

УДК 677.024

## СИСТЕМА ЗАПРАВКИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ 3D-ОРТОГОНАЛЬНОГО ТКАНОГО МАТЕРИАЛА\*

### FILLING SYSTEM IN THE FORMATION OF 3D-ORTHOGONAL WOVEN FABRIC

Д.В. ЗАЙЦЕВ, А.П. ГРЕЧУХИН, П.Н. РУДОВСКИЙ  
D.V. ZAITSEV, A.P. GRECHUKHIN, P.N. RUDOVSKIY

(Костромской государственный университет)  
(Kostroma State University)  
E-mail: pavel\_rudovsky@mail.ru

*В статье описывается система заправки нитей на ткацкой машине, предназначенной для получения 3D-ортогональных тканей, обеспечивающей отвод ткани из зоны формирования. Обосновывается ряд конструктивных параметров механизма.*

*The article describes the filling system of threads on a textile machine designed to produce 3D-orthogonal fabrics, providing drainage fabric from the formation zone. Explains the number of constructive parameters of the mechanism.*

**Ключевые слова:** 3D-ортогональная ткань, отвод материала, заправка нитей.

**Keywords:** 3D-orthogonal fabric, fabric take-up, filling system.

Трехмерные ортогональные ткани [1], [2] формируются без изгиба нитей в слоях. Эта их особенность обеспечивает увеличенную стойкость таких тканей к ударным

механическим воздействиям, которая объясняется более высокой скоростью распространения ударной волны в материале [3], следствием которой является распростра-

---

\* Работа выполнена в рамках реализации проекта 11.9627.2017/БЧ.

нение ударной волны на большую площадь. Другим существенным преимуществом трехмерных ортогональных тканей по сравнению с многослойными структурами, традиционно используемыми для армирования в композиционных материалах и в материалах для защиты от высокоэнергетических ударных воздействий, является наличие дополнительных систем нитей, позволяющих снизить расслаивание композита [4].

Известные технологии формирования трехмерных ортогональных тканей не предусматривают процесс отвода ткани из зоны формирования [1]. Основа, образованная несколькими рядами нитей, имеет определенную длину, соответствующую длине будущего изделия. Вдоль нее перемещается механизм прокладывания уточных нитей. Такая конструкция имеет ряд существенных недостатков. Наиболее существенным из них является ограниченность длины изделия. Вторым по значимости можно считать изменение поперечной жесткости системы нитей по мере изменения расстояния механизма прокладывания утка от распределительной рамы. Результатом этого является изменение плотности структуры вдоль основы. При таком способе формирования для обеспечения требуемого расположения нитей основы по всей ее длине требуется повышенный уровень натяжения, что отрицательно сказывается на процессе формирования ткани. Можно показать, что увеличение длины изделия требует пропорционального увеличения натяжения.

Специалистами КГУ предложен способ формирования трехмерной ортогональной ткани, лишенный указанных недостатков [5]. Реализация на практике этого способа требует создания системы заправки нитей основы, утка и кромки, позволяющей подавать нити в зону формирования, а также механизма отвода наработанного материала из зоны формирования.

Из-за отсутствия операции образования зева при формировании трехмерных ортогональных тканей необходимо обеспечить пространственное расположение нитей основы в зоне формирования и близкой к ней такое же, как в получаемом материале. При этом расстояние между нитями должно

быть минимальным. В идеале просветы между нитями основы должны быть равны диаметру уточных нитей. По мере увеличения просвета между нитями основы будет увеличиваться рыхлость структуры материала, излишнее увеличение которой приведет к тому, что сцепление между нитями будут ухудшаться. После снятия со станка заправочное натяжение перестанет действовать на нити основы, и это может привести к разрушению материала. В то же время материал, который предназначен для использования в качестве армирующей основы для композитов, должен обеспечивать хорошую проницаемость при пропитке, которая достигается путем снижения плотности структуры. Указанное противоречие можно устранить, обеспечивая требуемую плотность не за счет нитей основы, а за счет соответствующего расположения нитей утка.

Реализовать идеальное расположение нитей основы на практике не удастся, так как необходимо учитывать, что просвет между нитями основы должен обеспечивать перемещение крючков-рапир для образования уточных петель.

Требуемое расположение в пространстве нитей основы, утков и кромочных нитей обеспечивается с помощью распределительной рамы, которая имеет отверстия для каждой нити, расположенные определенным образом. На рис. 1 приведена схема расположения отверстий в распределительной раме.

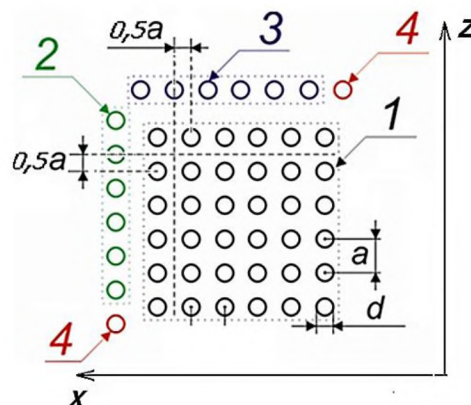


Рис. 1

Позицией 1 обозначены расположенные прямоугольным массивом отверстия для

нитей основы. Расстояние между центрами отверстий в направлении X и Z можно рассчитать по формуле:

$$a = kd_n + \delta,$$

где  $d_n$  – условный диаметр нити;  $k$  – коэффициент увеличения диаметра для обеспечения свободного прохождения нити через распределительную раму;  $\delta$  – зазор, необходимый для прохождения крючка-рапиры.

Диаметр отверстия  $d = kd_n$  определяется эмпирически, путем анализа изменения натяжения при прохождении нити через отверстие. Очевидно, что коэффициент  $k$ , определяющий размер отверстия, зависит от неровноты нити и наличия на ней прядильных дефектов в виде непсов. Для пряжи из натуральных и штапельных волокон  $k=2...2,5$ . Для филаментных нитей из химических волокон  $k=1,2...1,5$ .

Позициями 2 и 3 на рис. 1 обозначены столбец и ряд отверстий для нитей x-утка и z-утка соответственно. Центры отверстий 3 сдвинуты на половину шага ( $0,5a$ ) по горизонтали, а центры отверстий 2 на половину шага ( $0,5a$ ) по вертикали относительно отверстий для прохождения нитей основы. Отверстия 4 для прохождения двух кромочных нитей находятся в конце соответствующего ряда отверстий, предназначенных для уточных нитей.

На рис. 2 представлена схема заправки нитей для получения трехмерного ортогонального тканого материала.

Сматываясь с паковок, все нити проходят через отверстия в неподвижной распределительной раме 6.

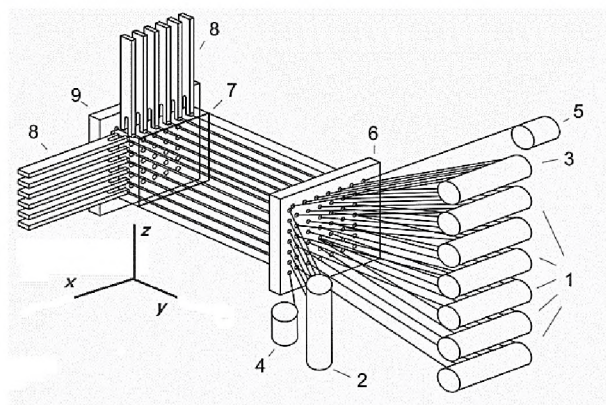


Рис. 2

Нити основы пробраны между зубьями берда 7, которое представляет собой рамку с смонтированными в нее зубьями. Нити z-утка проходят поверх рамки, а нити x-утка слева от нее. При прокладывании утка, когда рапиры 8 проходят между нитями основы, нити утка огибают рамку берда 7. Таким образом, она участвует в формировании петель на нитях утка. Свободные концы всех нитей пробраны и зафиксированы во второй распределительной раме 9, которая является подвижной, размещаясь на каретке механизма отвода (на рис. 2 не показана).

По завершении цикла формирования ткани бердо перемещается в направлении рамы 9, обеспечивая прибор вновь сформированного элемента ткани, а затем устанавливается в исходное положение.

Механизм отвода обеспечивает периодическое смещение рамы 9 вместе со сформированным элементом ткани на заданную величину, которая зависит от требуемой плотности формируемого материала по утку. Нижнее значение этой величины определяется линейной плотностью нитей утка, а верхнее – условиями пропитывания материала в том случае, если он используется в качестве армирующего наполнителя для композита.

Смещение рамы производится шаговым или серводвигателем, управляемым от программируемого контроллера, обеспечивающего выполнение цикловой диаграммы ткацкой машины.

## ВЫВОДЫ

1. Формирование 3D-ортогонального тканого материала при неизменном расстоянии между формирующей доской и зоной формирования обеспечивает стабилизацию жесткости системы заправки.

2. Управление плотностью формируемого материала целесообразно осуществлять за счет изменения его плотности по утку, при поддержании плотности по основе на максимально возможном уровне.

## ЛИТЕРАТУРА

1. US Patent № US3834424. Three-dimensional fabric, and method and loom construction for the pro-

duction thereof / Fukuta K; Miyashita R; Sekiguti J; Nagatsuka Y; Tsuburaya S; Aoki E; Sasahara M. – 10.09.1974.

2. US Patent № US4526026. Method and apparatus of producing continuous three-dimensional fabrics / Krauland Jr Konrad – 02.07.1985.

3. Huang G. and Zhong ZL. Tensile behavior of 3D woven composites by using different fabric structures. *Mater Des* 2002; 23(7): 671–674.

4. 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) 965–987 (2010). DOI: 10.1177/0021998310381150.

5. Гречухин А.П., Ушаков С.Н., Зайцев Д.В., Тихомиров Л.А. Способ формирования 3D-ортогонального тканого волокнистого материала // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, №6. С. 118...122.

6. US Patent № 3834424. Three-dimensional fabric, and method and loom construction for the production thereof.

#### REFERENCES

1. US Patent № US3834424. Three-dimensional fabric, and method and loom construction for the pro-

duction thereof / Fukuta K; Miyashita R; Sekiguti J; Nagatsuka Y; Tsuburaya S; Aoki E; Sasahara M. – 10.09.1974.

2. US Patent № US4526026. Method and apparatus of producing continuous three-dimensional fabrics / Krauland Jr Konrad – 02.07.1985.

3. Huang G. and Zhong ZL. Tensile behavior of 3D woven composites by using different fabric structures. *Mater Des* 2002; 23(7): 671–674.

4. 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) 965–987 (2010). DOI: 10.1177/0021998310381150.

5. Grechuhin A.P., Ushakov S.N., Zajcev D.V., Tikhomirov L.A. Sposob formirovaniya 3D-ortogonal'nogo tkanogo voloknistogo materiala // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2016, №6. S.118...122.

6. US Patent № 3834424. Three-dimensional fabric, and method and loom construction for the production thereof.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования тканей и трикотажа. Поступила 26.05.17.