

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТРИАКСИАЛЬНОЙ ТКАНИ И ТКАНИ ОРТОГОНАЛЬНОГО СТРОЕНИЯ ПОЛОТНЯНОГО ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ

COMPARATIVE STUDY OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF TRIAXIAL FABRIC AND FABRIC WITH PLAIN WEAVE ORTHOGONAL STRUCTURE

Л.В. КОЖЕВНИКОВА, Т.Ю. КАРЕВА, С.О. КОЖЕВНИКОВ

L.V. KOZHEVNIKOVA, T.YU. KAREVA, S. O. KOZHEVNIKOV

(Ивановский государственный политехнический университет,
Ивановский государственный энергетический университет)

(Ivanovo State Polytechnic University,
Ivanovo State Energetic University)

E-mail: kozhevnikova@ivgpu.com

В работе исследованы образцы полотняного переплетения ткани классического ортогонального строения и новой триаксиальной структуры при условии равного материаловложения. Определено, что удлинение на разрыв по основе у образцов триаксиальной ткани больше, чем у образцов полотняного переплетения, в среднем на 11%, а разрывная нагрузка вдоль основных нитей – в среднем больше на 2,6%, что статистически значимо. При этом плотности по основе и по утку в триаксиальной ткани оказались немного ниже значений, полученных в образцах полотняного переплетения ткани классического строения. Проведенные исследования подтвердили более высокие показатели физико-механических свойств тканей неортогонального строения по сравнению с тканями ортогонального строения.

In the work samples of plain weave orthogonal structure and a new triaxial structure with equal investment of material are researched. It was determined that the elongation break on the warp of triaxial fabric samples is greater than samples of plain weave, on average by 11%, and the breaking load of the warp threads is on average more by 2.6%, which is statistically significant. Moreover, warp and weft densities in the triaxial fabric turn out to be a bit lower than the values of plain weave fabric samples of classical structure. The research confirmed the higher indices of physical and mechanical properties of non-orthogonal fabrics comparing with orthogonal fabrics.

Ключевые слова: ортогональная структура, неортогональная структура, триаксиальные ткани, разрывная нагрузка, прогнозирование разрывной нагрузки, удлинение ткани на разрыв.

Keywords: orthogonal structure, non-orthogonal structure, triaxial fabrics, breaking load, prediction of breaking load, break elongation of fabric.

Триаксиальные ткани – это ткани неортогонального строения, состоящие из двух систем основных нитей и одной системы

точных нитей. При этом нити основы располагаются в ткани под углом к утку, отличным от 90°. Была поставлена задача по

со-зданию триаксиальной ткани новой структуры с целью импортозамещения инновационной зарубежной продукции. Иностранные ограничительные меры западных стран действовали практически всегда, в том числе во время существования СССР. Новейший этап санкций против Российской Федерации затрагивает все передовые разработки, в том числе касающиеся тканей новых структур, триаксиальных, и технологического оборудования для их производства. В связи с этим в условиях научно-образовательного центра ИВГПУ разработаны новые структуры триаксиальных тканей базового полотняного переплетения [1].

В настоящее время наблюдается повышение спроса на композиционные материалы на основе тканых структур. Отдельным направлением здесь можно выделить композиционные материалы на базе триаксиальных тканей [2]. На современном этапе развития ткачества триаксиальные ткани являются материалами нового поколения. В композите слой триаксиальной ткани придает ему изотропные свойства. Очевидны преимущества использования триаксиальных тканей в композиционных материалах для авиационно-космической промышленности и военной техники.

Триаксиальными материалами занимаются многие отечественные и зарубежные ученые. Н. Доу сформулировал базисные положения для ткачества триаксиальных тканей. Им установлено, что изотропность, необходимую для технических материалов, парашютных полотен, могут обеспечить только триаксиальные ткани, которые при одинаковой с ортогональными тканями поверхностной плотностью выдерживают большую нагрузку на разрыв.

В ИВГПУ исследованы две структуры тканей: ткань классического (ортогонального) строения полотняного переплетения и разработанная ткань триаксиальной структуры, представленная на рис. 1. Исследовались различия нагрузок на разрыв вдоль основы ткани полотняного переплетения ортогонального строения и ткани триаксиальной неортогонального строения, сформированных из одинакового сырья и с равными заправочными данными. Как из-

вестно, ткань классического строения полотняного переплетения будет иметь неодинаковые показатели физико-механических свойств при воздействии в разных плоскостях даже при условии равных плотностей ткани по основе и утку и равных линейных плотностей используемых основных и уточных нитей.

Физико-механические свойства новой структуры триаксиальной ткани будут одинаковыми в разных направлениях при постоянстве угла наклона нитей основы по отношению к утку, равного 60° . Это условие выполнимо при равенстве плотностей нитей по основе и по утку, равномерном расположении систем нитей основы между собой и поддержании натяжения основных и уточных нитей.

В разработанной структуре ткани, представленной на рис. 1, основные нити перемещаются поперек ткацкого станка с шагом $k_1=2$ [1] и взаимодействуют между собой таким образом, что каждая из нитей основы за раппорт переплетения взаимодействует (переплетается) дважды со всеми нитями основы раппорта ткани. Все основные нити переплетаются с утком полотняным переплетением кроме мест, где образуется самоформирующаяся кромка.

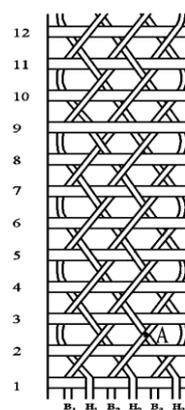


Рис. 1

Здесь нити основы обеих систем меняют направление своего движения и располагаются под двумя подряд идущими уточными нитями. В предлагаемой структуре ткани, в отличие от ткани классического строения, существуют точки А

(рис.1) – это узлы взаимодействия нитей основы между собой, наличие которых оказывает влияние на повышение физико-механических свойств тканого полотна и его потребительские свойства.

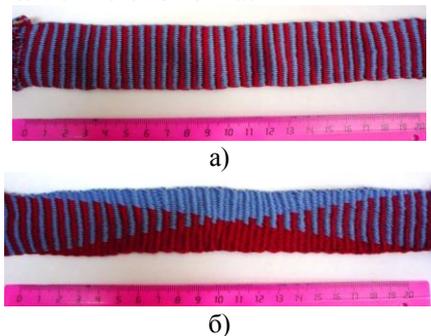


Рис. 2

Сотканы и исследованы на различия физико-механических свойств шесть образцов двух видов тканей: ткани классического строения и триаксиальной ткани. На рис. 2-а приведена фотография тканого образца полотняного переплетения, а на рис. 2-б – образец разработанной триаксиальной ткани. Взаимодействие нитей основы между собой в силу особенностей формирования триаксиальной ткани происходит между уточными нитями. При этом нити основы максимально изогнуты, а нити утка располагаются в ткани практически прямолинейно.

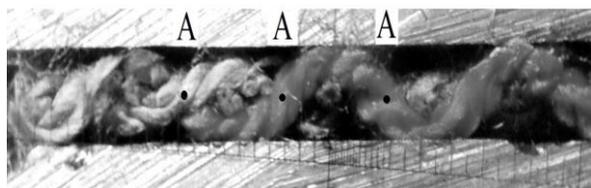


Рис. 3

На рис. 3 представлен разрез образца триаксиальной ткани вдоль основы (фотография при 10-кратном увеличении), на котором видны зоны взаимодействия основы между собой (точки А).

Фотография самосформированной кромки триаксиальной ткани показана на рис. 4. Здесь видно, что нити основы перемещаются из глубины полотна к кромке и наоборот.



Рис. 4

При выработке образцов исследуемых тканей выполнялись следующие условия:

- 1) число основных нитей было одинаковым для выполнения условия равного вложения нитей основы в образцы;
- 2) в основу и уток была введена одинаковая 100%-ная акриловая пряжа.

Формирование образцов тканей осуществлялось с обеспечением одинаковой плотности для образцов ортогонального и неортогонального строения. Однако по причине различий в строении тканей плотности по основе и утку отличались незначительно

Образцы тканей ортогонального и неортогонального строения были исследованы на разрывную нагрузку и удлинение вдоль основы, полученные результаты приведены в табл. 1. Испытания выполнялись на разрывной машине РТ-250.

Т а б л и ц а 1

Образцы, № п/п	Полотняное переплетение		Триаксиальное переплетение	
	удлинение, мм	разрывная нагрузка, кН	удлинение, мм	разрывная нагрузка, кН
1	55	0,825	65	0,845
2	50	0,820	55	0,850
3	55	0,825	60	0,840
Среднее значение	53,333	0,823	60,000	0,845

Из табл. 1 видно, что разрывное удлинение вдоль основы у образцов триаксиальной ткани больше, чем у образцов ортогонального строения, в среднем на 11%, а раз-

рывная нагрузка вдоль основных нитей – в среднем на 2,6%, что является статистически значимым [3]. У исследуемых образцов ортогонального строения полотняного пе-

реплетения плотность ткани по основе составила 101 нит./дм, а по утку – 34 нит./дм. А у образцов триаксиального переплетения плотности ткани по основе и по утку составили 99 нит./дм и 32 нит./дм, соответственно.

Как видно, плотности по основе и утку у образцов триаксиального строения оказались ниже, чем у ткани классического строения. Это связано с тем, что в структуре триаксиальной ткани есть узлы взаимодействия нитей основы между собой (рис. 1 и 4 точки А), которые требуют для себя дополнительного пространства. Однако, несмотря на меньшие значения плотностей у образцов ткани неортогонального строения, они имели более высокие показатели физико-механических свойств (табл. 1). Следует иметь в виду возможное увеличение значений разрывной нагрузки триаксиальной ткани в сравнении с тканями ортогонального строения при обеспечении оптимального угла наклона основы к утку, равного 60°.

В образцах триаксиальной ткани, полученных на стенде, величина угла наклона систем нитей основы к продольной оси ткани (к линии приложения растягивающей нагрузки) составила 5°, а к поперечной оси (к нитям утка) – 85° (рис. 3). Обеспечить оптимальный угол наклона нитей основы по отношению к нитям утка при формировании образцов не представилось возможным по причине несовершенства стенда с позиции требуемого натяжения основных и уточных нитей в процессе формирования ткани.

ВЫВОДЫ

1. Разработана структура триаксиальной ткани и получены ее образцы, что подтверждает состоятельность и реализуемость новой технологии и структуры триаксиальной ткани.

2. Проведены сравнительные испытания тканей ортогонального и неортогонального строения, в результате которых было подтверждено, что триаксиальные ткани в сравнении с тканями ортогонального строения имеют улучшенные физико-механические свойства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кожевникова Л.В., Карева Т.Ю., Кожевников С.О. Особенности структуры триаксиальной ткани // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и сервиса – 2016, №4. С.6...9.
2. Gilles Tchana Toffe, Sikiru Ismail, Diogo Montalva, Jason Knight, G.G. Ren. A Scale-up of Energy-Cycle Analysis on Processing Non-Woven Flax/PLA Tape and Triaxial Glass Fibre Fabric for Composites // Journal. Manuf. Mater. Process. – 2019,3(4), 92; <https://doi.org/10.3390/jmmp3040092>
3. Севастьянов Б.А. Курс теории вероятностей и математической статистики. – М.: Наука, 1981.
4. Кожевникова Л.В., Карева Т.Ю. Прогнозирование разрывных нагрузок тканей ортогонального и неортогонального строения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, №5. С.100...103.

REFERENCES

1. Kozhevnikova L.V., Kareva T.Yu., Kozhevnikov S.O. Features of the structure of triaxial tissue // Bulletin of young scientists of the St. Petersburg State University of Technology and Service - 2016. No. 4. P.6...9.
2. Gilles Tchana Toffe, Sikiru Ismail, Diogo Montalva, Jason Knight, G.G. Ren. A Scale-up of Energy-Cycle Analysis on Processing Non-Woven Flax/PLA Tape and Triaxial Glass Fibre Fabric for Composites // Journal. Manuf. Mater. Process. – 2019,3(4), 92; <https://doi.org/10.3390/jmmp3040092>
3. Sevastyanov B.A. Course of probability theory and mathematical statistics. – M.: Nauka, 1981.
4. Kozhevnikova L.V., Kareva T.Yu. Prediction of breaking loads of orthogonal and non-orthogonal tissues // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. –2017. No.5. P. 100...103.

Рекомендована заседанием ИЦ ТЛП. Поступила 31.03.22.