

НОВЫЙ СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ 3D-ОРТОГОНАЛЬНЫХ ТКАНЕЙ, ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ И 3D-ПЕЧАТЬ*

NEW WAY OF FORMING 3D-ORTHOGONAL FABRICS, VIRTUAL REALITY AND 3D-PRINTING

А.П. ГРЕЧУХИН, П.Н. РУДОВСКИЙ

A.P. GRECHUKHIN, P.N. RUDOVSKY

(Костромской государственной университет)

(Kostroma State University)

E-mail: niskstu@yandex.ru

В статье рассматриваются вопросы применения технологий виртуальной реальности и 3D-печати в процессе проектирования технологии создания 3D-ортогональных тканей. Представлен новый способ формирования 3D-ткани. Отличительная особенность технологии – отсутствие встречных систем перевязочных нитей.

The article discusses the use of virtual reality and 3D-printing technologies in the process of designing the technology of creating 3D-orthogonal fabrics. A new method of 3D-fabric formation is presented. A distinctive feature of the technology is the absence of counter systems of binder yarns.

Ключевые слова: 3D-ткань, геометрическая модель ткани, виртуальная реальность, 3D-печать.

Keywords: 3D-fabric, geometric fabric pattern, virtual reality, 3D-printing.

Композиционные материалы широко используются при изготовлении легких и прочных деталей, заменяя собой металлы во многих изделиях. Они используются в авиации, ракетостроении, машиностроении, производстве космической и военной техники, медицинской техники, протезов, при изготовлении спортивного инвентаря и многого другого.

Развитие различных отраслей новой техники способствует тому, что уже сегодня существует острая потребность в инновационных конструкционных материалах, обладающих улучшенными физико-механическими свойствами (прочностью, пластичностью, термостойкостью и пр.) в сочетании с невысоким удельным весом. Поэтому следует выделить композиционные материалы на волокнистой основе, занимающие значительное место среди конструкцион-

ных материалов в высокотехнологичных отраслях промышленности.

Потребность в инновационных материалах для всех отраслей экономики велика и также велик разброс в свойствах требуемого материала. Во всех отраслях, которые связаны с разработкой новой техники или совершенствованием существующих разработок, одним из немногих способов улучшения характеристик является снижение веса изделия. Этому может в значительной мере способствовать создание новых материалов на волокнистой основе, имеющих, в частности, структуру, учитывающую распределение нагрузок на изделие [1]. Создание самых современных образцов техники предполагают использование композитов для улучшения их технических и эксплуатационных характеристик.

* Работа выполнена по проекту 11.9627.2017/8.9.

Изделия из композиционных материалов с наполнителем в виде тканой 3D-ортогональной структуры могут стать хорошей базой для создания новых материалов. Одним из основных преимуществ таких изделий является малая чувствительность к расслаивающим нагрузкам ввиду отсутствия выраженных слоев в армирующем наполнителе. В 3D-ортогональных тканях нити располагаются практически без изгибов, в результате чего изделия имеют повышенную на 15...20% прочность к ударным воздействиям за счет того, что энергия удара или силовое воздействие на материал распространяется на большую площадь [2], [3].

Мы предлагаем усовершенствованную технологию получения трехмерных ортогональных тканей, при которой введение горизонтального и вертикального утков осуществляется группами, состоящими из парных нитей. Такой способ прокладки позволяет существенно увеличить производительность оборудования и обеспечить формирование ткани с переменным профилем [4].

Анализ системы заправки нитей известных ранее способов формирования трехмерной ортогональной ткани показал, что расположение механизма прокладывания вертикальных уточных нитей в зоне "бердо – устройство для сматывания нитей основы" может привести к "растаскиванию" нитей и отходу их от зоны формирования, что, в свою очередь, приведет к большим усилиям, требуемым берду для создания необходимой плотности слоев. При этом требуемая плотность слоев может быть не достигнута. В [5] приведена методика выбора конструктивных параметров, обеспечивающих достижение требуемой плотности изделия. При формировании изделий сложного профиля это требование становится решающим фактором. Поэтому установка механизма прокладывания в зоне "бердо – опушка ткани", обоснованное в [6], имеет определенные преимущества и является рациональной для разрабатываемой системы заправки нитей. При этом крайне важно определить параметры этой зоны, обеспечивающие не только компактность механизма, но и возможность прокладывания горизонтальных нитей утка.

Цикл формирования ткани по предлагаемой технологии состоит из восьми этапов [7]. Рапиры перемещают нити вертикального утка в верхнее положение. Затем прокладывается кромочная нить, фиксирующая вертикальную систему нитей. Далее нити вертикальной системы возвращаются в исходное состояние. После этого прокладываются нити горизонтального утка, которые также фиксируются кромочной нитью. По завершении прокладки всех уточных нитей происходит их перемещение к опушке ткани.

Отличительной особенностью технологии является отсутствие встречных систем перевязочных нитей (binder, z-yarn) [8]. Перевязка осуществляется одной системой нитей (вертикальный уток). Это дает возможность более плотной укладки слоев, возможность использовать перевязочные нити в качестве армирующих (увеличить их линейную плотность) и использовать технологию для получения изделий сложного и переменного профиля. При этом достигается трехмерное равномерное армирование материала, так как перевязочные нити могут быть по линейной плотности одинаковыми с нитями основы и горизонтального утка.

Процесс получения тканого армирующего наполнителя является трудоемким и поэтому отработка изделия традиционными экспериментальными методами является нецелесообразной. Для анализа работы тканого армирующего наполнителя при различных режимах нагружения современными методами конечно-элементного моделирования необходимо иметь геометрическую модель. Методика построения такой модели рассматривается в [9], [10].

Традиционно технологическая оснастка ткацкого оборудования изготавливается из металлов. При проектировании новых технологических процессов или изделий может возникнуть необходимость быстрой корректировки конструкции элементов технологической оснастки. В случае, когда она изготавливается из металла, это займет значительное время и потребует существенных финансовых ресурсов. Тем более, когда речь может идти об очень ограниченном количестве продукции. Одним из воз-

возможных путей устранения изложенных трудностей может стать технологическая оснастка из пластика, изготовленная на 3D-принтере. В качестве технологии 3D-печати возможно использование технологии FDM (Fuseddepositionmethod), то есть методом послойного наплавления. Данная технология одна из самых доступных по стоимости оборудования и расходных материалов в настоящее время.

Создано несколько вариантов распределительных решеток, берда, различных вращающихся направляющих и прокладчиков для различных систем уточных нитей. При этом следует отметить, что простые по форме изделия (например, бердо и распределительные решетки) можно печатать на принтере с одним экструдером. Все детали

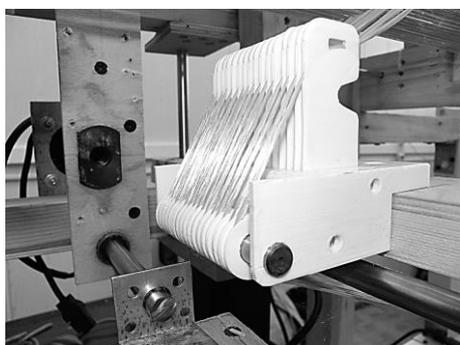


Рис. 1

для опытных образцов напечатаны из ABS пластика, который хорошо поддается постобработке и шлифуется до гладкой поверхности. Это позволило значительно снизить время на реализацию проекта.

Возможно создание полых конструкций, что позволяет по-новому взглянуть на процесс разработки технологической оснастки. Здесь уже актуальна печать двумя материалами (с растворимой поддержкой). Конструкторские решения в таком случае могут быть представлены на совершенно другом уровне. Пример реализации показан на рис. 1 (прокладчики нитей, кронштейн, направляющие, напечатанные на 3D-принтере).

Внешний вид вырабатываемой пяти-слойной ткани представлен на рис. 2.

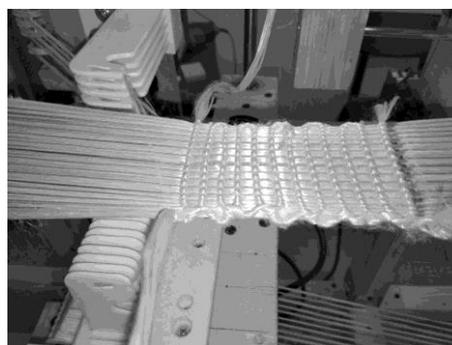


Рис. 2

В пространстве требуется разместить механизмы, которые формируют трехмерное изделие. Эти механизмы не должны препятствовать друг другу при перемещении. Очень удобно использовать при проектировании VR-очки и базовую 3D-модель, например, станка (его рамы). Опять же здесь есть доступные по цене решения. Например, это программное обеспечение в открытом доступе (Unity) и VR-очки для смарт-

фонов. Любая 3D-модель может быть импортирована в программу и получен виртуальный образ того, над чем нужно работать. Все в точности так же, когда проектируется новый материал (например, трехмерный). Виртуальная реальность позволяет совершенно по-другому взглянуть на сам процесс моделирования. На рис. 3 показан 3D-макет станка и его образ, созданный средствами Unity в смартфоне на базе Android.

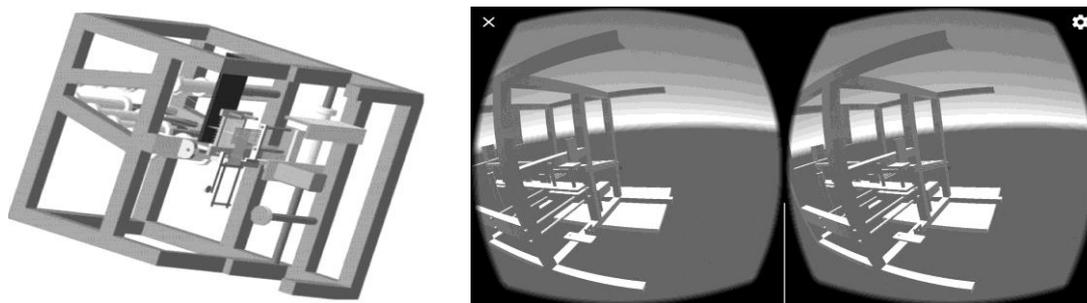


Рис. 3

Таким образом, очевидно, что освоение современных 3D-технологий прямо связано с конкурентоспособностью технологических проектов, направленных на создание новых материалов.

ВЫВОДЫ

1. На основе современных цифровых технологий возможно оперативное создание опытных образцов инновационных текстильных материалов и оборудования для их формирования. Создание технологической оснастки возможно осуществлять на 3D-принтере по технологии послойного наплавления.

2. Отработку конструкторских решений для технологии ткачества при формировании трехмерного изделия целесообразно осуществлять с помощью технологий виртуальной реальности в программах с открытым доступом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рудовский П.Н., Гречухин А.П., Палочкин С.В. Рациональное армирование деталей из композиционных материалов тканями с переменной плотностью по утку // Вестник Костромского гос. технол. ун-та. – 2015, № 2 (35). С. 21...23.

2. Huang G., Zhong Z.L. Tensile behavior of 3D-woven composites by using different fabric structures // MaterDes. – 23(7), 2002. P.671...674.

3. Xiwen Jia., Baozhong Sun, Bohong Gu. Ballistic penetration of conically cylindrical steel projectile into 3D-orthogonal woven composite: a finite element study at microstructure level // Journal of Composite Materials. – 45(9), 2010. P. 965...987.

4. Патент РФ № 2643659, 02.02.18. Гречухин А.П., Ушаков С.Н., Тихомиров Л.А., Зайцев Д.В., Старинец И.В., Селиверстов В.Ю. Способ формирования трехмерной ортогональной ткани.

5. Гречухин А.П., Ушаков С.Н., Рудовский П.Н., Палочкин С.В. Определение рациональных параметров системы заправки нитей при формировании трехмерного ортогонального тканого волокнистого материала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 5. С. 111...115.

6. Ушаков С.Н., Гречухин А.П., Рудовский П.Н., Палочкин С.В. Влияние величины смещения слоя горизонтального утка на плотность расположения вертикальных слоев нитей при формировании трехмерных ортогональных тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, №6. С.96...100.

7. Гречухин А.П., Рудовский П.Н. Развитие теории строения и формирования однослойных тканей. – Кострома, 2017.

8. Зайцев Д.В., Гречухин А.П., Рудовский П.Н. Система заправки при формировании 3D-ортогонального тканого материала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №3. С.154...156.

9. Бенецкая В.В., Селиверстов В.Ю., Киселев А.М., Рудовский П.Н., Киселев М.В. Моделирование структуры тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №3. С. 23...28.

10. Гречухин А.П., Зайцев Д.В., Ушаков С.Н., Рудовский П.Н. Методика построения трехмерной модели ткани из углеродных нитей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 3. С. 140...144.

11. Grechukhin A.P., Seliverstov V.Y., Rudovskiy P.N. The method of determination of yarn bending rigidity and friction factor during interaction of fibers // The Journal of the Textile Institute. – 2017. T.108. №12. С.2067...2072.

REFERENCES

1. Rudovskiy P.N., Grechukhin A.P., Palochkin S.V. Ratsional'noe armirovanie detaley iz kompozitsionnykh materialov tkanyami s peremennoy plotnost'yu po utku // Vestnik Kostromskogo gos. tekhnolog. un-ta. – 2015, № 2 (35). S. 21...23.

2. Huang G., Zhong Z.L. Tensile behavior of 3D-woven composites by using different fabric structures // MaterDes. – 23(7), 2002. P.671...674.

3. Xiwen Jia., Baozhong Sun, Bohong Gu. Ballistic penetration of conically cylindrical steel projectile into 3D-orthogonal woven composite: a finite element study at microstructure level // Journal of Composite Materials. – 45(9), 2010. P. 965...987.

4. Patent RF № 2643659, 02.02.18. Grechukhin A.P., Ushakov S.N., Tikhomirov L.A., Zaytsev D.V., Starinets I.V., Seliverstov V.Yu. Sposob formirovaniya trekhmernoy ortogonal'noy tkani.

5. Grechukhin A.P., Ushakov S.N., Rudovskiy P.N., Palochkin S.V. Opredelenie ratsional'nykh parametrov sistemy zapravki nitey pri formirovanii trekhmernogo ortogonal'nogo tkanogo voloknistogo materiala // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2018, № 5. S. 111...115.

6. Ushakov S.N., Grechukhin A.P., Rudovskiy P.N., Palochkin S.V. Vliyanie velichiny smeshcheniya sloya gorizont'al'nogo utka na plotnost' raspolozheniya vertikal'nykh sloev nitey pri formirovanii trekhmernykh ortogonal'nykh tkaney // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2018, №6. S.96...100.

7. Grechukhin A.P., Rudovskiy P.N. Razvitie teorii stroeniya i formirovaniya odnosloynnykh tkaney. – Kostroma, 2017.

8. Zaytsev D.V., Grechukhin A.P., Rudovskiy P.N. Sistema zapravki pri formirovanii 3D-ortogonal'nogo tka-