(昭和 36 年 2 月 27 日受理)

テクスチュアドヤーンの形態的特性について

第 3 報 ストレッチヤーンの伸長によるかさ高性の変化

蝶理株式会社 川崎健太郎・林 鈴子

SOME MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF TEXTURED YARNS.

PART 3. THE CHANGE OF BULKINESS WITH EXTENSION OF STRETCH YARNS

By Kentaro Kawasaki and Suzuko Hayashi

(Chori Co. Ltd., 4-32, Azuchi-machi, Higashi-ku, Osaka, Japan)

The change of bulkiness with extension of stretch yarns was studied by the optical method proposed in the previous report¹⁾.

The following conclusions were obtained.

1) The change of bulkiness can not be expressed by Fr. Fourné's equation²⁾, which was formerly proposed.

$$kD = \sqrt{1 - x^2}$$

k : constant

x : crimp length (ratio of crimp length to its fully extended length)

D : apparent diameter of yarn

but it is expressed by the following empirical equation,

$$R_r = \alpha e^{-\beta x} + R_0$$

R_r : reduced radius of yarn¹⁾,

α , β and R_0 are morphological characteristic constants of each yarn and they relate to respectively, bulkiness, the change of bulkiness with extension, and radius of filament yarn,

2) α and β of stuffing yarn are larger than those of torque yarn (Woollie Nylon); i. e. the rich bulkiness and large change of bulkiness by stretch are characteristic of stuffing yarn.

(Received February 27, 1961)

1. 緒 言

前報¹⁾で提案した細いスリットから平行光を試料糸に投射しその透過光の減衰を測定する糸条内の繊維分布、およびかさ高性の光学的測定法により、テクスチュアドヤーンのうち特に伸長により著しくかさ高性の変化する 2, 3 のストレッチヤーンについて、その伸長とかさ高性の関係を追究した。

2. 測定方法および試料糸

試料糸には東洋レーヨン K. K. の 6 ナイロン糸を原料とする加熱—解熱加工による Woollie Nylon 110d(30f)/2, 仮熱加工による Superloft 70 d (34 f)/2, (両糸とも市販品)および stuffing 加工による筆者らの試作糸 210 d(34f), 100d(48f) の 4 種のストレッチヤーンを用いた。

各糸とも、1 mg/d の初荷重を掛けた状態を糸の元長と考え、インストロン型の引張試験機で得られる応力—歪曲線の起ち上り部分の伸長を糸のクリンプの伸びた状態と見做し、その間 5~6 段階の伸長状態の試料糸を静かに台紙に貼付し、光学的測定装置に固定して各伸長状態における糸条各部の透過光の吸収度を測定した。測定法はすべて前報に準じて行ない同一測定を別個にサンプリングされた同種試料について 5 回行なつて平均値を得

Fig. 1. The enlarged projection of stretch yarn (Sample yarn: Woollie Nylon).

Fig. 2. The change of optically measured absorbency curves by elongation.

Fig. 4. The change of optically measured absorbency curves by elongation.

た。

さらにこの光学測定とともにその結果を比較検討するため、上記各試料糸を投影機により10倍に拡大し、第1図に示すように糸の投影像の繊維軸に沿って約10mm毎に糸の直径を約100~200個実測した。

ただし、投影像における糸の直径は、前報¹⁾記載のように糸の外周部に相当広範囲にわたって繊維が分散して

Fig. 3. The change of optically measured absorbency curves by elongation.

Fig. 5. The change of optically measured absorbency curves by elongation.

おり明確に直径を規定することは困難であるので、比較的繊維が錯さうし密度の大きい芯径 D_1 (半径 r_1) および突出した繊維からなる外径 D_2 (半径 r_2) を目測した。

3. 測定結果

第2, 3, 4, 5図はスリット幅0.1mm長さ10mmの細いスリットから平行光を糸条に投射し実測された透過光の吸収度曲線を示すもので、横軸は繊維軸からのスリットの位置 r を縦軸はその位置で測定された透過光吸収

第1表 テクスチャードヤーンの伸長時の外径の変化

Woollie Nylon 110d/2 ($\Delta L\%$; 200)				Superloft 70 d/2 ($\Delta L\%$; 200)			
x	r_1	r_2	R_r	x	r_1	r_2	R_r
0.333	0.39	1.30	0.69	0.333	0.37	1.07	0.69
0.467	0.36	1.21	0.64	0.467	0.35	1.03	0.52
0.600	0.30	1.12	0.51	0.600	0.29	1.03	0.51
0.733	0.25	0.77	0.44	0.733	0.25	0.81	0.41
0.867	0.22	0.53	0.36	0.867	0.19	0.54	0.32
1.000	0.20	0.36	0.34	1.000	0.14	0.28	0.29

Stuffing Nylon 210d ($\Delta L\%$; 85)				Stuffing Nylon 100 d($\Delta L\%$; 67)			
x	r_1	r_2	R_r	x^*	r_1	r_2	R_r
0.541	0.43	1.16	0.81	0.600 / 0.600	0.36	1.03	0.75
0.676	0.41	0.87	0.62	0.625 / 0.749	0.31	0.73	0.60
0.757	0.35	0.75	0.56	0.700 / 0.838	0.26	0.63	0.58
0.838	0.34	0.75	0.54	0.775 / 0.927	0.23	0.59	0.49
0.919	0.25	0.50	0.40	0.850 / 1.02	0.19	0.40	0.44
1.000	0.21	0.39	0.35	1.00 /			0.37

* 左欄は R_r 測定 の x ,
右欄は r_1, r_2 測定 のときの x を示す。

Fig. 6. The relation between radius and crimp ratio of torque yarns at various elongation. 度を示している。また各曲線に註記されている数字は伸び切った糸長を1とした捲縮率 x を示す。

Fig. 7. The relation between radius and crimp ratio of stuffing yarns at various elongation.

第1表は2~5図の測定結果から前報の方法に従い糸条断面内の繊維分布を均一分布に modify したときの見掛け外径 D_r (半径 R_r) の伸長による変化を示すものである。すなわち同図の各曲線と X, Y 軸が囲む面積とその面積等しく、かつ同図の繊維軸 (Y 軸) 上の最大吸収率を長軸とする (1/4) 楕円の半径 R_r を求めた。

同表 r_1, r_2 はそれぞれ糸の拡大側面図より目測された芯部半径および外側半径を示す。

(なお参考までに捲縮の伸び切った状態の糸の伸びの初荷重時の糸長に対する%を $\Delta L\%$ として記した。)

第6, 7図は1表所載の糸径の変化を横軸に捲縮率 x をとって表わしたものである。

4. 考 察

4.1

第6, 7図は光学的測定による見掛け外径 R_r と目測による外側径、芯部径の関係を示すもので、明らかに糸が引伸ばされるに従って R_r, r_1, r_2 は減少するが、 R_r は r_1, r_2 の間にあつてある平均的な糸径に相応するものであることがわかる。

さらにウーリータイプのストレッチヤーンは糸条の周面から突出しているループ (通常“ひげ” snarl といわれている) が多く、外側径は芯径の数倍であるが伸長により急激に消失してゆく。一方 R_r はこれらの突出したループを芯部の隙間に補填し断面内の繊維分布を均一に modify したときの見掛け外径であるから伸長による変化は r_2 に比べて緩慢である。

一方第7図のスタッフィングナイロンも同様の傾向は

あるが芯径 r_1 と外側径 r_2 の差は前者よりも少ない。(前報¹⁾ 所載のこれらの糸の側面写真に明らかなようにスタッフイングナイロン糸はウーリータイプの糸のような突出したループはない)

また、第6, 7図で糸が伸ばされる程 r_2 は r_1 に近づくが $x=1.0$ すなわち糸が伸び切つたときでも $r_2=r_1$ とはならない。これは糸の伸び切つた状態を応力～ひずみ曲線から推定したため、糸の応力をになう大部分のフィラメントのクリンプが伸びても一部のフィラメントはクリンプした形態を保つたままであることを示していると考えられる。一方糸が伸ばされる程外側部のループは少なくなり断面内の繊維は均一分布に近づくから R_r は $r_1 \sim r_2$ の間にあつて r_1 に近くなる筈であるが測定の結果は逆である。これは糸が細くなりスリット幅 (この実験では0.1 mm) の影響が表われたものと考えられる。

Fig. 8. A, Typical diagram of crimp of stuffing yarn,
 l : fiber length
 D : crimp amplitude
 L : crimp length

Fig. 8. B, Typical diagram of crimp of torque yarn,
 l : fiber length
 D : crimp amplitude
 L : crimp length

4.2

Fr. Fourné はストレッチヤーンの伸長による糸条径 (D) およびその占有体積 (V) の変化を極めて粗い近似によつて次のようなモノフィラメントの変化におき代えた。

第8図 A, B はストレッチヤーンのクリンプ/波長をモデルで表わしたもので A はスタッフイングヤーンのジグザグクリンプを、B はウーリータイプ糸のスパイラルクリンプを示している。本図でクリンプ1波長の繊維長を

l , クリンプ長を L , クリンプの幅あるいはクリンプ径を D , 任意のクリンプ数を n とすれば

Aにおいて

$$l^2 = 2D^2 + L^2$$

$$V = \frac{n\pi L}{4} D^2$$

$$x = L/l \quad \text{とすれば}$$

$$\sqrt{2} D/l = \sqrt{1-x^2} \quad (1)$$

$$\frac{8}{n\pi l^3} V = x - x^3 \quad (2)$$

Bにおいて

$$l^2 = D^2 \pi^2 + L^2$$

$$V = \frac{n\pi L}{4} D^2$$

$$\pi D/l = \sqrt{1-x^2} \quad (3)$$

$$\frac{4\pi}{n l^3} V = x - x^3 \quad (4)$$

すなわち、いずれのクリンプフィラメントの場合も

$$kD = \sqrt{1-x^2} \quad (5)$$

$$k'V = x - x^3 \quad (6)$$

で表わされる。ただし k, k' は各糸個有の常数である。

Fig. 9. The relation between apparent radius (R_r) and $\sqrt{1-x^2}$.

第9図は見掛け半径 R_r を縦軸に、 $\sqrt{1-x^2}$ を横軸にプロットしたものでいずれの糸も明らかに (5) 式のような直線的な変化を示さず、Fr. Fourné の提案するような単純なモノフィラメントのクリンプモデルで、クリンプフィラメントの集合体であるストレッチヤーンの糸径の変化を表わすことはできない。

すなわちストレッチヤーンを伸長するに従つて糸の構成するクリンプフィラメント相互の交錯、もつれ合い、摩擦抵抗などによる変形に対する立体的な障害が増し、糸径の減少率が (5) 式よりもより緩慢になりつつ漸次フ

Fig. 10. The relation between crimp ratio x and $\log (R_r - R_0)$.

plotted line: woollie nylon, $y = 0.0013 - 0.626 x$
 superloft, $0.013 - 0.683 x$
 stuffing nylon 210 d $0.372 - 0.931 x$
 " 100 d $0.241 - 0.760 x$

フィラメント糸径に近付くものと考えられる。

第9図に見られる見掛け半径の減少の傾向および上述の事情を考慮して、われわれが試みに横軸に捲縮率 x を縦軸に見掛け半径 R_r から原フィラメント糸の半径 R_0 を引いた値の $\log$ をプロットしたのが第10図である。

第2表

Sample	x	$\log (R_r - R_0)$	Sample	x	$\log (R_r - R_0)$
Woollie Nylon $R_0 = 0.089$	0.333	-0.211	Superloft $R_0 = 0.071$	0.333	-0.212
	0.467	-0.282		0.467	-0.344
	0.600	-0.373		0.600	-0.356
	0.733	-0.453		0.733	-0.467
	0.867	-0.570		0.867	-0.609
	1.000	-0.607		1.000	-0.666
Stuffing Nylon 210d $R_0 = 0.088$	0.541	-0.142	Stuffing Nylon 100d $R_0 = 0.060$	0.600	-0.161
	0.676	-0.276		0.625	-0.271
	0.757	-0.328		0.700	-0.288
	0.838	-0.347		0.775	-0.368
	0.919	-0.500		0.850	-0.419
	1.000	-0.582		1.000	-0.504

第3表 ストレッチヤーンの各種糸径

試料糸	フィラメント数 N 本	モノフィラメント半径 r mm	原糸半径 R_0 mm	原糸半径 R_0' mm	クリンプヤーンの見掛け半径 R_r mm	クリンプヤーンの見掛け半径 R_r' mm	クリンプフィラメントの占有半径 r_l mm	クリンプフィラメントの占有半径 r_l' mm
Woollie Nylon 110 d/2	60	0.0107	0.089	0.083	0.69	0.34	0.089	0.044
Superloft 70d/2	68	0.00800	0.071	0.066	0.69	0.29	0.084	0.035
Stuffing Nylon 210d/-	34	0.0139	0.088	0.081	0.81	0.35	0.14	0.060
Stuffing Nylon 100d/-	48	0.00805	0.060	0.056	0.75	0.44	0.11	0.063

(第2表参照)。

ただし原フィラメント糸の半径 R_0 は第2報³⁾ 記載の方法により糸条の構成フィラメントが最密充填していると仮定し、フィラメント本数 N 、およびフィラメントデニールから換算された単糸フィラメントの半径 r から導かれた値である。参考までに第3表に試料各糸の単糸フィラメント半径 r 、フィラメント本数 N 、糸の総合デニールより換算されたフィラメント糸の半径 R_0' 、上述の単糸フィラメントが最密充填しているとして計算されたフィラメント糸の半径 R_0 、本法による光学的測定から得られた見掛け半径 R_r (初荷重時)、同じく R_r' (クリンプの伸び切った時)、第1報所載の方法により導かれるフィラメント1本当りの占有半径 r_l (初荷重時)、同じく r_l' (クリンプの伸び切った時)などの糸径を集約した。

第10図によれば、 $\log (R_r - R_0)$ と x は厳密な直線関係にあるとはいえないにせよ、相当直線的な関係にあることが認められる。すなわち一般的に

$$R_r = \alpha e^{-\beta x} + R_0 \quad (7)$$

が実験的に成り立つ。

この(7)式で α 、 β 、 R_0 はそれぞれ各糸個有の常数であるが、 α はストレッチヤーンの bulkiness を、 β は bulkiness の伸長による変化を、 R_0 は原糸の糸径に対応する常数と考えられる。

第10図の直線は各糸の諸測定値(第2表)から最小自乗法により導いたもので、第4表はかくして求められた常数 α 、 β を示すものである。

ストレッチヤーンの各糸の特に伸長過程に関連する形態的な特徴は第4表所載の係数 α 、 β (および第3表の諸数値)の検討によつて明らかとなる。

すなわち伸長による bulkiness の変化は 210d スタッフィングナイロンが最も大きく、次で 100d スタッフィングナイロン、スーパーロフト、ウーリーナイロンの順に小さい。またこれらの糸の間で、スタッフィングヤーンとウーリータイプのトルクヤーンではある距りがあり前者はフィラメントの占有半径 r_l が大きく(フィラメントの分布が粗であり)、従つてまた伸長による bulkiness の変化(β)も大きい。

第 4 表

Sample	α	β
Woollie Nylon	1.00	1.44
Superloft	1.03	1.57
Stuffing Nylon 210 d	2.36	2.15
Stuffing Nylon 100 d	1.76	1.75

なお、トルクヤーンのウーリーナイロンとスーパーロフトとは r_1 が殆ど同じ（後者がやや小）であるにもかかわらず後者の伸長による bulkiness 変化が相当大きい（ β が大）のは興味ある事実で、これは糸条中に数多く散在する小さなループ状クリンプの分布状態の差異に基づくものと考えられる。

また第3表はいわゆるストレッチヤーンが原糸（フィラメントヤーン）に比べいかにかさ高であるかを、やや定量的に示している。すなわち、ストレッチヤーンは無張力状態（微小初荷重下）で元のフィラメントヤーンの大よそ8～13倍の太さ（デニール比では60～230倍）を占めている。しかも明らかにその bulkiness は元のフィラメントヤーンのデニールには殆ど無関係で、加工法——従ってクリンプの形態的特性——にのみ関するもので、一般にウーリータイプよりもスタッフィングタイプの糸の方が bulky である（反面伸長による変化は後者の方が大きい）。

5. 結 論

テクスチュアドヤーンのうち、特に伸長によつて著しく bulkiness の変化するストレッチヤーンについて、光学的な見掛け半径 R_r 、糸の投影像の目測による外測（ r_1 , r_2 ）の伸長による変化を実測した結果、Fr. Fourné の提案するような単純なクリンプモノフィラメントモデルでは糸径の変化をあまり説明できないことがわかつた。

ストレッチヤーンの見掛け半径 R_r の伸長による変化は実験的に

$$R_r = \alpha e^{-\beta x} + R_0$$

で表わされる。

特に stuffing yarn は torque yarn に比べ bulky（ α が大）であり、また bulkiness の伸長による変化が著しい（ β が大）ことが注目される。

なお、上式の理論的な裏付け、および各種テクスチュアドヤーンの加工法、原糸のデニール、フィラメント数と常数 α , β との関係、など論ずべき余地が多いが、2, 3 の実験的な事実として以上報告する。

付記：本報告に関し有益なる助言と検討をいただいた信州大学繊維学部呉教授、篠原昭氏、群馬大学繊維工学部淵野教授に深謝すると共に、実験に協力された当研究室小野孝之君に謝意を表す。

文 献

- 1) 川崎；織学誌，17，2（1961）
- 2) Fr. Fourné；*Melliand.*，39，135（1958）
- 3) 川崎，織学誌，17，484（1961）