

3. Бесчастнов П.Н. Дизайн текстильных фотоорнаментов и фотообоев / П. Н. Бесчастнов. – М: Московский гос. ун-т дизайна и технологии, 2016. – 236 с.

УДК 677.024.756

ПЛЕТЕНИЕ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ

BRAIDING: PAST, PRESENT, FUTURE

О.Н. Коваленко, А.А. Тувин

O.N. Kovalenko, A.A. Tuvín

Ивановский государственный политехнический университет

Ivanovo State Polytechnical University

E-mail: okokovalenko@mail.ru , tuvín1958@mail.ru

Одним из перспективных направлений разработок в области производства объемно-армированных композитов является получение более сложных по структуре объемных, многослойных армирующих материалов и сложнопрофильных преформ (заготовок) на их основе. Одной из ключевых технологий изготовления таких преформ является плетение.

В статье описывается путь развития технологии плетения и плетельного оборудования от древнейших времен до появления современных технологий.

Ключевые слова: плетение; плетельное оборудование; 2D плетение; 3D плетение; триаксиальные бесшовные оболочки;

One of the promising areas of development in the field of production of bulk-reinforced composites is the obtaining of more complex structured volume, multilayer reinforcing materials and complex profile preforms (blanks) based on them. One of the key technologies in the manufacture of such preforms is braiding.

The article describes the path of development of the technology of braiding and braiding equipment from ancient times to the advent of modern technology.

Key words: braiding; braiding equipment; 2D braiding; 3D braiding; triaxial seamless casings.

Текстильные технологии уходят корнями в древние цивилизации, где плетение использовалось для получения из волокон изделий нужной формы. Помимо того, что плетеные из натуральных материалов предметы в то время нашли широкое применение в быту (канаты, циновки, корзины, головные уборы, одежда и т.д.), некоторые из них создавались, исходя из религиозных соображений, что связано, прежде всего, с поклонением архаического человека богам и духам природы. С началом культивирования злаковых культур, появилось множество обрядов и ритуалов, связанных с посевом семян и сбором урожая. Согласно мифам различных народов, семена пшеницы и риса (в странах Восточной Азии) имели божественное происхождение, поэтому стебли этих культур использовались для создания ритуальных символов, чаще всего в виде плетеных фигурок богов и богинь или «клеток», которые по мнению людей того времени, служили временным пристанищем для духов полей после уборки урожая.

Со временем мироощущения человека трансформировались, и природа дистанцировалась от Бога и стала восприниматься как источник материалов, сил и энергии, которые человек может использовать в том случае, если сможет объяснить ее законы с точки зрения науки.

Изобретение первой плетельной машины и начавшаяся в середине 18 века промышленная революция стали ключевым этапом развития плетельных технологий. Непрерывно совершенствующаяся конструкция плетельных машин позволяла создавать изделия принципиально новой конфигурации с использованием различных типов

натуральных и синтетических волокон, что способствовало внедрению данной технологии в различные отрасли промышленности.

Первая в мире плетельная машина была изобретена в 1767 году в Англии и спустя 20 лет построена в Германии. С технологической точки зрения, машина была предназначена для изготовления двухмерных тонкостенных цилиндров (шнуров) и имела относительно простые, но принципиально новые механизмы, на которых стали базироваться все последующие конструктивные модификации плетельных машин

Современные плетельные машины, используемые в композитном производстве, также являются модификацией машин Мэйпул, усовершенствованных с целью создания более сложной геометрии создаваемых на них изделий.[1]

Современный немецкий промышленный стандарт DIN 60000 дает определение плетению как «двухмерные или трехмерные ткани с равномерно распределенными нитями, а также замкнутые тканые структуры, нити которых взаимно перекрещиваются в диагональном направлении к кромке».

Существующие виды плетения подразделяются на три условных группы: 2D, 2,5D и 3D.

Двухмерное плетение – это традиционные виды плетения, в результате которых вырабатывается полая оболочка цилиндрической (рукавной) формы.

2,5-мерное плетение отличается тем, что формирование плетеной оболочки осуществляется на основах (оправах) различных объемных форм, при этом изменение формы сечения вырабатываемой оболочки достигается за счет изменения угла расположения переплетаемых нитей.

В 2D плетельных машинах блок шестерен, крылатки и плита с траком расположены на периферии. Увеличение количества веретен, приводит к увеличению габаритов самой машины и производимых на ней изделий. Увеличение габаритов машины в свою очередь дает возможность использования сердечников или заполнителей, расширяя тем самым ее функциональные возможности. Плетение, при котором нити оплетают сердечник, называется оплеткой и позволяет создавать изделия замкнутой формы. Оплетка является одним из основных методов производства композитных тканых преформ. Тканые преформы имеют форму, приближенную к окончательной форме композитного изделия, и предназначены для структурного армирования. 2D плетельные машины при использовании моделирующих сердечников позволяют легко формировать комплексные трехмерные структуры. Сердечники могут быть жесткими, надувными, ломкими и даже растворимыми, в случае если необходимо их удалить.

Когда плетельные веретена параллельны оси машины, происходит внутреннее взаимодействие нитей, которое может предотвратить растяжение ткани на опушке. В процессе плетения между нитями и ушками на веретенах должен быть соответствующий зазор, чтобы предотвратить спутывание нитей. Зазор может быть образован естественным образом за счет геометрии, то есть нити образуют конус с центром плетения или искусственно, используя формирующее кольцо. Формирующие кольца способствуют сведению нитей в одной точке и позволяют осуществлять плетение в прямом и обратном направлениях.

На рисунке 1 показан принцип изготовления плетеных преформ. Оборудование позволяет выпускать преформы как в виде рукава, так и в виде ленты (ткани), замыкая или размыкая линию движения веретен.

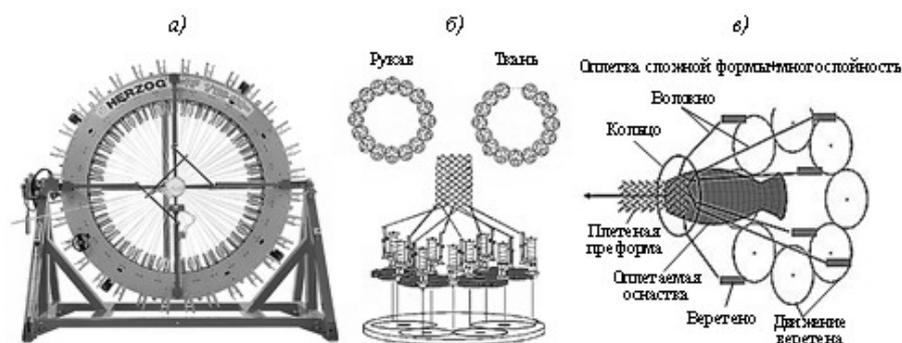


Рис.1 Изготовление плетеных преформ, рукава (ленты) или многослойной оплетки с использованием специализированной оснастки фирм (а) Herzog Maschinenfabrik; (б) Niederrhein University of Applied Sciences; (в) Mönchengladbach, Dept. of Textile and Clothing Technology

Существуют две основные схемы армирования плетения – биаксиальная и триаксиальная. Схемы представлены на рисунке 2. Варьируя угол плетения, можно получать те или иные свойства, которые необходимы в конкретной конструкции, в зависимости от вида нагрузки – кручение, сдвиг, сжатие или сложные комбинации этих нагрузок. С увеличением угла плетения уменьшаются прочность и модули при растяжении и сжатии при приложении нагрузки в нулевом направлении. При приложении нагрузки в направлении 90 град.[2 с.59].

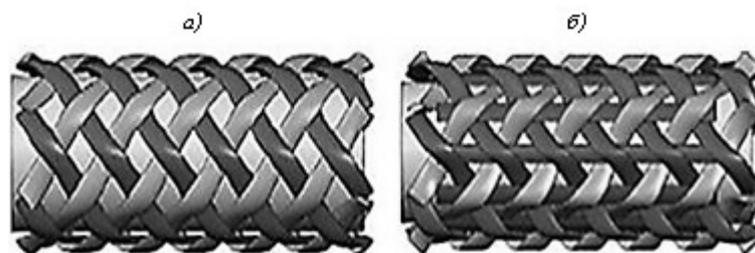


Рис. 2. Схемы плетеных преформ с биаксиальным (а) и триаксиальным (б) направлениями армирования

Зарубежные компании успешно осваивают процесс 2D и 2.5 D плетения и внедряют его в собственное производство. Наиболее традиционными и характерными областями применения таких материалов являются аэрокосмическое и оборонное машиностроение.

Технология плетения используется при производстве элементов мотогондолы авиадвигателя и его вентиляторных лопаток, стрингеров, лонжеронов, шпангоутов, лопастей винтов, различных корпусных элементов и многого другого. В ракетостроении освоено производство корпусов ракет, представлены на рисунке 3. В разработке находятся технологии производства автомобильных рам и прицепов, в строительстве перспективно использование плетения в конструкциях мостов, опор линий электропередач и освещения. [3 с. 364–371]



Рис. 3 Применение 2.5 плетения при изготовлении фюзеляжа ракет (компания Fiber Innovations)

Трёхмерное плетение отличается от двухмерного увеличением толщины производимого изделия за счет введения дополнительных слоев пряжи.

Трёхмерное плетение может быть определено как процесс, при котором в плетении участвует более чем один слой пряжи по толщине структуры.

Основное трёхмерное плетение производится за счет смещения пряжи, выполняемого на прямоугольном плетельном станке, в двух ортогональных направлениях (горизонтальном и вертикальном). Быстрое развитие трёхмерная плетельная технология получила с момента выхода патента «Быстрое косое ткачество». В настоящее время существуют два основных направления трёхмерного плетения: «Картезианское» (или цилиндрическое в его модифицированном виде), так же называемое «ряды и столбики» (соответственно «кольца и столбики»), и «Круговое» плетение. Картезианское плетение позволяет осуществлять индивидуальный контроль смещения каждого ряда и столбца в цикле переплетения. При его использовании формирование различных сложных форм достигается путём изменения длины каждого ряда и пространственного смещения столбцов. Перемещение столбцов заключается в смещении держателей нитей (бобин). Перемещение рядов и столбцов может быть выполнено механически или пневматически. [4 с.21-240]

3D плетельные машины стали использоваться с начала 20 века или даже раньше, производя уникальные ткани, армирующие наполнители и предметы одежды. В 1960-х годах правительство США совместно с учеными и инженерами уделяло особое внимание разработке машин для трехмерного плетения для изготовления углеволоконных преформ для композитной промышленности, в результате чего, начиная с того времени. Следует однако заметить, что 2D и 3D плетение требует синхронизированных движений веретен и натяжных приспособлений. Геометрия выреза в плите отличается от цилиндрической траектории движения крылаток, предназначенной для получения комплексных или даже твердых тел с отверстиями и разветвлениями, с включением продольных нитей или без. Изменения выреза в плите позволяет получать трехмерно-армированные плетеные изделия с нецилиндрическим сечением. Наличие трансверсальных нитей в цельных плетеных структурах обеспечивают их высокие прочностные и сдвиговые характеристики. Плетельные машины подобной конструкции являются последней модификацией машины Мэйпул.

Прямолинейный трак в плите предоставляет возможность использования механизма для движения веретен вместо крылаток. Такие плетельные машины часто относят к машинам челночного типа. Принимая во внимание тот факт, что двухмерное плетение находит применение в самых разнообразных отраслях промышленности и товарах широкого потребления, трехмерное плетение используется фактически только в композитной индустрии.

Исследования способов изготовления трехмерных плетеных тканей и композитов продолжается и в настоящий момент.

Альтернативные методы трёхмерного переплетения исключают часть указанных недостатков Картезианского плетения. Так в наиболее популярной «классической» схеме двухмерного «кругового плетения»

(также называемого «трубчатым плетением») есть две системы нитей, которые переплетаются. Важно то, что все нити перемещаются одновременно: все нити одной системы перемещаются по часовой стрелке, в то время как все нити другой системы перемещаются в противоположном направлении. На этом принципе основаны современные мульти-модульные станки. Мульти-модульный плетельные станки только входят в использование. Они достаточно дорогостоящие, но обладают практически неограниченными возможностями по производству плетёных оболочек различных объёмных форм. Плетельный станок Herzog 3-D-Flechtmaschine CAB 9-32-220, показанный на рисунке 4, является последним изобретением немецких конструкторов. На станке выполняется трёхмерное плетение, процесс является полностью автоматизированным. На станке выполняется трехмерное плетение, процесс является полностью автоматизированным. Каждая крылатка индивидуально управляется, и каждое пересечение так же осуществляется индивидуально, при этом оба этих процесса контролируются программным обеспечением. В связи с этим переносные механизмы нитедержателей могут следовать по свободно спроектированному пути.

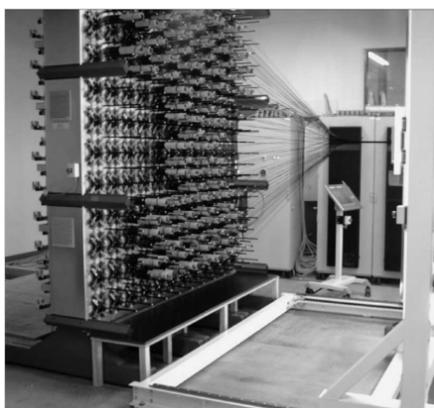


Рис. 4 Плетельный станок Станок Herzog 3-D-Flechtmaschine CAB 9-32-220

Совершенно новой эрой для плетения становится производство плетеных триаксиальных бесшовных оболочек. Они могут составить огромную конкуренцию другим видам технологии создания плетеных преформ.

Использование трёх основных систем нитей в структуре плетеного изделия расширяет возможности создания объёмных бесшовных форм, так как изменение кривизны создаваемой оболочки возможно в трёх, а не в двух направлениях, как это было ранее в двуаксиальных тканях. Технологически процесс создания триаксиальных бесшовных оболочек состоит из двух стадий: расчёт количества нитей в сечениях вырабатываемой оболочки и производство изделия (оболочки). Происходит объединение процессов текстильного и швейного производства в один неразрывный технологический процесс, что обеспечивает значительное снижение материалоёмкости и трудоёмкости за счёт ликвидации швов и припусков к ним, а также сокращения трудовых и материальных затрат на операциях подготовительно-раскройного производства. Плетеные триаксиальные оболочки успешно применяются при производстве изделий бытового назначения. Свидетельством тому является разработка и изготовление бесшовного плетеного верха обуви рисунок 5 (а) и бесшовных платьев рисунок 5 (б).

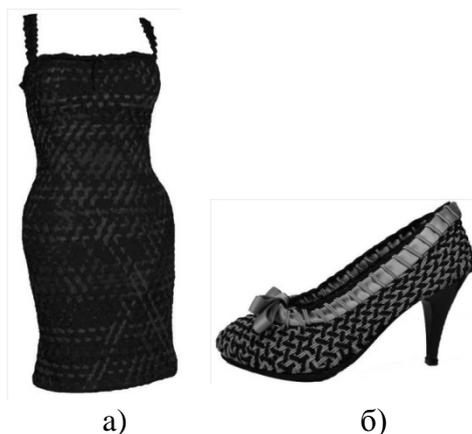


Рис. 5: (а)- Цельнотканое платье с триаксиальной структурой, (б) - Модель обуви с цельнотканой заготовкой верха [5 с.56-57]

В настоящее время основной задачей является внедрение технологии изготовления триаксиальных бесшовных оболочек в производство принципиально новых, особо прочных объёмных плетеных форм, необходимых для создания специализированных деталей изделий авиационной, космической и электронной промышленности. Но для этого потребуются еще много исследований в области усовершенствования технологии плетения и модернизации плетельного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степин В.С., Горохов В.Г., Розов М.А. Философия науки и техники // М. 1999.
2. Okano M., Sugimoto K., Saito H. et al. Effect of the braiding angle on the energy absorption properties of a hybrid braided FRP tube /Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part L. 2005. V. 219. №1. P. 59.
3. Erber A., Birkefeld K., Drechsler K. The influence of braiding configuration on damage tolerance of drive shafts /In: SAMPE EUROPE 30-th international Jubilee Conference and Forum. Paris. 2010. P. 364–371
4. T.D. Kostar and T.-W. Chou. Braided Structures in 3-D Textile Reinforcements in Composite Materials: Woodhead Publ. Ltd, Cambridge, England. 1999, p. 21-240.
5. Лаврис Е.В. Цельнотканые оболочки с триаксиальной структурой: текстильные изделия нового поколения // Текстильная промышленность. 2008. №11-12. С.56-57.