

**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 государственный 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 перевозочных нитей.**

**Ключевые слова:** 3D ткань; виртуальная реальность; 3D печать

**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.**

**Keywords:** 3D fabric; virtual reality; 3D printing

Композиты широко используются при изготовлении лёгких 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 пр.

Развитие многих 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 конструкционных 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. Создание самых современных образцов техники (самолеты, подводные лодки, ракеты) предполагают использование композитов для улучшения тактико-технических характеристик.

Трёхмерные изделия на тканой основе могут стать хорошей базой для создания новых материалов, т.к. расслаивающие нагрузки практически отсутствуют ввиду отсутствия выраженных слоев материала.

Мы предлагаем усовершенствованную технологию трёхмерных ортогональных тканей, которые, помимо всего прочего, за счет минимального количества перегибов нитей, обладают большей прочностью (15-20 % - за счет того, что энергия удара или силовое воздействие на материал распространяется на большую площадь) [1,2].

Анализ системы заправки нитей известных ранее способов формирования трёхмерной 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. Такой факт может стать решающим ограничением при формировании изделий сложного профиля. Поэтому установка механизма прокладывания в зоне «бердо – опушка ткани» 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 [3] состоит из восьми этапов. Рапира перемещает нити вертикальной в верхнее положение. Затем прокладывается кромочная нить, фиксирующая вертикальную систему нитей. Далее нити вертикальной системы возвращаются в исходное состояние. После этого прокладываются нити утка. Далее нити утка фиксируются кромочной нитью. Затем нити утка возвращаются в исходное положение и после этого происходит перемещение нитей к опушке ткани.

Отличительная особенность технологии – отсутствие встречных систем перевязочных нитей (binder, z-yarn). 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, т.к. перевязочные нити могут быть по линейной плотности одинаковыми с нитями основы и горизонтального утка.

Перемещение механизмов происходит от сервопривода ASDA2 (Delta Electronics) мощностью 400Вт через трапецеидальные винт и гайку с шагом 3 мм.

Традиционно технологическая оснастка ткацкого оборудования изготавливается из различных 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 возможных путей устранения изложенных трудностей может стать технологическая оснастка из пластика, изготовленная на 3D принтере. В качестве технологии 3D печати возможно использование технологии **FDM** (Fused deposition method), т.е. 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 типа бердо и распределительные решетки можно печатать без проблем на принтере с одним экструдером. Все детали для опытных образцов напечатаны из ABS пластика, который хорошо поддается постобработке и шлифуется до гладкой поверхности. Все это позволило значительно снизить время на реализацию проекта.

Возможно создание полых конструкций. Это позволяет по-новому взглянуть на процесс разработки технологической оснастки. Здесь уже очень актуальна печать двумя материалами (с растворимой поддержкой). Конструкторские решения в таком случае могут быть представлены на совершенно другом уровне. Пример реализации представлен на рис. 1.

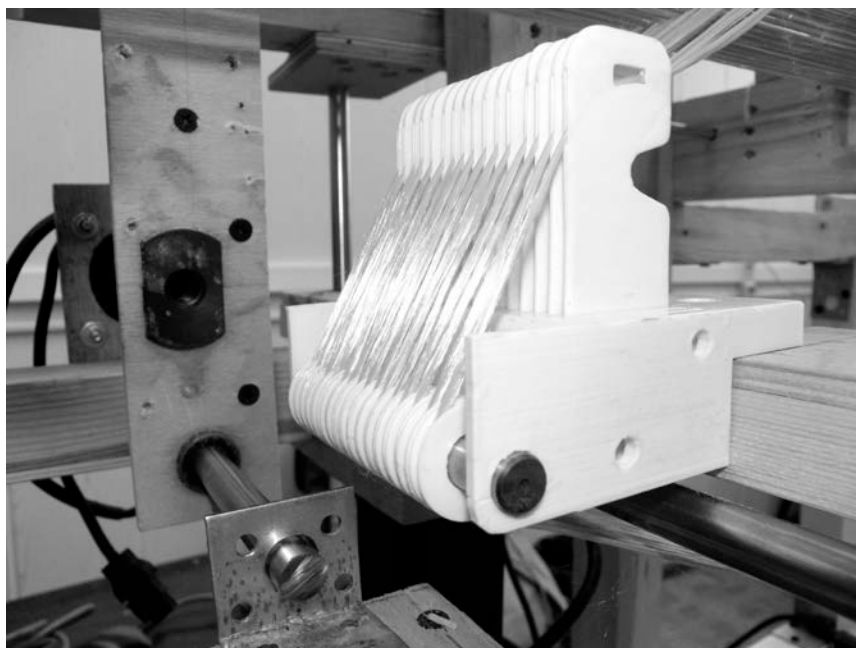


Рис. 1 – Прокладчики нитей, кронштейн, направляющие, напечатанные на 3D принтере

Внешний вид вырабатываемой пятислойной ткани представлен на рис. 2.

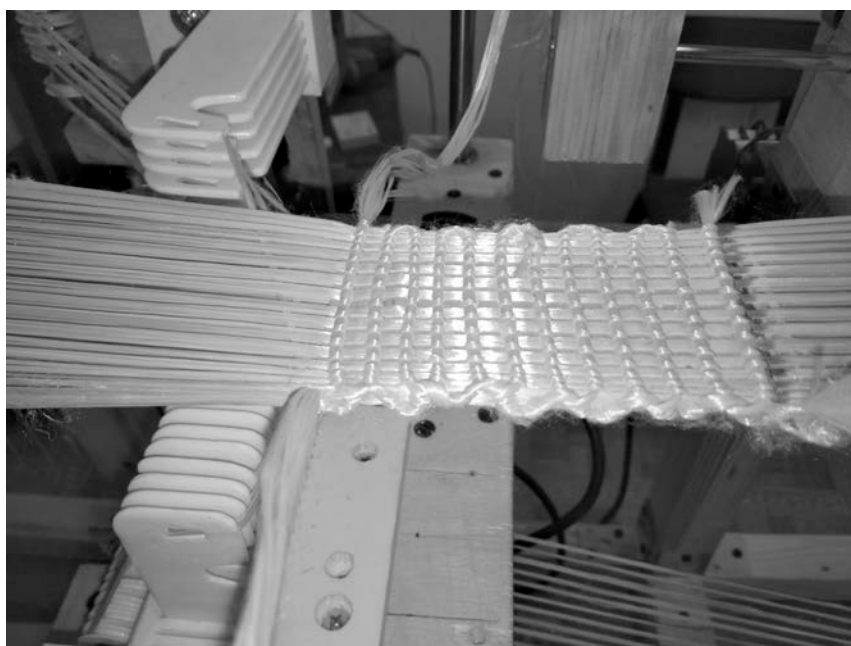
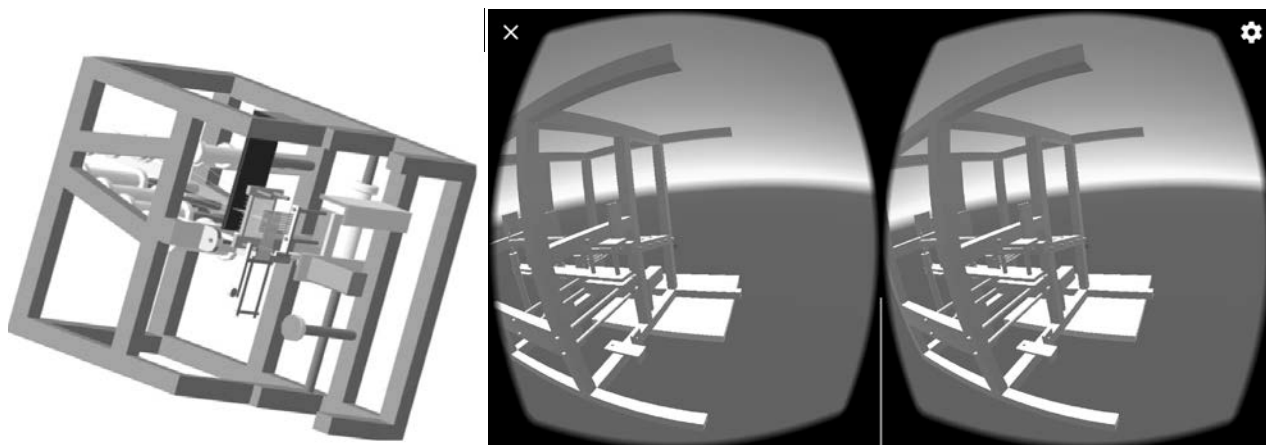


Рис. 2 – Внешний вид вырабатываемой ткани

В пространстве требуется разместить механизмы, которые формируют трехмерное изделие. Эти механизмы не должны препятствовать друг другу при перемещении. Очень удобно 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 смартфонов. Любая 3D модель может быть импортирована в программу и получен виртуальный образ того, над чем нужно работать. Все в точности также, 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 – 3D макет станка и его образ, созданный средствами Unity в смартфоне на базе Android.*

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

#### ЛИТЕРАТУРА

1. HuangG., ZhongZ.L. Tensile behavior of 3D woven composites by using different fabric structures. MaterDes 2002; 23(7): 671–674.
2. XiwenJia., Baozhong Sun, BohongGu. 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) 965–987 (2010).
3. 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.