

УДК 539.434:677.494

**СВЯЗЬ МЕЖДУ РАБОЧИМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ
И КРУТКОЙ ШВЕЙНЫХ ЛАВСАНОВЫХ НИТОК**

Л.Н. ПЕТРОВА, А.Г. МАКАРОВ, А.В. ДЕМИДОВ, А.М. ЧЕЛЫШЕВ

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна,
ОАО "Советская звезда")

Крученые лавсановые нитки находят широкое применение в швейной и обувной промышленности. В зависимости от условий работы таких ниток выбирают швейные нитки с различной степенью крутки. Степень крутки варьируется в широких пределах и составляет определенный переход в технологической цепочке изготовления швейных ниток. Чем выше степень крутки, тем большее время требуется на ее производство.

При работе в швейной машине в момент затягивания стежка усилие в нитке достигает наибольшей величины, имеющей значение порядка 50% от разрывной нагрузки [1]. Работу швейной нитки при растяжении можно сравнить с работой пружины: сначала при определенной нагрузке происходит выработка витков пружины; при увеличении нагрузки растягивается распрямленная нитка, и в работу при этом включаются структурные механизмы ниток (макромолекулы), которые с дальнейшим увеличением нагрузки на нить претерпевают разрывы. С увеличени-

ем растягивающего усилия число разрывов макромолекул накапливается и конечным результатом является разрыв нитки.

В [2] определены характеристики релаксации и ползучести девяти вариантов швейных лавсановых ниток с различной степенью крутки производства ОАО НИИ ниток "Петронить". Эти характеристики, в свою очередь, позволили отобрать варианты швейных ниток, обладающих оптимальными деформационными свойствами.

Задача данного исследования заключалась в установлении значения таких предельных рабочих растягивающих усилий на нитки, при которых степень крутки не влияет на их деформацию.

Объектом исследований были выбраны те же девять вариантов швейных лавсановых ниток с различной степенью крутки и линейной плотностью, произведенных в ОАО НИИ ниток "Петронить".

Характеристика исследуемых швейных ниток и их деформационных характеристик представлены в табл.1.

Таблица 1

Швейные нитки (варианты)	Линейная плотность T, текс	Объемная плотность γ , г/см ³	Крутка K, кр/м	Разрывное усилие P _р , Н	Разрывное напряжение σ_p , МПа	Разрывная деформация ϵ_p , %
"1-3"	44,3	1,36	576	22	621	23,5
"2-3"	63,3	1,36	530	29	623	26
"3-3"	75,3	1,36	546	35,3	637	27
"4-3"	53,4	1,36	579	18,5	471	22,5
"5-3"	70,4	1,36	575	32,5	628	23,5
"6-3"	82,8	1,36	575	37	610	24,5
"7-3"	48,5	1,36	558	22	617	22
"8-3"	66,6	1,36	549	31	633	23
"9-3"	78,2	1,36	545	36	626	24

Характеристики работы структурных механизмов различных материалов при растяжении наглядно отражаются в диаграммах растяжения [3], [4].

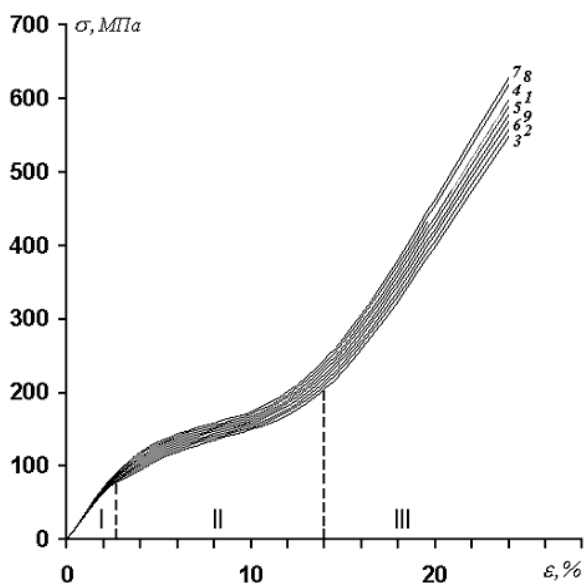


Рис. 1

На рис.1 представлены диаграммы растяжения до разрыва девяти вариантов швейных крученых ниток (1 – "1-3"; 2 – "2-3"; 3 – "3-3"; 4 – "4-3"; 5 – "5-3"; 6 – "6-3"; 7 – "7-3"; 8 – "8-3"; 9 – "9-3"). Испытания проводились на приборе Instron в режиме активного нагружения при скорости перемещения подвижного захвата $V = 100$ мм/мин.

Кривые рис.1 можно разбить на три характерных участка (I, II, III), отличающихся углом наклона касательных к каждому участку. Это указывает на изменение модуля жесткости ниток в процессе растяжения. Так, участок I, на котором связь между напряжением и деформацией носит квазиупругий характер, имеет величину модуля жесткости E_1 ; с увеличением растягивающего напряжения (участок II) модуль жесткости E_2 падает: $E_1 < E_2$.

Такое поведение ниток можно связать с накоплением разрывов в проходных макромолекулах швейных ниток. Участок III характеризуется увеличением модуля жесткости E_3 , что связано с активирующим действием растягивающего напряжения, приводящего к вынужденной ориентации макромолекул лавсана в направлении при-

ложенного растягивающего напряжения.

Основываясь на диаграммах растяжения, получаем, что предельные рабочие напряжения в швейных нитках могут достигать порядка 270 МПа, то есть участки I и II диаграммы растяжения, с точки зрения рабочих напряжений, можно считать безопасными при работе швейных ниток в швейных машинах.

Для установления связи между рабочим напряжением и степенью крутки образцы швейных ниток девяти вариантов были испытаны в режиме ползучести $\varepsilon = f(t)$ на релаксметре деформаций [5] при одинаковом для всех вариантов швейных ниток растягивающем напряжении, то есть $\sigma = \text{const}$. Выбиралось несколько значений растягивающих напряжений σ , задаваемых в безопасной зоне диаграммы растяжений, то есть в пределах I и II участков: $\sigma_1 = 50$ МПа; $\sigma_2 = 82,2$ МПа; $\sigma_3 = 100$ МПа; $\sigma_4 = 125,5$ МПа. Время испытания образцов девяти вариантов ниток составляло 1 мин.

Образцы швейных ниток девяти вариантов отличались линейной плотностью T , поэтому для достижения в них одинакового растягивающего напряжения σ для каждого варианта швейных ниток и для каждого значения задаваемого напряжения подбиралась величина растягивающих грузов P из формулы (1):

$$\sigma = \frac{P\gamma}{T}, \quad (1)$$

откуда

$$P = \frac{\sigma T}{\gamma}, \quad (2)$$

где $P(N)$ – величина груза, создающая напряжение $\sigma = \text{const}$; $T(\text{текст})$ – величина линейной плотности швейной нитки; γ (г/см^3) – удельная плотность лавсана ($\gamma = 1,36$ г/см^3); σ (МПа) – величина напряжения в нити, выбранная по диаграмме растяжения.

Из предположения, что степень крутки K не влияет на величину минутной деформации $\varepsilon_{(t=1 \text{ мин})}$, зависимость $\varepsilon_{(t=1 \text{ мин})} = f(K)$ графически должна изображаться горизонтальной прямой.

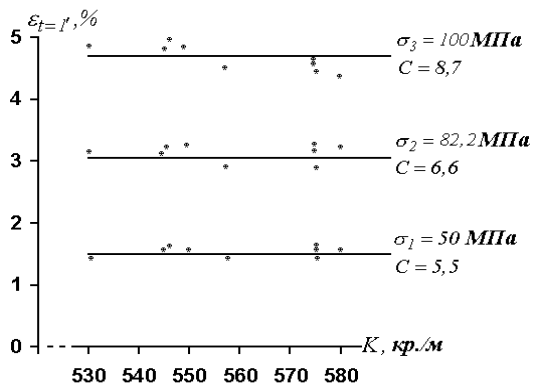


Рис. 2

С этой целью для каждого уровня выбранного с диаграммы растяжения (рис.1) растягивающего напряжения $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$ были построены графики зависимости минутной деформации $\varepsilon_{(t=1 \text{ мин})}$ от степени крутки K_j швейных лавсановых ниток для каждого уровня рабочего напряжения σ_i (рис.2). Сплошная горизонтальная прямая для каждого значения σ соответствует среднему арифметическому значению минутной деформации испытанных образцов, то есть $\varepsilon_{(t=1 \text{ мин})\text{ср}} = \bar{M}_i$:

$$\bar{M}_i = \frac{\sum_{j=1}^m \varepsilon_{(t=1 \text{ мин})j}}{m}. \quad (3)$$

Из рис.2 следует: чем больше величина растягивающего напряжения, тем больше отклонение значений минутных деформаций от среднего значения \bar{M}_i . Среднюю величину среднего квадратического отклонения от этого значения $\sigma_{\text{кв}}$ для всех значений задаваемого напряжения считали

по формуле (4):

$$\sigma_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m (M_{ji} - \bar{M}_i)^2}{m-1}}, \quad (4)$$

где M_{ji} – величина минутной деформации j -го образца $M_{ji} = \varepsilon_{(t=1 \text{ мин})j}$ при уровне задаваемого напряжения σ_i ; \bar{M}_i – средняя величина минутной деформации испытанных m образцов с различной степенью крутки $K_j (j=1, 2, \dots, m)$ и линейной плотности T_j при уровне задаваемого напряжения σ_i ; m – число последовательно испытанных образцов.

Определив значение $\sigma_{\text{кв}}$ для m образцов при выбранном значении рабочего напряжения σ_i , определяем величину коэффициента вариации C_i для этого уровня напряжения σ_i :

$$C_i = \frac{100}{\bar{M}_i} \sigma_{\text{кв}} (\%).$$

Значения $\sigma_{\text{кв}}, \bar{M}_i, C_i$ (значения минутных деформаций девяти вариантов швейных лавсановых нитей с различной степенью крутки при разных величинах растягивающих напряжений) представлены в табл.2. При вычислении этих значений была составлена программа "Определение деформационных характеристик швейных лавсановых нитей".

Таблица 2

σ , МПа/вар	$\varepsilon_{t=1'}, \%$									$\varepsilon_{t=1'}\text{ср}$ $= \bar{M}$	$\sigma_{\text{кв}}$	C
	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6	3-7	3-8	3-9			
50	1,34	1,45	1,62	1,48	1,48	1,48	1,30	1,48	1,47	1,46	0,092	5,5
82,2	2,78	3,25	3,38	3,40	3,30	3,24	2,96	3,41	3,19	3,21	0,21	6,6
100	4,52	4,84	5,20	3,92	4,58	4,48	4,12	4,85	4,76	4,65	0,41	8,7
125	5,68	8,28	9,06	9,54	7,62	7,12	7,11	8,28	8,71	7,93	1,18	14,9
K, кр/м	576	530	546	579	575	575	558	549	545			

Далее проводили сравнение полученных коэффициентов вариации C_1, C_2, C_3, C_4 (табл.2) с технически допустимой величиной $C_{\text{доп}}=10\%$ [6]. При сравнении коэф-

фициентов вариации условие

$$C_i < C_{\text{доп}}.$$

соблюдается до предельного рабочего напряжения в швейных нитках, порядка $\sigma_{\text{пред}}=100$ МПа.

На диаграмме растяжения (рис.1) точка $A(\sigma_{\text{пред}}, \epsilon_{\text{пред}})$ соответствует предельным значениям растягивающего напряжения и деформации и расположена на границе I и II участков. Очевидно, до значений $\sigma_{\text{пред}}=100$ МПа и $\epsilon_{\text{пред}} = 4\%$ в швейных крученых лавсановых нитках происходит распрямление витков крутки, и до значений этого напряжения в нитке при шитье степень крутки не влияет на ее деформацию.

ВЫВОДЫ

1. При испытании швейных лавсановых ниток с различной степенью крутки в режиме ползучести установлены величины предельных рабочих напряжений $\sigma_{\text{пред}}$ и предельных рабочих деформаций $\epsilon_{\text{пред}}$, при которых степень крутки швейных ниток не влияет на их деформацию.

2. Обосновано предположение о том, что при всех напряжениях в швейных нитках до значений $\sigma_{\text{пред}} = 100$ МПа происходит распрямление витков крутки.

3. Значения предельного рабочего напряжения $\sigma_{\text{пред}}$ и предельной рабочей деформации $\epsilon_{\text{пред}}$ относятся к "безопасным" участкам диаграммы растяжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузов Б.А., Модестова Т.А., Алыменкова Н.Д. Нити из химических волокон. Материаловедение швейного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1986.
2. Демидов А.В. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 4. С.9...13.
3. Цобкалло Е.С., Тиранов В.Г. Деформационная жесткость синтетических нитей на различных стадиях растяжения // Вестник СПГУТД. – 2000, №4. С.84...91.
4. Труевцев Н.Н. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.– 2002, № 2. С.20...22.
5. Сталевич А.М., Тиранов В.Г. Аппаратура для исследования деформационных и прочностных свойств синтетических нитей // Текстильная промышленность в СССР. Вып.20. –М., 1979.
6. Боровков А.А. Математическая статистика. Оценка параметров. Проверка гипотез. – М.: Наука, 1985.

Рекомендована кафедрой сопротивления материалов СПГУТД. Поступила 31.03.08.