

ОСОБЕННОСТИ 3D-ТКАНЕЙ И СПОСОБОВ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ*

FEATURES OF 3D-FABRICS AND METHODS FOR THEIR MANUFACTURE

С.Д. НИКОЛАЕВ, В.Т. СЕРГЕЕВ
S.D. NIKOLAEV, V.T. SERGEEV

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
АО "ТРИ-Д")

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
JSC "TRI-D")

E-mail: nsd0701@mail.ru, vladimir@3dfabrics.ru

В статье приведены особенности структуры и свойств современных 3D-тканей, область их применения, ассортимент тканых препрегов, выпускаемых фирмой "ТРИ-Д". Показаны особенности заправки и изготовления многослойных тканей. Перечислены преимущества тканых препрегов. Показаны особенности технологии изготовления данных тканей.

The article presents the features of the structure and properties of modern 3D-fabrics, the scope of their application, the range of woven prepregs produced by TRI-D. The features of the filling and production of multi-layered tissues. The advantages of woven prepregs are listed. The features of manufacturing technology of these fabrics are shown.

Ключевые слова: многослойные ткани, препреги, углеродные и стеклянные нити, слои, основа, уток.

Keywords: multilayer fabrics, prepregs, carbon and glass filaments, layers, base, ducks.

В настоящее время различные отрасли промышленности широко используют конструкционные материалы. Наиболее подходящими для композитов являются объемные ткани, которые позволяют иметь слоисто-каркасные конструкции как по глубине тканого полотна, так и по его ширине и длине. При этом все большее внимание уделяется тканым преформам.

Тканые препреги и 3D-ткани находят с каждым годом все большее использование. Однако особенности структуры этих материалов не позволяют вырабатывать их на имеющемся стандартном технологическом оборудовании и, как следствие, нет возможностей производить такие ткани в достаточном количестве.

Можно выделить следующие группы 3D-тканей:

- многослойные ткани постоянной ширины;
- многослойные ткани переменной ширины и слоисто-каркасные ткани;
- тканые преформы.

Фирма "ТРИ-Д" в настоящее время является одной из немногих, кто успешно решает задачи выпуска данных тканей.

Наиболее интенсивно эти направления развиваются в США, России и Китае.

Отметим некоторые из известных структур 3D-тканей и способов их изготовления, авторство которых закреплено в Российской Федерации.

* По материалам пленарного доклада на XXI Международном научно-практическом форуме "SMARTEX-2018" (г. Иваново, ИВГПУ, 2018).

Известна многослойная ткань, выполненная из уточных нитей и двух систем основных нитей, одна из которых служит для создания складок с верхними и нижними отворотами, скрепленных второй основной системой по нижнему отвороту с помощью фиксирующих уточных нитей. При одном и том же количестве нитей ткань дополнительно содержит две основные системы, одна из которых предназначена для скрепления складок по верхнему отвороту фиксирующими уточными нитями, а другая – для прошивания складок основными нитями; при этом одна и та же прошивающая основная нить расположена на разных уровнях по толщине ткани и с определенным интервалом по ширине ткани, закрепляя складки на разных уровнях. Предлагаемая ткань имеет очень высокие прочностные свойства [1]. Предложен способ ее изготовления.

Известна цельнотканая трехмерная заготовка, которая выполнена с элементами жесткости, проходящими в двух направлениях; сформирована из ткани-основы, которая состоит из первого, второго и третьего тканых слоев. Множество нитей переплетены в зоне между первым и вторым слоями таким образом, что первый слой может быть отогнут от второго. Дополнительное множество нитей переплетено в зоне между вторым и третьим слоями, так что третий слой может быть отогнут относительно второго. По завершении сгибания ткани-основы формируют цельнотканую трехмерную заготовку с элементами жесткости, проходящими в двух направлениях. Изобретение обеспечивает создание трехмерных заготовок, удобных в применении и более прочных [2].

Известна трехмерная ткань для центральной и периферийно отформованной заготовки. Центральная и периферийная предварительно отформованные заготовки крепятся друг к другу при помощи вязальных проводов, при этом каждый вязальный провод проходит сквозь каждую из предварительно отформованных заготовок или, по меньшей мере, сквозь часть из них. Полученная механическая деталь обладает небольшой массой и хорошо выдерживает нагрузки [3].

Известна вкладная стелька для обуви, представляющая собой многослойную ткань с хорошими гигиеническими свойствами. При ее изготовлении используется метод однозевного жаккардового ткачества на ткацком оборудовании при одновременном увеличении срока использования стельки и придания регулируемой упругости стельки, учитывающей особенности строения стопы человека в процессе носки. Многослойная вкладная стелька состоит из верхнего обращенного к стопе тканого слоя, нижнего тканого слоя, прилегающего к внутренней стороне обуви, и среднего слоя между ними, которая изготовлена с количеством средних слоев, выполненных полотняным переплетением из льняных нитей каждый, состоящих из горизонтальных и вертикального слоев не более четырех [4].

Известна многослойная ткань, которая содержит: по меньшей мере 28 нитей утка, расположенных в шахматном порядке и образующих 8 столбцов, содержащих поочередно 4 и 3 нити утка, при этом нити утка расположены на 7 уровнях. Технический результат заключается в получении материала с хорошим сопротивлением расслоению, ударной прочностью и сопротивлением сжатию, при этом с хорошей способностью к деформации, а также с повышенными механическими характеристиками [5].

Известна упрочняющая волоконная структура для изготовления детали из композиционного материала и детали, включающей данную структуру. Волоконная структура имеет внутреннюю или срединную часть и часть, примыкающую к внешней поверхности или поверхностному слою структуры, при этом волоконная структура сформирована объемным переплетением в ее срединной части при помощи, по меньшей мере, одного переплетения, выбранного из интерлок-переплетения и многослойного переплетения, и путем переплетения в ее поверхностном слое с атласным переплетением. Достижимый при этом технический результат заключается в создании цельнотканой упрочняющей волоконной структуры с заданными механическими свойствами и сохраненной структурной непрерывностью [6].

Известны комбинированные трехмерные тканые многослойные части для композитных конструкций. В форме трехмерных тканых заготовок для армированных композитных конструктивных элементов, имеющих квазиизотропное или многонаправленное упрочнение на одном или двух концах конструктивного элемента и приблизительно однонаправленное упрочнение во всех других зонах. Заготовка содержит центральную часть со множеством сотканых слоев, первую и вторую концевые части со множеством независимых тканых слоев, которые сотканы в одно тканое полотно со множеством вплетенных слоев в центральной части и проходят по всей длине заготовки. Вплетения между множеством независимых тканых слоев в первой и второй концевых частях являются диагональными слоями. Заготовка по изобретению может использоваться для изготовления композитных конструктивных элементов, несущих большие концентрированные нагрузки, например для подкосов и балок строительных конструкций [7].

Известна волокнистая армирующая структура для изготовления детали из композитного материала. Она соткана в виде единой детали для изготовления детали из композитного материала и имеет внутреннюю часть, или сердцевину, выполненную посредством трехмерного тканья из нитей, образованных из дискретных волокон, и часть, граничащую с наружной поверхностью, или оболочку, выполненную посредством переплетения с нитями, образованных из непрерывных элементарных нитей [8].

Известна волокнистая армирующая структура сложного атласного переплетения для изготовления детали из композитного материала. Она получена посредством многослойного трехмерного ткачества с переплетением сложного атласного переплетения, содержащей: по меньшей мере, первый, второй и третий соседние слои нитей утка, причем нити утка первого, второго и третьего слоев расположены в колонках, каждая из которых содержит нить утка каждого из упомянутых слоев, первый комплект нитей основы, в котором каждая нить основы поочередно захватывает одну нить утка из

числа n нитей первого слоя нитей утка и одну нить из числа n нитей второго слоя нитей утка, соседнего с первым, и второй комплект нитей основы, в котором каждая нить основы поочередно захватывает одну нить утка из числа n нитей второго слоя нитей утка и одну нить из числа n нитей третьего слоя нитей утка, соседнего со вторым, при этом оба комплекта нитей основы следуют по сходным путям, но со смещением один относительно другого по направлению основы, так что в одной и той же плоскости переплетения нити второго слоя нитей утка, захваченные нитью основы первого комплекта и нитью основы второго комплекта, различны, а число n является целым числом, по меньшей мере, равным 3. Технический результат заключается в обеспечении достаточной связи между слоями для предотвращения расслаивания без влияния на механическую прочность в направлении, параллельном плоскостям слоев [9].

Известны и другие исследования, проведенные за рубежом. Однако работ, проводимых в России, немного. В настоящее время только несколько российских фирм выпускают многослойные ткани и тканые препреги. Одним из таких предприятий является АО "ТРИ-Д". Область использования многослойных тканых материалов и 3D-тканых преформ разнообразна. Это: ракетно-космическая, авиационная, металлургическая отрасли, материалы для судостроения, сварки, теплоизоляции, термообработки (рис. 1-а, б – внешний вид 3D-материалов).



а)

б)

Рис. 1

Многослойная тканая структура очень сложная. Конечное строение такой ткани зависит от многих переменных: вида сырья

(бесщелочное, алюмоборосиликатное стекло, кремнеземные, кварцевые, углеродные, базальтовые нити); структуры нитей (однородные, крученые, текстурированные); линейной плотности нитей (170...1200 текс); вида переплетения.

Сейчас выпускаются ткани толщиной от 1,6 до 50 мм, масса единицы площади составляет от 0,5 до 11 кг. Выпускаются комбинированные тканые материалы. Многослойные ткани и цельнотканые заготовки могут быть сотканы с использованием нескольких различных волокон для создания комбинированных гибридных тканей. Уровень комбинирования может изменяться. Например, ткани могут быть сотканы из различных волокон в каждом направлении (X, Y и Z), при этом в каждом основном слое может использоваться различное волокно. Нити в направлении Z также могут быть изготовлены из различных волокон. Количество волокон в каждом направлении можно варьировать для достижения желаемого объема волокна в каждом направлении. Для изготовления тканой заготовки, приведенной на фото, применяются два вида нитей: углеродные нити, которые образуют наружную поверхность заготовки, и кварцевые нити, которые образуют внутренние слои тканой заготовки. (рис. 2 – внешний вид комбинированной многослойной ткани). Комбинация используемых нитей и видов базовых переплетений позволяет решить проблему по созданию многослойных тканей, обеспечивающих комплекс заданных свойств в композитном материале: надежная тепловая и силовая защита, требуемые радиотехнические свойства, стойкость к абляции и др. в условиях высоких температур и больших аэродинамических нагрузок.



Рис. 2

На рис. 3 представлен внешний вид некоторых тканых преформ.



Рис. 3

Для изготовления многослойных тканей и 3D-тканых структур используются в основном челночные ткацкие станки с фронтальным прибором (рис. 4 – оборудование для изготовления многослойных тканей и 3D-тканых структур).



Рис. 4

В настоящее время АО "ТРИ-Д" проводит работы по совершенствованию технологии разработки и производства многослойных тканей и цельнотканых многослойных заготовок (ЦТМЗ) на базе научных исследований, проводимых в АО "ТРИ-Д". Одновременно с разработкой технологии проводятся исследования по разработке нового ткацкого оборудования для производства многослойных тканей совместно с ОАО "Текстильмаш" (г. Чебоксары) и нового ткацкого оборудования для производства ЦТМЗ совместно с ООО "Инжиниринговый Центр "Новые ткацкие технологии и машины" (г. Шуя, бывший Шуйский машиностроительный завод), а также совместно с

ООО "ИНЭЛСИ" (г. Иваново) разрабатываются автоматизированная система подготовки технологических параметров производства и система электронного управления ткацким оборудованием. В конструкциях создаваемого оборудования предусмотрены принципиально новые виды работ основных механизмов ткацкого станка.

ВЫВОДЫ

Показано, что при возрастающей необходимости в разработке и изготовлении 3D-тканей и тканых препрегов требуется направить усилия ученых и производственников на разработку технологического оборудования, которое должно учитывать структуру многослойных тканей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент РФ RU2164568. Ткань многослойная и способ ее изготовления (Еровенкова В.И., Аитова М.Ю., Павлихина И.Ю.), опубл.: 27.03.2001.
2. Патент РФ RU2386733. Трехмерная тканая панель с выполненными за одно целое с ней элементами жесткости (Геринг Джонатан), ОЛБЭНИ ЭНДЖИНИРЕД КОМПОЗИТС, ИНК. опубл.: 20.04.2010.
3. Патент РФ RU2398056 (С2). Механическая деталь и способ ее изготовления КУП Доминик (FR) ДАМБРИН Брюно (FR) ЛАКОРР Фабьенн (FR) МАЙЕ Жан-Ноэль (FR) МАДЕК Ален (FR) SNECMA, Paris [FR] SNECMA, Paris [FR] опубл.: 27.08.2010.
4. Патент РФ RU2401023. Многослойная вкладная стелька /Булгаков Валерий Филиппович (RU), Голикова Ж.Э., Козлов Иван Григорьевич (RU), Бочкарева Надежда Сергеевна (RU), Гринькин Владимир Николаевич (RU), Могильный Алексей Николаевич (RU), Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна" (RU), опубл.: 10.10.2010.
5. Патент РФ RU2401891 (С1). Трехмерная композитная ткань (ДЕНЛАВИ Патрик (FR)), опубл.: MESSIER DOWTY SA [FR], 20.10.2010.
6. Патент РФ RU2409468 (С2). Упрочняющая волоконная структура для детали из композиционного материала и деталь, содержащая эту структуру (КУП Доминик (FR), ДАМБРИН Рюно (FR), БУЙОН Эрик (FR), МАЙЕ Жан Ноэль (FR), ШАРЛЕ Франсуа (FR). SNECMA [FR]; SNECMA PROPJULS ON SOLID [FR]: опубл.: 20.01.2011.
7. Патент РФ RU2415976 (С2), Комбинированные трехмерные тканые многослойные столбчатые части для композитных конструкций (Геринг Джо-

нотан), ALBANY ENGINEERED COMPOSITES INC [US опубл.: 10.04.2011.

8. Патент РФ RU2427675 (С2). Волокнистая армирующая структура для изготовления детали из композитного материала (ШАРЛЕ Франсуа (FR), КУП Доминик (FR), БУЙОН Эрик (FR), ЛУШЕ-ПУИЛЛЕРИ Каролин (FR), БУВЬЕ Реми (FR), SNECMA PROPULSION SOLIDE [FR].: опубл.: 27.08.2011.

9. Патент РФ RU2439222 (С2), опубл.: 10.01.2012 Волокнистая армирующая структура сложного атласного переплетения для изготовления детали из композитного материала. Способ изготовления многослойной контурно-профильной ткани (КУП Доминик (FR) ШАРЛЕ Франсуа (FR) РИШАР Жан-Филипп (FR) SNECMA PROPULSION SOLIDE [FR].

REFERENCES

1. Patent RF RU2164568. Tkan mnogoslajnaya i sposob ee izgotovleniya (Erovenkova V.I., Aitova M.Yu., Pavlihina I.Yu.), opubl.: 27.03.2001.
2. Patent RF RU2386733. Trehmernaya tkanaya panel s vypolnennymi za jedno celoe s nej elementami zhestkosti (Gering Dzhonatan), OLBENI ENDZHINIREД КОМПОЗИТС, ИНК. opubl.: 20.04.2010.
3. Patent RF RU2398056 (S2). Mehanicheskaya detal i sposob ee izgotovleniya KUP Dominik (FR) DAMBRIN Bryuno (FR) LAKORR Fabenn (FR) MAJE Zhan-Noel (FR) MADEK Alen (FR) SNECMA, Paris [FR] SNECMA, Paris [FR] opubl.: 27.08.2010.
4. Patent RF RU2401023. Mnogoslojnaya vkladnaya stelka /Bulgakov Valerij Filippovich (RU), Golikova Zh.E., Kozlov Ivan Grigorevich (RU), Bochkareva Nadezhda Sergeevna (RU), Grinkin Vladimir Nikolaevich (RU), Mogilnyj Aleksej Nikolaevich (RU), Gosudarstvennoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego professionalnogo obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet tehnologii i dizajna" (RU), opubl.: 10.10.2010.
5. Patent RF RU2401891 (C1). Trehmernaya kompozitnaya tkan (DENLAVI Patrik (FR)), opubl.: MESSIER DOWTY SA [FR], 20.10.2010.
6. Patent RF RU2409468 (S2). Uprochnyayushaya volokonnaya struktura dlya detali iz kompozicionnogo materiala i detal, sodержashaya etu strukturu (KUP Dominik (FR), DAMBRIN Ryuno (FR), BUJON Erik (FR), MAJE Zhan Noel (FR), ShARLE Fransua (FR). SNECMA [FR]; SNECMA PROPJULS ON SOLID [FR]: opubl.: 20.01.2011.
7. Patent RF RU2415976 (S2), Kombinirovannye trehmernye tkanye mnogoslajnye stolbchatye chasti dlya kompozitnyh konstrukcij (Gering Dzhonotan), ALBANY ENGINEERED COMPOSITES INC [US opubl.: 10.04.2011.
8. Patent RF RU2427675 (C2). Voloknistaya armiruyushaya struktura dlya izgotovleniya detali iz kompozitnogo materiala (ShARLE Fransua (FR), KUP Dominik (FR), BUJON Erik (FR), LUSHE-PUILLERI

Karolin (FR), BUVE Remi (FR), SNECMA PROPULSION SOLIDE [FR],: opubl.: 27.08.2011.

9. Patent RF RU2439222 (C2), opubl.: 10.01.2012
Voloknistaya armiruyushaya struktura slozhnogo atlasnogo perepleteniya dlya izgotovleniya detali iz kompozitnogo materiala. Sposob izgotovleniya mnogo-slojnoj konturno-profilnoj tkani (KUP Dominik (FR)

ShARLE Fransua (FR) RIShAR Zhan-Filipp (FR) SNECMA PROPULSION SOLIDE [FR].

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы РГУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 15.08.18.
