

УДК 677.017.7

**ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
И СВОЙСТВ ТЕРМОУСАЖИВАЕМЫХ ЛЕНТ,
ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**THE RESEARCH OF MANUFACTURE
AND PROPERTIES OF HEAT-SHRINKABLE WOVEN TAPES
USED FOR THE MANUFACTURE OF COMPOSITE MATERIALS**

П.Е. САФОНОВ, Н.М. ЛЕВАКОВА, С.С. ЮХИН
P.E. SAFONOV, N.M. LEVAKOVA, S.S. YUKHIN

(ООО "ТЕКС-ЦЕНТР",
Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))
(TEKS-CENTRE Ltd,
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))
E-mail: info@teks-centre.ru, office@msta.ac.ru

Статья посвящена вопросам проектирования и изготовления термоусаживаемых тканых лент из комплексных синтетических нитей. Разработанные ленты предназначены для изготовления армированных композиционных материалов методом викалевки (опрессовки). Исследованы законы нагружения нитей основы и утка на лентоткацких станках. Определены параметры строения и физико-механические свойства спроектированных лент.

The paper is devoted to the design and manufacture of heat-shrinkable woven tapes from filament synthetic threads. Developed woven tapes is constructed for making reinforced composite materials by method of crimping. Studied the laws of loading of warp and weft on narrow looms. The research parameters of structure and physical-mechanical properties of the engineered tapes.

Ключевые слова: тканые ленты, лентоткацкие станки, закон нагружения нити, параметры строения лент.

Keywords: woven tape, narrow looms, loading the thread, parameters of the structure of the woven tapes.

При изготовлении полимерных композиционных материалов, используемых в технических целях, широкое распространение получили тканые ленты из синтетических

комплексных нитей. Так называемые викалевочные ленты используются при опрессовке армированных композиционных материалов, процесс опрессовки заключается

в том, что на жесткую оправку наслаивают заготовку формуемого изделия (ткань, ма- ты или нити, пропитанные связующим), ко- торую затем обжимают тканой лентой, на- матываемой с заданным натяжением. Опрес- сованную таким способом заготовку под- вергают термообработке при 100...200°C в течение нескольких часов [1].

Для изготовления тканых викелевочных лент традиционно использовались синтети- ческие комплексные термостойкие метаара- мидные нити, известные под торговым на- званием Фенилон, имеющие относительную прочность 36...42 сН/текс и температуру дли- тельной эксплуатации 250...300°C [2]. Осо- бенностью лент из термостойких фенилоно- вых нитей являлось то, что они не имеют заметной усадки при режимах термообра- ботки опрессованной композитной конст- рукции, что в данном случае является их не-

достатком. В связи с этим существует ост- рая необходимость в разработке новых струк- тур термоусаживаемых викелевочных лент. Поэтому для изготовления современных ви- келевочных лент предложено использовать специальные высокоусадочные полиэфир- ные нити или термостойкие полифенилен- сульфидные нити. Высокоусадочные поли- эфирные нити имеют относительную разрыв- ную нагрузку на уровне 55...60 сН/текс и усад- ку в горячем воздухе при 180°C в течение 15 мин на уровне 14%, полифениленсуль- фидные нити имеют прочность на уровне 40 сН/текс и усадку в горячем воздухе при 180°C – 4,6%.

В табл. 1 представлены значения основ- ных показателей физико-механических и экс- плуатационных свойств фенилоновых, по- лифениленсульфидных и высокоусадочных полиэфирных комплексных крученых нитей.

Т а б л и ц а 1

Наименование показателя свойств	Наименование нити		
	Фенилон	Полифениленсульфид	Полиэфир высокоусадочный
Линейная плотность, текс	29,4	28,0	28,0
Число филаментов	100	48	48
Коэффициент крутки нити	19	20	22
Разрывная нагрузка, сН	1065,82	1110,49	1582,87
Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	36,25	39,66	56,53
Коэф. вариации по разрывной нагрузке, %	1,83	1,80	2,66
Удлинение при разрыве, %	25,21	24,88	14,38
Коэф. вариации по удлинению, %	3,04	2,84	8,76
Удельная работа разрыва, Дж/г	66,38	51,26	54,02
Модуль упругости, ГПа	13,08	6,52	13,15
Устойчивость к истиранию о глазок галева, циклы	6588	18636	16091
Температура, °С [2...4]:			
плавления	-	275...283	254...258
стеклования	275...300	85	76...80
предельная эксплуатации	250...300	190...220	175

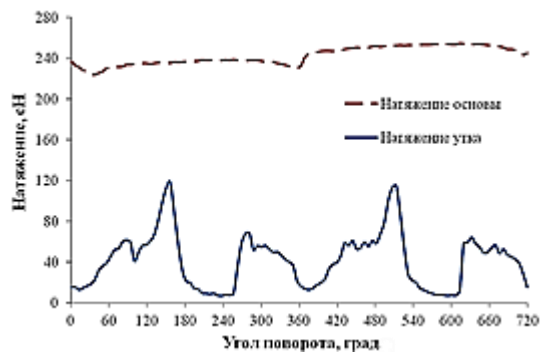
Для выработки викелевочных тканых лент шириной 80±2 мм, имеющих линей- ную плотность не более 15 г/пог. м и проч- ность вдоль основы не менее 170 кгс, пред- ложено использовать бесчелночные ленто- ткацкие станки. Рассмотрим особенности законов нагружения нитей основы и утка при изготовлении полиэфирной ленты на двух различных лентоткацких станках – ТЛБ-150 и KYF2/110GW (Китай). Принци- пияльным различием предложенной техно-

логии выработки ленты с заданными свой- ствами на станках ТЛБ и KYF является то, что на станке ТЛБ нити основы подавались со стойки шпуляричника, а на станке KYF – с ткацкого навоя.

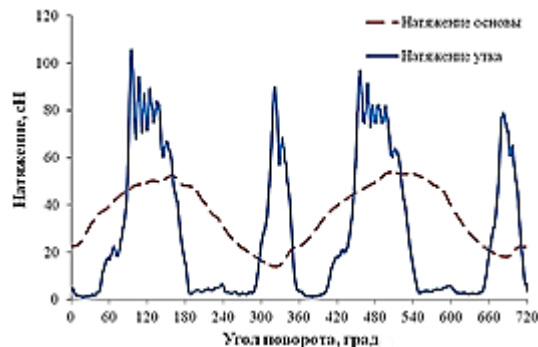
В процессе изготовления лент на стан- ках ТЛБ и KYF проводили тензометриче- ские измерения натяжения нитей основы и утка. На рис. 1 (кривые, характеризующие изменение натяжения основы и утка за время двух оборотов главного вала: а) – ста-

нок ТЛБ-140; б) – станок KYF2/110GW) представлены осциллограммы натяжения за период формирования двух элементов ткани (два оборота главного вала – 720 град) на станке ТЛБ (рис. 1-а) и KYF (рис. 1-б), а в табл. 2 – результаты обработки данных. За начальное положение – 0 град принято край-

нее положение берда при прибое уточной нити. Для тензометрических измерений использована современная высокоточная аппаратура, момент крайнего положения берда при прибое фиксировался с помощью индуктивного датчика.



а)



б)

Рис. 1

На основании данных, представленных в табл. 2 и на рис. 1, можно сделать вывод о том, что условия изготовления ленты на станке ТЛБ будут более напряженными, чем на станке KYF, притом, что станок KYF характеризуется большей скоростью вращения главного вала (в 1,7 раза).

Натяжение нитей основы на станке ТЛБ существенно (в 6,7 раза) превышает натяжение на станке KYF. Это связано с тем, что на станке ТЛБ нити основы подавались со стойки шпулярника и для выравнивания натяжения отдельных нитей, сматываемых с вращающихся катушек, необходимо создать значительное натяжение. При использовании на лентоткацком станке навоя становится воз-

можным поддерживать натяжение основы на оптимальном уровне и тем самым минимизировать ее повреждаемость.

Установлено, что максимальные значения натяжения полиэфирных нитей основы на станке ТЛБ достигают 16% от их разрывной нагрузки, а на станке KYF – всего 3,4%. При этом на станке KYF удастся получить примерно равные уровни среднего натяжения нити основы и нити утка при прокладывании. На рис. 2 представлена фотография основных нитей, подаваемых с навоя (а), и фотография, сделанная в зоне формирования ленты (б) при выходе рапиры (иглы) из зева на станке KYF2/110GW.



а)



б)

Рис. 2

Натяжение уточной нити при прокладывании на станке ТЛБ выше в 1,44 раза, чем на станке КУФ. При этом на станке ТЛБ правая кромка формировалась способом вязания уточной нити с двумя дополнительными нитями основы, а на станке КУФ – способом вязания уточной нити без дополнительных нитей основы.

При исследовании законов нагружения нитей основы (рис. 1) установлено, во-пер-

вых, что в силу малого заполнения исследуемой ленты по утку ($E_y=62,5\%$) на осциллограммах не выделяются характерные пики в момент приборя, а, во-вторых, то, что станки работают без выстоя ремизок. Поэтому закон нагружения основы на лентоткацком станке в первом приближении (при условии равенства натяжения в ветвях зева) близок к гармоническому.

Т а б л и ц а 2

Наименование параметра	Наименование лентоткацкого станка	
	ТЛБ-150	КУФ2/110GW
Скорость станка, об/мин	209	356
Теоретическая производительность, м/ч	13,9	23,8
Нить основы		
Среднее натяжение основы, сН	242,8	36,1
Максимальное натяжение, сН	254,9	54,0
Минимальное натяжение, сН	224,1	13,9
Коэффициент вариации, %	3,7	35,2
Относительный размах	0,1	1,1
Нить утка		
Среднее натяжение утка, сН	41,5	28,8
Максимальное натяжение, сН	118,6	105,6
Минимальное натяжение, сН	6,8	0,8
Коэффициент вариации, %	64,5	105,1
Относительный размах	2,7	3,6

Закон нагружения уточной нити на лентоткацком станке характеризуется: 1) снижением натяжения утка до минимума после процесса приборя; 2) увеличением натяжения при прокладывании, рапира движется в зеве слева направо, выбирая уточину; 3) снижением натяжения утка до минимума, рапира, проложив уточину, выстаивает в зеве у кромкообразующей иглы; 4) увеличением натяжения утка вследствие движения рапиры справа налево, рапира выходит из зева (рис. 2-б), а кромкообразующая игла, вытягивая уточину, движется к опушке ленты; 5) увеличением натяжения утка вследствие давления берда, перемещающегося к опушке ленты, на распрямленную уточину.

Далее рассмотрим особенности строения и физико-механические свойства изготовленных тканых лент. В табл. 3 представлены результаты испытаний свойств и параметры строения трех видов тканых лент, параметры строения лент определяли на основании поперечных микросрезов, пример которых представлен на рис. 3 (поперечные

срезы полиэфирной ленты: а) вдоль основы; б) вдоль утка).

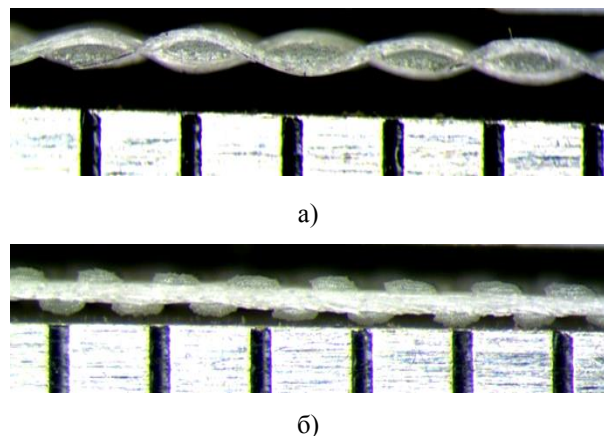


Рис. 3

Спроектированные ленты вырабатывались полотняным переплетением. При этом, что характерно для бесчелночных лентоткацких станков, в зев прокладывается сдвоенная уточина [5], поэтому фактическое переплетение ленты – репс основной 2/2.

Наименование показателя	Значение показателя свойств ленты		
	ЛТФВИ-80-250	ЛПЭВ-80	ЛПФС-80
Обозначение ленты	Фенилон	Полиэфир	Полифениленсульфид
Сырьевой состав	Фенилон	Полиэфир	Полифениленсульфид
Ширина ленты, мм	80	82	76
Линейная плотность, г/пог. м	13,3	10,45	10,35
Поверхностная плотность, г/м ²	166,3	127,44	136,18
Толщина ленты, мм	0,32	0,27	0,24
Разрывная нагрузка ленты, Н	2882,2	2913,6	2040,5
Удлинение ленты при разрыве, %	24,5	16,5	26,5
Усадка по основе, %: при 160°C в течение 4 ч при 200°C в течение 4 ч	0 0	14 17	- 7
Высота волны изгиба нити, мм: основы (ℓ_0) утка (ℓ_y)	0,238 0	0,211 0,011	0,250 0,036
Порядок фазы строения	9,0	8,6	8,0
Коэффициенты смятия нитей:			
$\rho_{ог}$	1,115	1,907	1,844
$\rho_{ов}$	0,316	0,372	0,477
$\rho_{уг}$	0,928	1,407	1,572
$\rho_{ув}$	0,300	0,466	0,500
Поверхностное заполнение ленты, %: по основе E_0 по утку E_y общее $E_{общ}$	112,7 64,0 104,6	114,9 62,5 105,6	117,1 72,5 104,7

Установлено, что все исследуемые ленты характеризуются практически прямолинейным расположением нитей утка и максимальным изгибом основы, что соответствует случаю VIII...IX порядка фазы строения ткани (ПФС) [6]. Разработанные термоусадочные ленты можно отнести к группе легких лент, так как их поверхностная плотность меньше 200 г/м² [5].

Установлено, что вновь разработанные ленты ЛПЭВ-80 и ЛПФС-80 обладают меньшей линейной и поверхностной плотностью по сравнению с фенилоновой лентой ЛТФВИ-80-250, использовавшейся ранее. При этом ленты ЛПЭВ-80 и ЛПФС-80 имеют разрывную нагрузку более 170 кгс, что удовлетворяет требованиям, а лента ЛПЭВ-80 по разрывной нагрузке не уступает фенилоновой ленте ЛТФВИ-80-250.

Разработанные ленты ЛПЭВ-80 и ЛПФС-80 имеют усадку при термической обработке при заданных режимах в отличие от фенилоновой ленты ЛТФВИ-80-250, использовавшейся для опрессовки композитных конструкций ранее. Это позволяет обеспечить стабильность процесса опрессовки и повысить качество производимых композитных конструкций.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведенных исследований сделан выбор сырьевого состава для изготовления викелевочных лент, обладающих заданной термоусадкой при формовании полимерных композиционных материалов. Взамен комплексных метаарамидных фенилоновых нитей, снятых с производства, предложено использовать высокоусадочные полиэфирные нити или нити полифениленсульфида.

2. Разработана структура и технология выработки термоусаживаемых лент шириной 80 мм на бесчелночных лентоткацких станках ТЛБ-150 и КУФ2/110GW. Установлено, что при подаче нитей основы со стойки шпуляричника с вращающихся катушек натяжение достигает 16% от разрывной нагрузки нити, процесс ткачества протекает напряженно. Для снижения напряженности процесса ткачества целесообразно подавать нити основы с навоя, при этом натяжение составит 3...4% от разрывной нагрузки нити.

3. Установлено, что исследуемые тканые ленты характеризуются крайним ПФС, а именно, ПФС=VIII...IX, нити утка располагаются прямолинейно, а нити основы име-

ют максимальный изгиб. Разработанные ленты обладают меньшей линейной и поверхностной плотностью по сравнению с фенилоновой лентой, использовавшейся ранее, при этом новые ленты удовлетворяют требованиям по разрывной нагрузке и обладают термоусадкой при заданных условиях, что позволяет обеспечить стабильность процесса опрессовки и повысить качество производимых композитных конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. № 592889 СССР, МПК D03D 15/12. Тканая лента / Кузьмин В.В., Кернасовский И.С., Оприц З.Г., Захаров В.С., Васильев Е.А.; заявка №2194005/28-12; заявл. 24.11.1975; опуб. 15.02.1978. Бюл. № 6.
2. *Перепелкин К.Е.* Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты. – СПб.: Научные основы и технологии, 2009.
3. *Михайлин Ю.А.* Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы. – СПб.: ЦОП "Профессия", 2012.
4. *Михайлин Ю.А.* Тепло-, термо- и огнестойкость полимерных материалов. – СПб.: Научные основы и технологии, 2011.
5. *Деханова М.Г., Мшвениерадзе А.П.* Лентоткацкое и плетельное производства. – М.: Легпромбыт-издат, 1987.

6. *Николаев С.Д., Мартынова А.А., Юхин С.С., Власова Н.А.* Методы и средства исследования технологических процессов в ткачестве. – М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2003.

REFERENCES

1. Pat. № 592889 SSSR, MPK D03D 15/12. Tkanaya lenta / Kuz'min V.V., Kernasovskiy I.S., Oprits Z.G., Zakharov V.S., Vasil'ev E.A.; zayavka №2194005/28-12; zayavl. 24.11.1975; opub. 15.02.1978. Byul. № 6.
2. *Perepelkin K.E.* Armiruyushchie volokna i voloknistye polimernye kompozity. – SPb.: Nauchnye osnovy i tekhnologii, 2009.
3. *Mikhaylin Yu.A.* Termoustoychivye polimery i polimernye materialy. – SPb.: TsOP "Professiya", 2012.
4. *Mikhaylin Yu.A.* Teplo-, termo- i ognestoykost' polimernykh materialov. – SPb.: Nauchnye osnovy i tekhnologii, 2011.
5. *Dekhanova M.G., Mshvenieradze A.P.* Lentotkatskoe i pletel'noe proizvodstva. – M.: Legprombytizdat, 1987.
6. *Nikolaev S.D., Martynova A.A., Yukhin S.S., Vlasova N.A.* Metody i sredstva issledovaniya tekhnologicheskikh protsessov v tkachestve. – M.: MGTU im. A.N. Kosygina, 2003.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий РГУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 07.12.18.