

УДК 677.016.8

СВОЙСТВА ПЕНООБРАЗНОЙ СТРУКТУРЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИУРЕТАНОВОГО ПОКРЫТИЯ ТЕКСТИЛЬНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

PROPERTIES OF FOAM STRUCTURE FOR FORMING POLYURETHANE COATING OF TEXTILE COMPOSITE MATERIAL

Ю. И. Марущак¹, Н. Н. Ясинская¹, Н. В. Скобова¹

¹Витебский государственный технологический университет, Витебск, Беларусь

Yu. I. Marushchak¹, N. N. Yasinskaya¹, N. V. Skobova¹

¹Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Belarus

Аннотация – Текстильные композиты стали популярным материалом для производства одежды. Высокие гигиенические показатели материала обеспечиваются за счёт нанесения поверх тканой основы полиуретановой композиции, которая предварительно подвергается механическому диспергированию. Возможность достигать различных кратностей вспенивания полимерной композиции позволяет регулировать свойства конечного продукта. В работе установлены реологические свойства и дисперсность полиуретановой композиции различной кратности. Полученное распределение пузырьков по радиусам подчиняется логнормальному закону. С увеличением кратности пены в композиции увеличивается средний радиус пузырьков воздуха. При достижении кратности $\beta_{пз} = 2,5$ повышается однородность композиции, преобладают пузырьки меньших радиусов (99–170 мкм), а также повышается их количество, что позволит получить композиционный материал с лучшей воздухо- и паропроницаемостью.

Ключевые слова – композиционные материалы, полиуретановое покрытие, вспененные композиции, пенообразующая структура, реологические свойства, дисперсность.

I. ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день композиционные материалы используются практически во всех областях производства, в том числе в текстильной и легкой промышленности. Особое место среди таких материалов занимают текстильные структуры с полимерными покрытиями, в частности, искусственные кожи (ИК), покрытие которых формируется посредством пропитки волокнистой основы или нанесением полимера на поверхность основы. Из искусственной кожи изготавливают верхнюю одежду, к ко-

торой относятся плащи, пальто, куртки, жилеты, а также поясную одежду - юбки, брюки. Одежда из ИК должна не только обеспечивать защиту от неблагоприятных условий внешней среды, но и иметь оптимальные гигиенические показатели, такие как паро- и воздухопроницаемость, гигроскопичность. Однако, большинство искусственных кож с покрытием из высокомолекулярных соединений не обеспечивают материалу необходимых гигиенических показателей, что вызвано малой скоростью диффузии паров воды [1], поскольку на поверхности образуется сплошная пленка полимера, перекрывающая поры текстильного материала. Для получения материала с заданными гигиеническими и физико-механическими свойствами разработан отдельный вид ИК – композиционный материал, содержащий в себе микропористое полиуретановое покрытие, благодаря которому материал обладает хорошей паро- и воздухопроницаемостью [2]. В качестве слоя основы используется хлопчатобумажная или хлопкополиэфирная ткань.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Важной особенностью технологии производства рассматриваемого текстильного композиционного материала является использование вспененной полиуретановой композиции, кратность которой возможно варьировать. В зависимости от степени вспенивания гигиенические и физико-механические свойства готового материала будут меняться. Поскольку в Республике Беларусь создание данного материала находится на стадии становления и развития, актуальным и своевременным является изучение свойств полиуретановой композиции, оценка влияния диспергирования на реологические свойства и дисперсность композиции с целью выбора оптимальных параметров взбивания и дальнейшего совершенствования технологии производства.

III. ТЕОРИЯ

Нанесение полимерного покрытия осуществляется шаберным способом, который основан на удалении с поверхности ткани избытка полимерной массы при помощи специального шабера (ножа). Перед нанесением полимерная композиция закачивается в динамический миксер и подвергается механическому диспергированию до кратностей (отношение объема пены к объему раствора, пошедшего на его образование) $\beta_{п1} = 1,5$, $\beta_{п2} = 2,0$, $\beta_{п3} = 2,5$. Плотность дисперсий составила $\rho_{1,5} = 0,81$ г/см³, $\rho_{2,0} = 0,49$ г/см³, $\rho_{2,5} = 0,39$ г/см³.

Реологические исследования полиуретановой композиции проводили с использованием ротационного вискозиметра RM100 PLUS Lamy Rheology при скорости сдвига 500 с⁻¹. Температура измерений 20±0,2°C. Погрешность измерения ±1%. Для

оценки точности определения дисперсного состава вспененной композиции методом микроскопии проводили четырехкратное фотографирование двух проб пены каждой кратности. На каждой фотографии подсчитывали количество и радиус пузырьков. Учитывали те, удельный вес которых в общем числе пузырьков составлял не менее 15%. Микрофотографии получены с применением исследовательского микроскопа Альтами MET5 при увеличении 20X/0.40 BD. За контрольный образец принимали полиуретановую композицию до вспенивания ($\beta_{п0} = 1$).

Для построения гистограммы распределение пузырьков по радиусу выбирали оптимальное число интервалов группирования экспериментальных данных [3]. Значение числа интервалов находится между минимальным и максимальным числами, которые определяли по формуле 1:

$$m_{\min} = 0,55n^{0,4} \text{ и } m_{\max} = 1,25n^{0,4} \quad (1)$$

Для числа значений $n=70$ выбирали количество интервалов $m = 6$. Длину интервала ΔX определяли по формуле 2:

$$\Delta X = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{m} \quad (2)$$

где x_{\max} – максимальный радиус пузырька, мкм;
 x_{\min} – минимальный радиус пузырька, мкм;
 m – количество интервалов.

IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В таблице 1 представлены результаты реологических исследований полиуретановой композиции.

ТАБЛИЦА 1
 РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВСПЕНЕННОЙ ПОЛИУРЕТАНОВОЙ КОМПОЗИЦИИ

Кратность пены в композиции	Скорость сдвига, об/мин	Время, с	Крутящий момент, мН·м	Напряжение сдвига, МПа	Средняя динамическая вязкость, МПа·с	
$\beta_{п0}=1$	500	15	1,779	117261	239	
			1,811	119355		
			1,840	121261		
$\beta_{п1}=1,5$			2,256	149000		295
			2,172	143501		
			2,279	150512		

Окончание табл. 1

Кратность пены в композиции	Скорость сдвига, об/мин	Время, с	Крутящий момент, мН·м	Напряжение сдвига, мПа	Средняя динамическая вязкость, мПа·с
$\beta_{п2}=2,0$			2,518	165932	341
			2,635	174121	
			2,614	171987	
$\beta_{п3}=2,5$			3,120	205600	436
			3,368	221920	
			3,437	227132	

На рисунке 1 представлены микрофотографии контрольного образца и вспененных композиций различной кратности при нижнем свете. На рисунке 2 представлены гистограммы и частотный полигон распределения радиусов (мкм) пузырьков в полиуретановой композиции после вспенивания ($\beta_{п1}=1,5$; $\beta_{п2}=2,0$; $\beta_{п3}=2,5$).

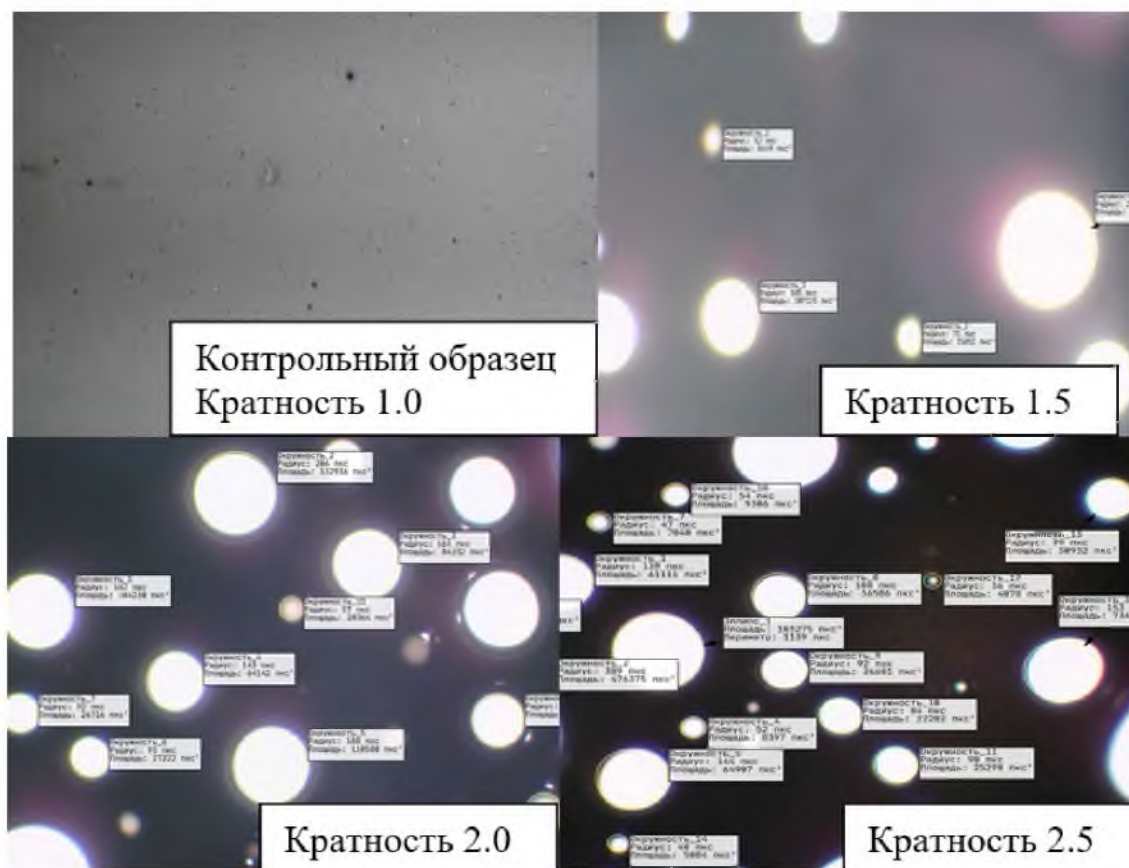


Рис. 1. Микрофотографии полиуретановых композиций

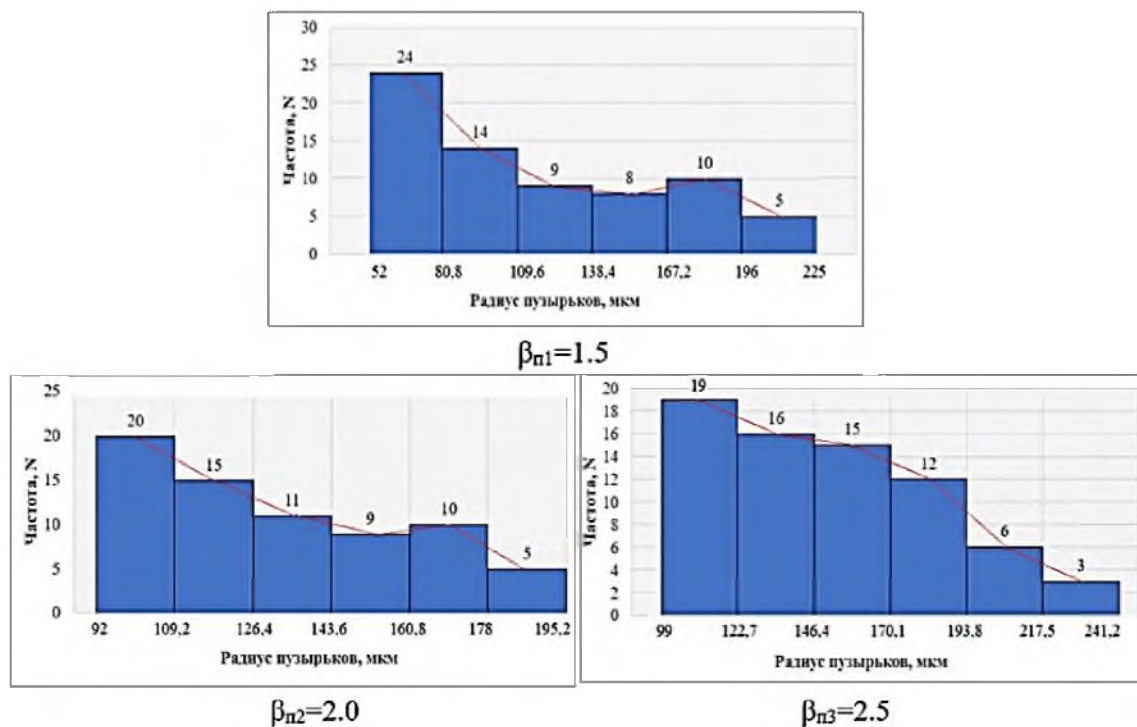


Рис. 2. Распределение пузырьков в пене по радиусу

V. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Установлено, что при длительном диспергировании полиуретановой композиции (до $\beta_{п3} = 2,5$) динамическая вязкость увеличивается до 436 мПа·с. По виду гистограмм (рис. 2) можно предположить, что результаты распределения пузырьков по радиусам подчиняются логнормальному закону распределения, поскольку расчетные значения критерия Пирсона Хи-квадрат не превышают критического табличного значения. Средний радиус (мкм) пузырьков воздуха в полиуретановой композиции для кратностей 1,5; 2,0; 2,5 составил $r_{1,5} = 94,8$ мкм, $r_{2,0} = 130,4$ мкм, $r_{2,5} = 150$ мкм соответственно. С увеличением кратности пены композиции увеличивается средний радиус пузырьков воздуха, при этом возрастает и их количество, что свидетельствует об увеличении количества воздуха, захватываемого с поверхности и вводимого в перемешиваемый объем. При достижении кратности $\beta_{п3} = 2,5$ повышается однородность композиции, преобладают пузырьки меньших радиусов (99–170 мкм), а также повышается их количество, что позволит получить текстильный композиционный материал с лучшими возду- и паропроницаемостью.

VI. ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате экспериментальных исследований установлены реологические свойства и дисперсность пенообразной структуры на основе полиуретана, предназна-

ченной для формирования покрытия и создания ассортимента текстильных материалов. Результаты распределения пузырьков по радиусам подчиняются логнормальному закону распределения. С увеличением кратности пены композиции увеличивается средний радиус пузырьков воздуха, при этом возрастает и их количество. Оптимальной кратностью при формировании полимерного покрытия на тканой основе является $\beta_{пз} = 2,5$, поскольку при данных значениях повышается однородность композиции, преобладают пузырьки меньших радиусов, а также повышается их количество, что позволит улучшить возду- и паропроницаемость материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврилова И. В., Никитина Л. Л. Улучшение эргономических свойств изделий легкой промышленности из искусственной кожи // *Фундаментальные и прикладные проблемы создания материалов и аспекты технологий текстильной и легкой промышленности: сб. ст. Всерос. науч.-техн. конф. (Казань, 14–15 нояб. 2019 г.) / Казанский нац. исслед. технолог. ун-т. Казань: Изд-во КНИТУ, 2019. С. 196–199.*
2. Марущак Ю. И., Ясинская Н. Н., Петюль И. А. Разработка номенклатуры показателей качества и оценка свойств эконож // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2023. № 2 (404). С. 103–111.*
3. Р 50.1.033-2001. Рекомендации по стандартизации. Прикладная статистика. Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. Часть I. Введ. 2002-07-01. М.: Стандартинформ, 2006. 87 с.