

УДК 677.6:681.332

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ
МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ**

STUDY OF THE STRUCTURE NONWOVENS COMPUTERIZED TOMOGRAPHY

*Ю.М. ТРЕЩАЛИН, М.В. КИСЕЛЕВ, В.В. ХАММАТОВА, М.Ю. ТРЕЩАЛИН, А.М. КИСЕЛЕВ
YU.M. TRESHCHALIN, M.V. KISELEV, V.V. HAMMATOVA, M.YU. TRESHCHALIN, A.M. KISELYOV*

**(Компания "ТЕРМОПОЛ", Костромской государственной технологической университет,
Казанский национальный исследовательский технологический университет)
(LLC " Termopol ", Kostroma State Technological University,
Kazan National Research Technological University)
E-mail: info@kstu.edu.ru**

*На основе современных методов компьютерной томографии выполнены
исследования структуры нетканых материалов торговой марки "Холло-*

файбер". Получены трехмерные геометрические изображения структуры нетканых материалов "Холлофайбер Вольюметрик Р 179". Выполнено исследование строения нетканого материала и выявлены механизмы взаимодействия мононитей, определяющие его механическую прочность. Определены направления дальнейших исследований для построения геометрической модели нетканых полотен, близкой к реальным.

On the basis of modern methods of computer tomography studies of the structure are made of nonwovens brand "Hollofayber." Three-dimensional geometric structure of the image of nonwovens "Hollofayber Volyumetrik P 179". The research of the structure of non-woven material and to identify the mechanisms of interaction of the filaments, which determine its mechanical strength. The directions for further research to build a geometric model of nonwoven webs close to the real.

Ключевые слова: нетканые материалы, композиционные материалы, компьютерная томография, математическое моделирование.

Keywords: non-woven materials, composite materials, computer tomography, mathematical modeling.

Нетканые синтетические материалы в настоящее время нашли широкое применение практически во многих сферах жизнедеятельности и в том числе композиционных материалов на их основе [1]. Наиболее востребованы материалы таких ассортиментных групп, как швейный утеплитель, мебельный наполнитель, наполнители подушек, игрушек и одеял, гео- и агротекстиль, санитарно-гигиенический, фильтрующий и т.д. Перспективным направлением является производство нетканых полотен технического назначения, способствующих проведению модернизации значительного числа отраслей промышленности: нефте-, газоперерабатывающей, судостроительной и автомобилестроения, строительства и т.д.

Основой таких материалов, как правило, являются химические волокна, производство которых в Российской Федерации является оправданным вследствие огромных запасов природного сырья (нефть, газ).

Нетканые полотна, производимые в России, различаются как исходным сырьем, так и технологиями изготовления: термоскрепленные, из полых полиэфирных волокон (ООО "ТЕРМОПОЛ"), иглопробивные термоскрепленные из непрерыв-

ных полипропиленовых нитей, изготовленных фильерным способом спанбонд (ООО "Сибур-Геотекстиль", ОАО "Ортон"), иглопробивные из штапельных полиэфирных и полипропиленовых волокон (ОАО "Комитекс") и т.д. Как следствие, материалы имеют различную структуру и прочностные свойства. Кроме того, для потребителя большое значение имеют характеристики, объемная доля и взаимное расположение волокон (мононитей), экологическая и гигиеническая чистота продукции – факторы, обеспечивающие расширение и постоянное обновление ассортимента нетканых полотен.

В настоящей работе исследовалось строение нетканых материалов, известных под товарным знаком "Холлофайбер", по следующим причинам:

- наличие экологического и гигиенического сертификатов качества;
- сырье – 100% полиэфирные мононити;
- пожаробезопасность, безвредность для здоровья человека;
- большой диапазон изменения поверхностных плотностей и толщин материалов.

Указанные преимущества позволяют применять нетканые полотна "Холлофайбер" для изготовления широкого спектра

изделий, востребованных в промышленности, строительстве, ЖКХ.

Широкий спектр применения нетканых материалов требует и их различных технических характеристик, которые должны быть обоснованы с точки зрения получаемой, согласно выбранной технологии, структуры. Кроме того, необходимо выяснить механизмы взаимодействия волокон друг с другом, их взаимное расположение и характеристики одиночных волокон, поскольку именно данные факторы структуры будут определять механические свойства получаемого материала. Наиболее перспективным современным направлением исследований является построение 3D-структуры материала, как наиболее приближенной модели к реальной. В данном направлении известны работы по применению компьютерной томографии для исследования текстильных структур [2].

Однако размеры поперечного сечения одиночных нитей тканых структур существенно больше размеров поперечного сечения одиночных волокон нетканых материалов, достигающих величины 0,05 мм. Анализ работ, выполненных в этом направлении, показал, что получение качественного изображения одиночной нити даже в структуре тканого материала при использовании томографов медицинского назначения представляет существенные проблемы [3]. Поэтому для исследования структуры нетканых материалов был применен профессиональный томограф центра коллективного пользования Федерального казанского университета. В частности,

проведены исследования микроструктуры материала марки "Холлофайбер Воллюметрик Р 179" (поверхностная плотность 600 г/м²). Общий вид 3D-изображения образца размером 20×20×20 мм приведен на рис. 1.

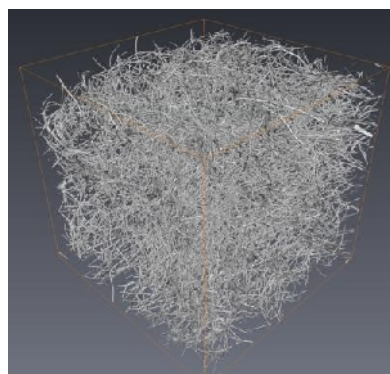


Рис. 1

Ранее, в работе [4], осуществлялось компьютерное моделирование 3D-структуры нетканого материала со случайным расположением одиночных мононитей по объему материала, однако для приближения точности компьютерной модели к реальной структуре необходимы экспериментальные данные. Построение автоматизированных систем прогнозирования физико-механических свойств композитов невозможно без построения геометрической модели исследуемого материала [5], поэтому изучение строения нетканых материалов на уровне одиночных мононитей является важным этапом решения поставленной задачи.

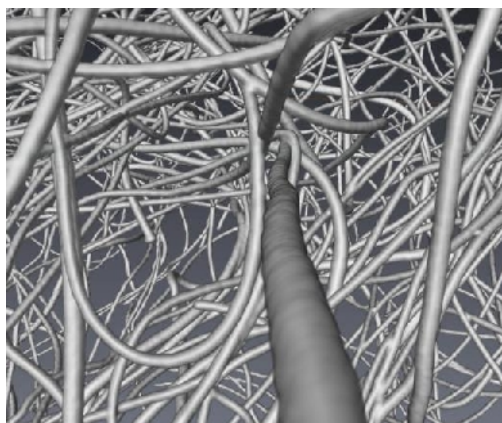


Рис. 2

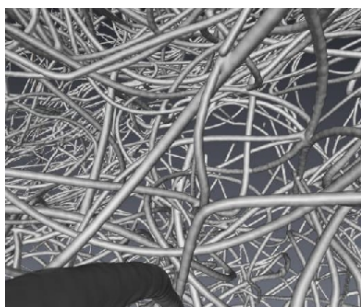
Детальное изучение расположения и взаимозацепления мононитей позволяет отметить их гибкость, эластичность и извитость, что можно проследить по любой, произвольно взятой, мононити на рис. 2 (расположение мононитей в структуре нетканого полотна "Холлофайбер Воллюметрик Р 179").

Внешняя поверхность мононити неровная и напоминает гофрированный шланг. Такая поверхность, безусловно, способствует усилению взаимозацепления (трения) структурных элементов внутри материала.

Анализ структуры нетканого полотна (рис. 2) показывает, что мононити:

- неплотно прилегают друг к другу;
- интенсивно перепутаны между собой;
- пронизывают толщу материала во всех направлениях;
- имеют ярко выраженный петлеобразный характер расположения.

Положительным моментом является значительное превышение радиуса петель (извитости) радиуса мононити. Этот факт позволяет сделать вывод об отсутствии трещинообразования, ломки или наличия напряжений в мононитях вследствие изгиба.



Кроме этого, наблюдается наличие мононитей, диаметр которых несколько выше диаметра большинства структурных элементов. С точки зрения физико-механических свойств мононити большего диаметра, являющиеся как бы основой, вокруг которых переплетаются нити меньшего диаметра, способствуют упрочнению материала в целом.

Необходимо отметить некоторую неравномерность заполнения мононитями рассматриваемого микрообъема: можно констатировать наличие плотной укладки и наличие пустот. В то же время очевидно отсутствие капилляров в общепринятом виде. Поэтому, с точки зрения физического моделирования, нетканые полотна следует рассматривать как сплошную среду, имеющую пористое строение и волокнистую структуру, а определять радиусы капилляров, как это делается сейчас, не имеет смысла.

Улучшение характеристик нетканых полотен "Холлофайбер" во многом достигается за счет термоскрепления мононитей. На рис. 3 показана спайка отдельных мононитей в структуре нетканого полотна, создающая дополнительный упрочняющий эффект.

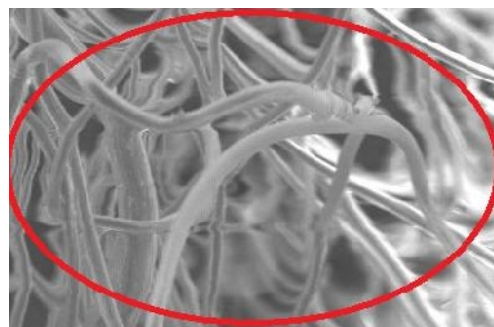


Рис. 3

Обобщая результаты исследований, следует отметить высокую степень взаимозацепления структурных элементов, что положительно сказывается на повышении физико-механических свойств нетканых полотен "Холлофайбер". Наличие пустот позволяет использовать такие материалы в качестве теплоизоляторов, так как разви-

тое поровое пространство способствует снижению эффективности теплообменных процессов. По этой же причине указанные полотна являются хорошей звукоизолирующей. Благодаря своей структуре, особенностям строения мононитей, материалы "Холлофайбер" находят широкое применение в качестве основы композитов.

ВЫВОДЫ

1. Выполнено экспериментальное исследование структуры одного из марок нетканого полотна компании "ТЕРМОПОЛ", позволяющее определить причины механической прочности материала.

2. Полученные экспериментальные данные являются основой для построения вероятностной 3D-геометрической модели нетканых материалов с целью прогнозирования их заданных потребительских свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Трещалин Ю.М., Киселев А.М.* Применение нетканых полотен "Холлофайбер" для изготовления композиционных материалов // *Директор*. – СПб., 2014, № 1 (146). С. 19...22.

2. *Summerscales J., Russell P.M., Lomov S.V., Verpoest I., Parnas R.* The fractal dimension of X-ray tomographic sections of a woven composite // *Advanced Composite Letters*. – Vol 13. №2. 2004. P.115...123.

3. *Ивановский В.А.* Анализ компьютерных томографов для дефектоскопии цельнотканых армирующих структур // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2013, №3. С.23...28.

4. *Киселев А.М.* Моделирование структуры и деформационных свойств волокнистых холстов: Дис...канд. техн. наук. – Кострома, КГТУ, 2012.

5. *Lomov S.V., Gusakov A.V., Huysmans G., Prodromou A., Verpoest I.* Textile geometry preprocessor for meso-mechanical models of woven composites // *Composites Science and Technology*. – Vol. 60, 2000. P.2083...2095.

REFERENCES

1. *Treschalin Ju.M., Kiselev A.M.* Primenenie netkanyh poloten "Hollofajber" dlja izgotovlenija kompozicionnyh materialov // *Direktor*. – SPb., 2014, № 1 (146). S. 19...22.

2. *Summerscales J., Russell P.M., Lomov S.V., Verpoest I., Parnas R.* The fractal dimension of X-ray tomographic sections of a woven composite // *Advanced Composite Letters*. – Vol 13. №2. 2004. P.115...123.

3. *Ivanovskij V.A.* Analiz komp'juternyh tomografov dlja defektoskopii cel'notkanyh armirujushhih struktur // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti*. – 2013, №3. S.23...28.

4. *Kiselev A.M.* Modelirovanie struktury i deformatsionnyh svojstv voloknistyh holstov: Dis...kand. tehn. nauk. – Kostroma, KGTU, 2012.

5. *Lomov S.V., Gusakov A.V., Huysmans G., Prodromou A., Verpoest I.* Textile geometry preprocessor for meso-mechanical models of woven composites // *Composites Science and Technology*. – Vol. 60, 2000. P.2083...2095.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования технологических машин.
Поступила 30.09.15.