. Циркина О.Г. Теоретическое и экспериментальное обоснование повышения эффективности технологий отделки текстиля с использованием поля токов высокой частоты: дис. ... докт. техн. наук. Иваново, 2015. 416 с.
12. Бизюк А.Н., Жерносек С.В., Ольшанский В.И., Ясинская Н.Н. Влияние СВЧ-излучения на физико-механические свойства текстильных материалов // *Известия вузов. Технология легкой промышленности.* 2013. Т. 20. № 2. С. 16–19.
13. Никифоров А.Л. Использование энергии электромагнитных колебаний для интенсификации химико-текстильных процессов и создания на их основе энерго- и ресурсосберегающих технологий: дис. ... докт. техн. наук. Иваново, 2004. 398 с.
14. Бизюк А.Н., Жерносек С.В., Ольшанский В.И., Ясинская Н.Н. Исследование пропитки текстильных материалов в поле СВЧ-излучения // *Вестник Витебского государственного технологического университета.* 2014. Вып. 26. С. 21–28.
15. Бизюк А.Н., Жерносек С.В., Ольшанский В.И., Ясинская Н.Н. Моделирование процесса пропитки текстильных материалов под действием СВЧ-излучения // *Известия вузов. Технология легкой промышленности.* 2014. Т. 23. № 1. С. 16–18.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ЖЕРНОСЕК Сергей Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования машиностроительного производства, УО «Витебский государственный технологический университет» (УО «ВГТУ»), 210035, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр., 72.

ОЛЬШАНСКИЙ Валерий Иосифович – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и оборудования машиностроительного производства, УО «Витебский государственный технологический университет» (УО «ВГТУ»), 210035, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр., 72.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Жерносек С.В., Ольшанский В.И. Исследование показателей качества композиционных текстильных материалов в условиях воздействия СВЧ-излучения // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2019. № 1 (1). С. 7–14.

UDK 677.017.4**STUDY OF QUALITY INDICATORS COMPOSITE TEXTILE MATERIALS
UNDER INFLUENCE MICROWAVE RADIATION****S.V. Zhernosek, V.I. Ol'shanskii**

*Vitebsk State Technological University
(Vitebsk, Belarus), E-mail: tiomp@vstu.by*

Abstract. Composite textile materials, which have a decorative and finishing purpose, use textile fabrics as their reinforcing matrix base. The structure of such a material is formed as a result of the impregnation of a textile base using a polymer composition that is used as a filler. It is known that, in order to improve the quality of such materials, it is necessary to improve the efficiency of interaction between the woven base-filler components and ensure uniform distribution of the polymer in the structure of the finished material. To do this, effectively apply IR and microwave radiation. The paper presents the results of experimental studies of the quality indicators of composite textile materials obtained by impregnating a textile base with a polymer composition under conditions of exposure to microwave radiation. The dependences of the physicomechanical properties of the obtained materials on the main modes of microwave processing are analyzed. The authors presented the dependencies of quality indicators, allowing to predict changes in consumer properties of composite textile materials when using various methods of impregnation.

Keywords: textile composite materials, impregnation, structure, electromagnetic waves, microwave, physical and mechanical properties, quality indicators.

REFERENCES

1. Zhernosek S.V. Formation of properties of composite textile materials under infrared and microwave radiation. Cand. Diss. (Engineering). Vitebsk, 2016. 25 p.
2. Murycheva V.V. Technology of composite textile materials impregnation method. Cand. Diss. (Engineering). Vitebsk. 2014. 214 p. (In Russian).
3. Yasinskaya N.N. The composite textile materials [Kompozicionnye tekstil'nye materialy]. Vitebsk. 2015. 299 p.
4. Marushchak A.S., Zhernosek S.V., Olshansky V.I. Prospects of application of acoustic oscillations of ultrasound range in drying textile materials. *Innovative technologies in textile and light industry*. Vitebsk. 2017. pp. 63–66.
5. Pobedinskij V.S. Activation of textile finishing by energy of high frequency electromagnetic waves, microwave and ultraviolet ranges [Aktivirovanie processov otdelki tekstil'nyh materialov jenergiej jelektromagnitnyh voln VCh, SVCh i UF diapazonov]. Ivanovo. 128 p.

6. Ol'shanskii A.I., Ol'shanskii V.I., Zhernosek S.V. Investigation of microwave drying of fabrics. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta*. 2013. pp. 55–65. (In Russian).
7. Bizjuk A.N., Zhernosek S.V., Alshanski V.I., Yasinskaja N.N. Investigation of the effect of microwave radiation on the parameters of quality woven. *Izvestija vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti*. No. 2(350). 2014. pp. 17–20. (In Russian).
8. Shubina E.V. The use of electromagnetic energy of high frequency oscillation imparting textile materials at low wrinkling effect. Cand. Diss. (Engineering). Ivanovo. 2003. 125 p. (In Russian).
9. Biziuk A.N., Zhernosek S.V., Yasinskaya N.N., Alshanski V.I. Optimization of the technological process of formation of textile composite materials under the influence of electromagnetic waves in the microwave and infrared range, *Chemical Technology*. 2015. Vol. 16. No. 1. pp. 6–12 (In Russian).
10. Ol'shanskii A.I., Ol'shanskii V.I., Zhernosek S.V. Moisture exchange in drying natural fabrics in a microwave electromagnetic field. *Inzhenerno-fizicheskij zhurnal*. 2014. Vol. 86. pp. 1041–1048 (In Russian).
11. Cirkina O.G. Theoretical and experimental basis technologies improve efficiency finishing textiles using high-frequency currents field. Doct. Diss. (Engineering). Ivanovo. 2015. 416 p. (In Russian).
12. Bizjuk A.N., Zhernosek S.V., Jasinskaja N.N., Ol'shanskij V.I. Effect of microwave radiation on the physical properties of textile materials. *Izvestija vuzov. Tehnologija legkoj promyshlennosti*. 2013. No. 2. pp.16–19. (In Russian).
13. Nikiforov A.L. 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. Doct. Diss. (Engineering). Ivanovo. 2004. 398 p. (In Russian).
14. Biziuk A.N., Zhernosek S.V., Ol'shanskii V.I., Yasinskaya N.N. Study of impregnation of textile materials in the field of microwave radiation [Issledovanie propitki tekstil'nyh materialov v pole SVCh izluchenija], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta*. 2014. pp. 21–28. (In Russian).
15. Biziuk A.N., Zhernosek S.V., Ol'shanskii V.I., Yasinskaya N.N. Modeling of impregnation of textile materials under the influence of microwave radiation. *Izvestija vuzov. Tehnologija legkoj promyshlennosti*. 2014. No. 1. pp.16–18. (In Russian).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ZHERNOSEK Sergej Vasil'evich – Ph.D. of engineering sciences, associate professor of the department, Vitebsk State Technological University, 72, Moskovsky avenue, Vitebsk, 210035, Belarus.

OL'SHANSKII Valerii Iosifovich – Ph.D. of engineering sciences, professor of department, head of the department of technology and equipment of machine-building production, Vitebsk State Technological University, 72, Moskovsky avenue, Vitebsk, 210035, Belarus.

CITATION FOR AN ARTICLE

Zhernosek S.V., Ol'shanskii V.I. Study of quality indicators composite textile materials under influence microwave radiation // Vestnik of Tver state technical university. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2019. No. 1 (1). pp. 7–14.