

УДК 677.074.168.9

**ОДНОСЛОЙНЫЕ ТКАНЫЕ СТРУКТУРЫ
ОРТОГОНАЛЬНОГО И НЕОРТОГОНАЛЬНОГО СТРОЕНИЯ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**SINGLE-LAYER WOVENS
OF ORTHOGONAL AND NON-ORTHOGONAL STRUCTURE
FOR THE PRODUCTION OF COMPOSITE MATERIALS**

Т.Ю. КАРЕВА, И.С. БАРАБАНЩИКОВА, Т.В. СМИРНОВА

T.YU. KAREVA, I.S. BARABANSHCHIKOVA, T.V. SMIRNOVA

(Ивановский государственный политехнический университет)

(Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: pti@ivgpu.com; bobilkova_irina@mail.ru; sg_smirnov_yyp@mail.ru

Статья посвящена вопросам исследования структур тканей ортогонального и неортогонального строения с позиции использования их в качестве основы для композитов.

Рассмотрены некоторые вопросы особенностей строения тканей и применения высокомодульных волокон (нитей) по системам основы и утка.

The article is devoted to the study of the structures of orthogonal and non-orthogonal wovens for their use as the basis of composites.

Some issues of structural features of fabrics and the use of high-modulus fibers (threads) in warp and weft systems are considered.

Ключевые слова: текстильные композиционные материалы, однослойные ткани, мультиаксиальные ткани, переплетение.

Keywords: textile composite materials, single-layer fabrics, multi-Axis fabrics, interlacing.

Тканый способ образования текстильных материалов обеспечивает формирование многообразных структур полотен от однослойных до многослойных, двух- и многонаправленных, как в плоскости, так и в объеме. Тканые полотна являются наиболее часто используемой формой текстильного основания композиционных материа-

лов, основным преимуществом которых является хорошая стабильность размеров в направлении основы и утка, хорошая формоустойчивость, высокая плотность расположения нитей и высокая жесткость на изгиб по сравнению с другими текстильными материалами.

В качестве текстильных полотен, применяемых в композитах, используют однослойные двунаправленные, трехнаправленные и т.д. тканые структуры [1]. Двунаправленные (ортогональные) тканые материалы, сформированные взаимодействующими системами основных и уточных нитей, могут обладать равнозначными свойствами и хорошей стабильностью в направлениях основы и утка. Однако такие тканые материалы имеют относительно низкие модули упругости, сопротивление сдвигу в диагональном направлении [2]. Трехосные (трехнаправленные) тканые материалы, в которых несущие нагрузку нити расположены в трех направлениях, являются более изотропными в плоскости в отношении как растягивающих, так и сдвиговых деформаций в сравнении с традиционными ортогональными тканями, которым присуща значительная анизотропия. Примечательна еще одна уникальная особенность трехосных тканых материалов – они способны сохранять структурную целостность при малых плотностях ткани по обеим системам.

К параметрам, которые определяют механические свойства текстильных армированных композитов, относят: переплетение, линейную плотность нитей (пряжи), их разрывную нагрузку, а также долю армирующего компонента в композите. Большинство однослойных тканей, применяемых для изготовления композитов, вырабатываются переплетениями главного класса – полотняным, саржевым, атласным. При этом наиболее часто используемым переплетением тканой арматуры является полотняное, как самое стабильное, имеющее наибольшую связанность нитей в полотне. Однако это отличительное свойство полотняного переплетения является и недостатком, так как нити в ткани, сформированной этим переплетением, имеют наибольший изгиб.

Проведем структурный анализ ткани ортогонального и неортогонального строения с позиции целесообразности использования их в качестве основы для композиционных материалов.

На рис. 1 представлены структуры тканей ортогонального и неортогонального

строения с одинаковой плотностью расположения нитей основы и утка в тканых полотнах и относительно друг друга. Для обеих структур использовали полотняное переплетение основных нитей с нитями утка.

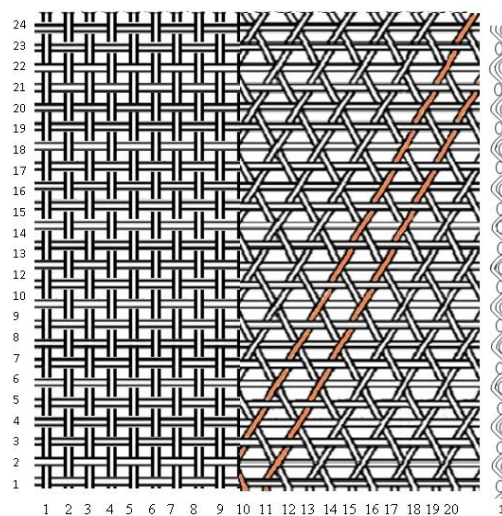


Рис. 1

Ткань ортогонального строения, при одинаковых плотностях ткани и линейных плотностях, используемых в основе и утке нитей, будет иметь близкий к 5-му порядок фазы строения, и, следовательно, значительный изгиб нитей, которые создают опорную поверхность ткани в равной степени. Как известно, для производства тканей как основы композитов используют высокомолекулярные волокна и нити, плохо сопротивляющиеся контактному, сжимающему и изгибающему напряжениям, и теряющие до 50% исходной прочности и жесткости в тканом полотне, в том числе и из-за дополнительного изгиба нитей в ткани, что определяет уменьшение прочностных показателей как нитей основы, так и нитей утка, а следовательно, и ткани в целом [2]. Путем уменьшения изгиба нитей в ткани можно обеспечить сохранение свойств волокон, то есть использовать менее связанное переплетение, например атласное. Но недостатком данного переплетения является низкая стабильность и асимметрия, которая может вызывать межслойные напряжения при формировании композита из нескольких

слоев ткани. При проектировании композиционных материалов на основе тканей ортогонального строения всегда встает вопрос сохранения высокой связанности нитей основы и утка, а следовательно, и стабильности тканой структуры, при одновременном обеспечении наименьшей потери прочности используемых нитей в процессе переплетения их в тканом полотне.

В трехосной ткани нити основы, обеспечивая структурную целостность текстильного материала, согласно способу получения [3], переплетаются с нитями утка таким образом, что через каждую прокидку воздействуют на нить утка с одинаковым усилием с разных сторон. На рис. 2 представлены разрезы вдоль 3, 4 и 5 нитей утка, по которым можно проследить перемещение нитей верхней и нижней основ относительно друг друга и их расположение относительно уточных нитей.

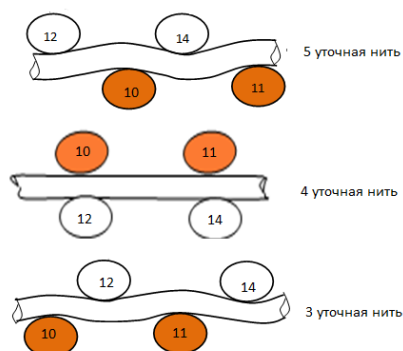


Рис. 2

Как видно из рис. 1 и 2, на всех четных уточных прокидках (нитях) основные нити верхней и нижней систем располагаются по всей ширине полотна таким образом, что уточная нить оказывается между этими системами. Следовательно, по всей своей длине четные уточные нити будут располагаться прямолинейно, в силу равенства натяжения нитей основ верхней и нижней систем. Следует отметить, что и нечетные нити утка будут иметь изгиб меньше, чем уточные нити в ортогональной ткани, так как в трехосных тканях опорную поверхность создают только нити основы.

Таким образом, при базовом полотняном переплетении нитей основы и утка ис-

пользование трехосных тканей позволит значительно снизить потерю прочности уточных нитей в полотне, следовательно, увеличить прочность в направлении уточных нитей. Высокомодульные нити в данном случае целесообразно вводить в уточную систему. При этом трехосная ткань, имея низкую стабильность размеров вдоль тканого полотна [1], будет иметь высокую повреждаемость нитей основы обеих систем из-за большой величины их уработки в ткани.

С целью увеличения прочностных показателей и повышения стабильности размеров ткани вдоль нитей основы, а также возможного использования высокомоульных нитей как в системе уточных, так и в системе основных нитей была разработана структура мультиаксиальной ткани [4] и получен образец тканого полотна с вложением дополнительных ортогонально расположенных нитей основы в структуре трехосной ткани [5]. При этом предложено несколько вариантов структурного расположения дополнительной системы основных нитей в тканом полотне: свободно лежащей над или под уточными нитями или переплетающейся с нитями утка по закону верхней или нижней систем нитей основы. На рис. 3 представлена структура мультиаксиальной ткани с дополнительной ортогональной системой основных нитей, свободно лежащей под уточными нитями с разной плотностью расположения дополнительной продольной системы нитей основы в полотне. Как видно из рис. 3, соотношение нитей основы верхней, нижней и дополнительной систем как 1:1:2, соответственно, обеспечивает большую величину вложения армирующего компонента в композиционный материал, чем при соотношении 1:1:1. Следует отметить, что при равном вложении систем нитей основы в тканое полотно образуются ячейки определенной формы, размеры которых зависят от плотности расположения систем нитей основы и утка в полотне, величины перемещения верхней и нижней систем основных нитей вдоль нитей утка и переплетения систем основных и уточных нитей между собой. Наличие в структуре тканого полотна ячеек заданных размеров

обеспечивает, в том числе, применение данных видов тканей в качестве фильтров.

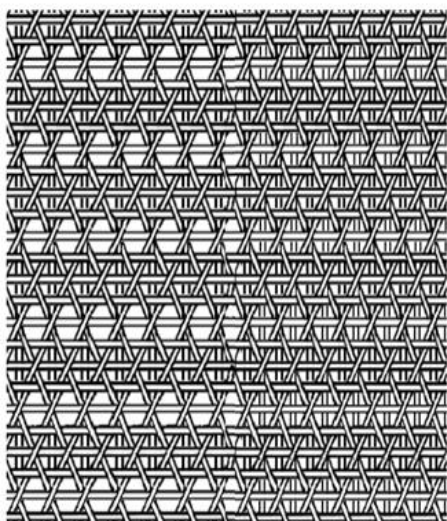


Рис. 3

Рассмотрим более подробно структуру мультиаксиальной ткани с дополнительной ортогональной системой основных нитей, свободно лежащей под уточными нитями, которая представлена на рис. 4.

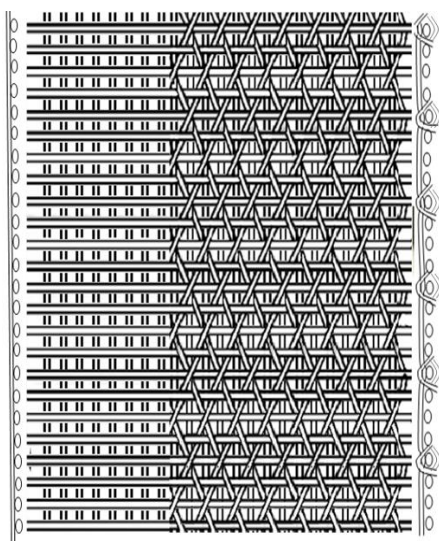


Рис. 4

Как видно из рис. 4, две ортогональные системы нитей (уточная и дополнительная продольная основная) располагаются относительно друг друга под углом 90 градусов, не переплетаясь между собой. Организация тканого полотна осуществляется только за счет верхней и нижней систем нитей ос-

новы, переплетающихся с нитями утка и перемещающихся вдоль них. Дополнительная продольная система основных нитей будет приплетаться к ткани нижней системой основных нитей в местах, где уточная нить располагается между верхней и нижней системами основных нитей, то есть на четных прокидках нитей утка, но не на всех, а через четную прокидку, в силу особенностей формирования такой ткани на ткацком станке [5]. Таким образом, дополнительная продольная система нитей основы подхватывается на каждой четвертой уточной прокидке нижней системой основных нитей, что обеспечивает практически прямолинейное ее расположение в тканом полотне и применение высокомодульных волокон (нитей) именно в дополнительной системе продольных основных нитей. Данная система нитей основы может свободно лежать и над уточными нитями, не переплетаясь с ними, тогда присутствие данной системы в структуре тканого полотна обеспечивается верхней системой нитей основы, которая будет приплетать дополнительную продольную систему нитей основы к трехосной структуре также через каждую четную уточную прокидку.

Использование в системах основы и утка волокон (нитей) различной структуры и свойств, разнообразных переплетений, либо отсутствие такового между отдельными компонентами позволит управлять свойствами композита, повышать его надежность и обеспечивать экономичность производства.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенного исследования структур тканей ортогонального и неортогонального строения выявлены их достоинства и недостатки с позиции использования в качестве основы для композитов.

2. Проанализированы возможные варианты введения в тканое полотно высокомодульных волокон (нитей) с учетом наименьшей потери их прочности в процессе формирования структуры ткани.

1. *Карева Т.Ю.* Особенности строения и тенденции развития структур текстильных полотен как основы композиционных материалов // Сб. мат. XIX Междунар. науч.-практ. форума: Физика волоконистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2016), 23–27 мая 2016 года. – Иваново: ИВГПУ, 2016. Ч. 2. С.25...30.

2. *Карева Т.Ю., Толубеева Г.И.* Мультиаксиальные ткани как основа для композита // Сб. мат. XXII Междунар. науч.-практ. форума: Физика волоконистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы «SMARTEX-2019», 25–27 сентября 2019 года. – Иваново: ИВГПУ, 2019. С.248..252.

3. *Кожевникова Л.В., Карева Т.Ю., Кожевников С.О.* Особенности структуры трехосной ткани // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и сервиса – 2016, №4. С. 6...9.

4. Патент 178015 Российская Федерация, МПК D 03 D 13/00 Мультиаксиальная ткань /Карева Т.Ю., Грузина Е.О., Карев Ф.М., Гречин В.Г. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ивановский государственный политехнический университет-№2017126705, заявл. 25.07.17; опубл. 19.03.18, Бюл. № 8

5. *Грузина Е.О., Карева Т.Ю.* Разработка тканей новых структур, усиленных по основе // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2018, № 1. С. 80...85.

1. Kareva T.Yu. Osobennosti stroeniya i tendentsii razvitiya struktur tekstil'nykh poloten kak osnovy kompozitsionnykh materialov // Sb. mat. KhIX Mezhdunar. nauch.-prakt. foruma: Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy (SMARTEX-2016), 23–27 maya 2016 goda. – Ivanovo: IVGPU, 2016. Ch. 2. S.25...30.

2. Kareva T.Yu., Tolubeeva G.I. Mul'tiaksial'nye tkani kak osnova dlya kompozita // Sb. mat. KhXII Mezhdunar. nauch.-prakt. foruma: Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i materialy «SMARTEX-2019», 25–27 sentyabrya 2019 goda. – Ivanovo: IVGPU, 2019. S.248..252.

3. Kozhevnikova L.V., Kareva T.Yu., Kozhevnikov S.O. Osobennosti struktury trekhosnoy tkani // Vestnik molodykh uchenykh Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologii i servisa – 2016, №4. S. 6...9.

4. Patent 178015 Rossiyskaya Federatsiya, MPK D 03 D 13/00 Mul'tiaksial'naya tkan' /Kareva T.Yu., Gruzina E.O., Karev F.M., Grechin V.G. ; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO Ivanovskiy gosudarstvennyy politekhnicheskyy universitet-№2017126705, zayavl. 25.07.17; opubl. 19.03.18, Byul. № 8

5. Gruzina E.O., Kareva T.Yu. Razrabotka tkaney novykh struktur, usilennykh po osnove // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2018, № 1. S. 80...85.

Рекомендована кафедрой научно-образовательным центром ТЛП. Поступила 02.06.20.