

УДК 677.076.4:677.017.63

Н. В. Скобова

Витебский государственный технологический университет
210035, г. Витебск, Московский пр., 72

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ПРОПИТКИ НА ГИДРОФИЛЬНЫЕ СВОЙСТВА НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА

© Н. В. Скобова, 2017

Статья посвящена исследованию процесса пропитки термоскрепленного полипропиленового нетканого материала в ультразвуковой ванне. В ходе проведенных исследований определены оптимальные режимные параметры работы ультразвуковой ванны и концентрации гидрофильной добавки, обеспечивающие получение нетканого материала с высокими гидрофильными свойствами ■

Ключевые слова ■ нетканый материал, спанбонд, гидрофильные свойства, ультразвуковая пропитка

Применение высоких технологий для обеспечения комфорта человека не могло не отразиться на производстве средств личной гигиены. Эта область потребления нетканых материалов, произведенных по технологиям «спанбонд», «сельтблаун», «спанлэйс» является одной из самых больших. В развитых странах использование нетканых материалов в медицинской индустрии достигает 50–60% от общего объема их производства.

Нетканые композитные материалы на основе материалов, произведенных по технологии «Спанбонд», обладают набором свойств, являющиеся незаменимыми при производстве средств гигиены: высокая прочность при низких плотностях, равномерное распределение волокон, мягкость, стойкость к различным средам, возможность дополнительной обработки или пропитки. Относительно низкая стоимость нетканого материала позволяет в значительной степени снижать цену на готовую гигиеническую продукцию.

Применение спанбонда для гигиенических целей обуславливается его разнообразными функциональными свойствами, которые придаются материалу за счет введения специальных добавок: гидрофильных, противобактериальных и др. [1, 2].

В Республике Беларусь единственным производителем нетканых материалов по технологии «Спанбонд» является ОАО «Светлогорск-Химволокно». На территории производственного объединения установлена линия мощностью 8 тыс. тонн в год по производству термо- и гидроскрепленного полипропиленового нетканого полотна шириной до 3,2 м поверхностной плотностью 10–150 г/м² [3].

Объектом исследования является процесс пропитки полипропиленового термоскрепленного нетканого материала гигиенического назначения в ультразвуковой ванне. Нетканый материал имеет поверхностную плотность 17 г/м², произведен методом экструзии, используется в качестве верхнего слоя при изготовле-

нии женских прокладок и детских подгузников. В качестве аппрета применялась гидрофильная добавка DURON

Целью работы являлось исследование влияния пропитки нетканого материала в ультразвуковой ванне на гидрофильные свойства материала, в получении математических зависимостей свойств нетканого материала и режимных параметров процесса пропитки.

Для пропитки нетканого материала использовалась ультразвуковая ванна «Сапфир» УЗВ-1,3/2 ЗАО НПО «Техноком». Режимные параметры ванны позволяют варьировать температуру раствора, мощность УЗ волны, частота колебаний волны поддерживается на постоянном уровне 35 кГц. Обрабатываемый нетканый материал помещался в раствор для пропитки, в котором возбуждают ультразвуковые колебания. Изделие выдерживают в пропитывающей жидкости под действием ультразвука в течение 2 мин. Время обработки выбрано по результатам предварительного эксперимента, режим работы излучателей контролируется кавитометром.

Проведен эксперимент по матрице Бокса B_3 с тремя входными факторами, варьируемыми на трех уровнях. В таблице 1 представлены уровни варьирования выбранных входных факторов. Каждый опыт имел две повторности.

Оценка качества пропитки нетканого материала проводилась по двум свойствам: время прохождения жидкости через материал (с), возврат жидкости (г).

Методика испытаний. Время прохождения жидкости. Приготавливают стандартную впитывающую прокладку (100x100 мм), которая состоит из пяти слоев фильтровальной бумаги, уложенной гладкой поверхностью вверх. Элементарную пробу размером 125x125 мм помещают на стандартную впитывающую прокладку, а затем на базовую пластинку. Проточную пластину размещают так, чтобы центр пластинки совпал с центром образца. Раструб размещают в центре пластины таким образом, чтобы он находился на высоте 30 мм от образ-

Таблица 1. Уровни варьирования входных факторов

Параметры	Уровни варьирования					
	Натуральные значения			Кодированные значения		
Концентрация аппретирующего раствора, % — X_1	5	7.5	10	-1	0	+1
Мощность ультразвуковой волны, Вт — X_2	20	60	100	-1	0	+1
Температура аппретирующего раствора в ванне, °С — X_3	20	32	44	-1	0	+1

Таблица 2. Оценка значимости разработанных моделей

Эффект (Effect)	Сумма квадратов отклонений регрессий (SumofSquares)	Критерий Фишера (F-value)	Уровень значимости (p-value)
Регрессия для модели (3)	17,48795	488,4902	0,000000
Регрессия для модели (4)	0,253375	583,4276	0,000000

ца. Бюретку или пипетку наполняют искусственной мочой и выпускают 5 см жидкости в раструб. Открывают магнитный клапан раструба и считывают время прохождения жидкости через элементарную пробу с цифрового табло прибора. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение всех полученных результатов, округленное до десятичного знака.

Возврат жидкости. Подготавливают нижнюю впитывающую прокладку, которая состоит из 3-х слоев фильтровальной бумаги размером (100x100) мм. Сложенной гладкой стороной вверх. Прокладку взвешивают с точностью до 0,01 г. Определяют требуемый объем искусственной мочи V , мл, по формуле (1). Подготавливают верхнюю впитывающую прокладку, которая состоит из двух слоев фильтровальной бумаги размером 100x100 мм и взвешивают ее с точностью до 0,01 г. Нижнюю впитывающую прокладку помещают на базовую пластину гладкой стороной вверх. На нее укладывают испытуемый образец размером 125x125 мм. Сверху помещают проточную пластину так, чтобы центр пластины совпадал с центром образца. Искусственную мочу постепенно через раструб выливают на проточную пластину. После того как вся жидкость впитывается прокладкой, осторожно убирают проточную пластину и на образец аккуратно помещают стандартный груз.

Через 3 мин стандартный груз осторожно убирают и груз насухо вытирают. На образец помещают верхнюю впитывающую прокладку шероховатой стороной вверх и прижимают ее стандартным грузом. Через 2 мин стандартный груз удаляют. Верхнюю прокладку взвешивают с точностью до 0,01 г. Возврат жидкости B , г, рассчитывают по формуле (2).

$$V = FB_1, \quad (1)$$

где F — «фактор нагрузки» фильтровальной бумаги, указываемый в маркировочном ярлыке на бумаге; B_1 — масса нижней впитывающей прокладки, г.

$$B = B_3 - B_2, \quad (2)$$

где B_3 и B_2 — масса верхней впитывающей прокладки до и после испытания.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение всех результатов испытаний, округленное до 0,01 г.

После обработки экспериментальных данных получены статистически значимые математические

модели зависимости гидрофильных свойств нетканого материала (Y_1 — время прохождения жидкости, с; Y_2 — возврат жидкости, г) от концентрации аппретирующего раствора и режимных параметров процесса пропитки в условиях воздействия УЗ-волны:

$$Y_1 = 1,005 - 0,17X_1 - 0,068X_2 - 0,2065X_1X_3 - 0,058X_2X_3 \quad (3)$$

$$+ 0,131X_2^2 + 0,179X_1X_2^2 - 0,093X_1X_2X_3,$$

$$Y_2 = 0,132 + 0,01X_1 + 0,0299X_2 - 0,006X_3 + 0,0062X_1X_2 - 0,0238X_2X_3 - 0,0237X_1^2X_2 - 0,00879X_1X_2X_3. \quad (4)$$

Оценка значимости разработанных моделей подтверждена проведенным дисперсионным анализом. В таблице 2 для каждого уравнения показана сумма квадратов отклонений регрессии, критерий Фишера (F-value), значение которого для всех рассмотренных моделей значительно больше табличного при уровне значимости $p < 0,05$, что указывает на достоверность разработанных моделей.

Анализ полученных зависимостей (3, 4) показывает, что температура аппретирующего раствора слабо влияет на гидрофильные свойства материала. Поэтому построение графических откликов по разработанным моделям проводим при фиксированном значении фактора X_3 на разных уровнях. На рисунках 1 и 2 представлены поверхности отклика зависимости время прохождения жидкости через материал и возврата жидкости от варьируемых факторов (X_1 и X_2) при фиксированном на трех уровнях значении фактора X_3 . Как видно из полученных образов, минимальное время прохождения жидкости возможно при концентрации раствора 7–9% и мощности УЗ волны — 20–40 Вт; минимальный возврат жидкости обеспечен при концентрации раствора 7,5% и мощности УЗ волны — 20–60 Вт.

Для выявления области компромиссных решений при любых значениях фактора X_3 установим ограничения на выходные параметры и проведем совмещение построенных графических зависимостей (рис. 1, 2).

Согласно нормативным параметрам время прохождения жидкости должно быть не более 5 секунд, возврат жидкости — не более 5 грамм. Полученные

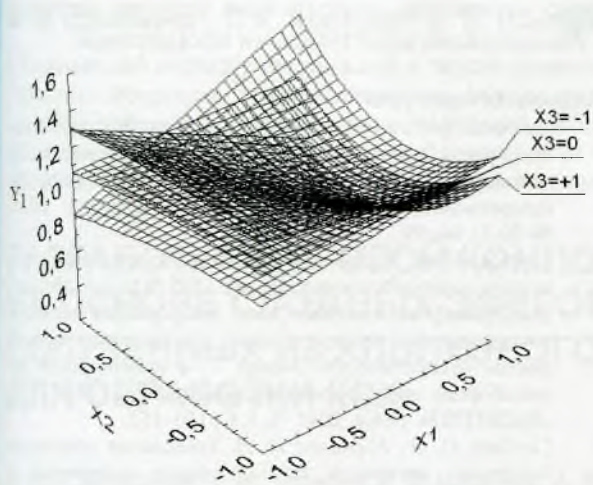


Рис. 1. Графическая зависимость времени прохождения жидкости (Y1) от концентрации раствора (X1) и мощности УЗ-волны (X2) при фиксированном значении фактора X3

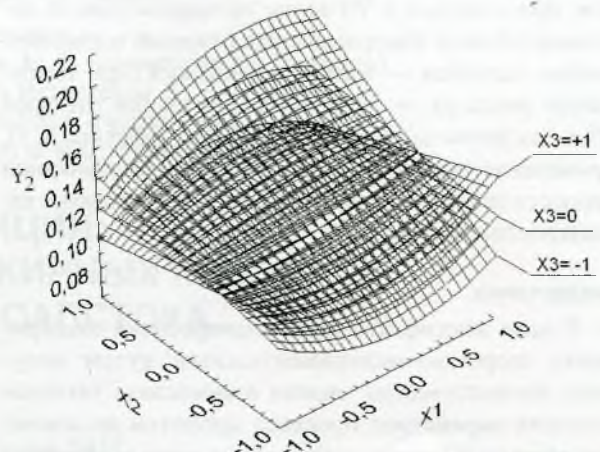


Рис. 2. Графическая зависимость возврата жидкости (Y2) от концентрации раствора (X1) и мощности УЗ-волны (X2) при фиксированном на трех уровнях значении фактора X3



Рис. 3. Совмещенный график линий равного уровня

результаты эксперимента показывают, что выходные параметры значительно ниже допустимых пределов, что отражает высокую эффективность ультразвуковой пропитки, обусловленную глубоким и относительно быстрым проникновением гидрофильной добавки в структуру нетканого материала за счет увеличения скорости движения жидкости по слоям и вибрации слоев материала.

Для определения рациональных параметров настройки технологического оборудования и концентрации наносимого аппрета были выбраны более жесткие требования по указанным параметрам, взятые по базовому варианту нетканого материала, обработанного аддитивной добавкой методом плюсовки: время прохождения жидкости не более 1,3 с (базовый вариант — 1,8 с), возврат жидкости не более 0,12 г (базовый вариант — 0,12 г).

Совмещенный график представлен на рисунке 3.

На совмещенном графике выявлена область компромиссных решений (заштрихованная зона), согласно которой для получения нетканых материалов с минимально возможными временем прохождения жидкости и возврата жидкости требуется использовать раствор



Рис. 4. Сравнительный анализ гидрофильных свойств образцов нетканых материалов



Рис. 5. Сравнительный анализ физико-механических свойств образцов нетканых материалов

гидрофильной добавки с концентрацией 6,5–7,5%, устанавливать мощность ультразвуковой волны — 30 Вт, температуру аппретирующего раствора выбирать любую из обозначенного диапазона, но экономически целесообразнее устанавливать 20 °С.

Проведен сравнительный анализ гидрофильных и физико-механических свойств нетканых материалов, пропитанных в УЗ-ванне по параметрам из середины области компромиссных решений и традиционным способом — методом плюсовки (при температуре раствора — 30 °С и концентрации раствора 7%). Как видно из полученных данных (рисунок 4, 5), применение ультразвука приводит к интенсификации процесса пропитки без изменений прочностных характеристик материала.

Заключение

В ходе многофакторного планирования эксперимента теоретико-экспериментальным путем получены математические модели взаимосвязи технологических параметров процесса пропитки в условиях воздействия УЗ-волны с гидрофильными свойствами нетканого материала. В результате проведенных исследований установлены рациональные режимные параметры ультразвуковой ванны для обработки по-

липропиленового нетканого материала гигиенического назначения, позволяющие получать материал с улучшенными качественными показателями.

Список литературы

1. Скобова Н. В., Коркенец И. В. Экспериментальные исследования процесса получения нетканого материала методом термоскрепления // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2011. № 20. С. 94–99.
2. Скобова Н. В., Коркенец И. В. Технология производства нетканых материалов на установке «SPUNJET» // Международная научно-инновационная конференция аспирантов, студентов и молодых ученых с элементами научной школы «Теоретические знания — в практические дела»: сборник материалов конференции в 2 ч. / ГОУ ВПО «РосЗИТЛП». Омск. 2011. Ч. 1. С. 150–153.
3. Скобова Н. В., Коркенец И. В. Технология получения нетканого материала гигиенического назначения // Межвузовская научно-технич. конференция аспирантов и студентов «Молодые ученые — развитию текстильной и легкой промышленности» (Поиск-2011): сборник материалов / ИГТА. Иваново. 2011. Ч. 1. С. 56–57.

N. V. Skobova

Vitebsk State Technological University
210035, Belarus, Vitebsk, Moskovsky Prospekt, 72

Research of influence of ultrasound impregnation on the hydrophilic properties of non-woven material

The article is devoted to the research of the process of impregnation of thermally bonded polypropylene nonwoven material in an ultrasonic bath. In the course of the studies, the optimum operating parameters of the ultrasonic bath and the concentration of the hydrophilic additive were determined, which ensure the production of a nonwoven material with high hydrophilic properties.

Keywords: non-woven material, spunbond, hydrophilic properties, ultrasonic impregnation

References

1. Skobova N. V., Korkenets I. V. Experimental studies of the process of obtaining nonwoven material by the method of thermal bonding *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta*. [Vestnik Vitebsk State Technological University]. 2011. No 20. 94–99 pp. (in russ.).
2. Skobova N. V., Korkenets I. V. Technology of production of nonwovens on the “SPUNJET” installation. *Mezhdunarodnaja nauchno-innovacionnaja konferencija aspirantov, studentov i molodyh uchennyh s jelementam nauchnoj shkoly «Teoreticheskie znanija - v prakticheskie dela»*. [International scientific and innovative conference of graduate students, students and young scientists with elements of the scientific school “Theoretical knowledge in practical affairs”] A collection of conference materials at 2 o'clock. GOU VPO RosZITLP. Omsk. 2011. P. 1. 150–153 pp. (in russ.).
3. Skobova N. V., Korkenets I. V. Technology of nonwoven material for hygienic purposes. *Mezhvuzovskaja nauchno-tehnich. konferencija aspirantov i studentov “Molodye uchentye — razvitiyu tekstilnoj i legkoj promyshlennosti” (Poisk-2011)*. [Interuniversity scientific-technical conference of graduate students and students “Young Scientists — the development of textile and light industry” (Search-2011)]. A collection of materials. IHTA. Ivanovo. 2011. Part 1. 56–57 pp. (in russ.).