コームスピニングについて*

(昭和32年12月18日受理)

会 員 井 筒 正 夫**

" 中 村 勝 彦

" 三 原 篤

→ 摘 要 ←

研 究 目 的

コームスピニング紡績法によって糸を作り、この紡績法の問題点を指摘検討する。

研 究 結 果

- (1) コームスピニングの装置を製作し、瞬間写真等により、糸のできる様子を観察した。
- (2) スピニングヘッドの回転数と繊維の飛散との関係を調べた。
- (3) この装置によるドラフトの限界を調べた。
- (4) 以上の結果から装置の改良に対する示唆を得た。

1. 緒 言

最近ドイツやアメリカでコームスピニングと呼ぶ紡績法が試みられつつあることは、先程海外繊維技術文献集に紹介されたところである。この実験はこの紡績法によって実際に紡績を試み、その結果指摘された問題点などを昨年11月本会関東地方大会で発表した。ここにその際発表した内容に、その後の研究結果をつけ加えてもう一度まとめてみることにした。不完全な装置を用いて行った実験であるが、皆様の御批判を仰ぎたいと思う。

2. コームスピニングの原理

後の説明の必要上、この紡績法の原理を略述する。第1図で円板 P はシャフト S のまわりを自由に回転でき、シャフト S (回転数 r_s) とは別に駆動され、回転数 r_p で回転している。 R_s はシャフト端にとりつけられたローラでシャフトと同じ回転数 r_s をもち、 R_1, R_2, R_3, R_4 はシャフトにとりつけられた歯車によって駆動され、図のようにエンドレスの針布 L を前進させる。 $R_1 \sim R_4$ の周速はもちろん R_s と同じになるように設計されており、四つのローラの軸はそれぞれ円板 P 上に固定されている。 r_s, r_p の大きさを図に矢印で示したようにとると、このスピニングヘッドは全体として右へ回転しながら針布は円板上を左へ小さな相対速度 v で移動して

(第 1 図)

いることになる。ただし

$$v = 2\pi R (r_s - r_p) \dots\dots\dots (1)$$

R はローラ R_s の半径である。

今 F から繊維を供給してやると、円板は高速で右へ回転しているから針布は四つの角で繊維をすき取る。今針布上のある点が繊維をすき取ったとする。円板が1回転すると針布は

$$u = \frac{v}{r_p} = 2\pi R \frac{r_s - r_p}{r_p} \dots\dots\dots (2)$$

だけ先へ進んでいるから、前にすき取った点より u だけ後の点が新たに繊維をすき取ることになり、こうして順次すき取られた繊維は針布と共に円板中心部へ運ばれ

* Comb Spinning.

** M. Izutsu, K. Nakamura, A. Mihara, Member. 東京大学工学部

る。この時円板中心から針布の相対速度 v と同じ速度で繊維群を前方へ引き出してやると、円板は高速で回転しているから繊維によりがけられ、糸となって引き出される。こうしてかけられる撚数は単位長さ当り

$$T = \frac{r_p}{v} = \frac{1}{u} \dots\dots\dots (3)$$

で与えられ、 F の供給速度を v_0 とすればドラフトは

$$D = \frac{v}{v_0} \cdot \frac{1}{\phi} = \frac{u r_p}{v_0 \phi} \dots\dots\dots (4)$$

で与えられる。ただし ϕ は繊維の飛散を考えたときの効率で、 r_p の関数である。

(後述)

この紡績法では、円板上4個所で繊維がフィードされて重ね合わされ、これが1本の糸となるのであるが、現在進んだコームスピニングではこのような形はとられていない。しかし本質的には同様であって、要するにこの紡績法が他の紡績法に対してすぐれている点は、巻取操作がドラフト、よりかけと全く無関係に行われ得る点である。この方法では、円板中心から引き出された糸は引き出されることによってすでに糸になっているわけであるから、その後直接チーズ巻にすることもできれば、更に連続的に仕上げ操作を加えることもできる。

3. 装 置

われわれは上の原理を最小限に実施すべき装置を設計して実験を行った。第2図は実験装置の主部であり、第3図はその見取図である。図で、I軸はII軸に駆動されて、ローラを回転させ、ローラにかかった針布を前進させる。II軸の駆動は14HPの整流子モータによる。一方、III軸は誘導電動機(1HP)から無段変速機を介して

(第 2 図)

(第 3 図)

駆動され、円板を回転させる。

針布は日本針布製綿紡用 60's のものを用い、巾 40 mm のものを 28 mm 巾に切り、28 mm のうち 10 mm 巾の針を抜いて使用。長さ 505 mm で、両端を突合せて木綿糸で縫い、ループを作った。四つのローラのうち、2個はI軸から歯車によって駆動し、残りの2個は自由回転にして針布の支持に当て、中心からの距離を調節して針布の張力を加減した。フィーダは皮製ローラを用い、3.5 r.p.m. (26.4 cm/min) で定速回転させた。回転数はI軸およびIII軸の軸端で測定し、タコメータの読みをハスラで修正して用いた。また繊維の重量はトーションバランスにより求めた。なお糸は紡出口から手で引き出すことにし、供給粗糸は鐘紡の綿粗糸でこの平均繊維長は 1 1/4 in を用いて実験した。

4. 運転の様子

第4図は運転の様子を示すもので、割合定常状態にある時の写真である。引出点付近でバレーニングが見られるが、これは引出点が針布上にあつて円板中心でないため、当然起るべきものである。われわれの実験では、I軸とIII軸を別のモータで駆動した結果、相対速度の変動

(第 4 図)

が激しく、したがって糸むらはかなり大きかった。が、時に相対速度変動がほとんどない場合には比較的一様な糸をとることができた。また電源の変動が激しいため、あまり長い糸はとれなかった。第5図はフラッシュランプにより運動中撮ったものであり、糸のできる様子をよく示している。

(第 5 図)

5. 繊維の飛散について

フィーダから供給される繊維はフィーダから針布上に移るときおよび針布上で把持された後、円板の回転による遠心力とスピニングヘッド全体の回転によって生じる周囲の気流とによって飛散する。そこで円板の回転数 r_p を変数とし、繊維の飛散率 Q/Q_0 を関数として実験により定性的な関係を見つけようと試みた。ここに Q_0 は 2's の粗糸 610 mg と一定にし $Q_0 - Q$ を測定した。すでに示したように、I 軸の回転数を r_s 、針布の円板 1 回転に対する相対速度を u とするとき (2) 式で示されるように r_s, r_p に変動があれば一般に u も変動する。このためドラフト比も変動して糸むらが生じ、 u がある範囲を越して大きくなると糸は切れる。(次章参照) そうすると完全に繊維の取り去られていない針布上に更に重ねて繊維を供給することになり、把持する力が異常となって飛散量に影響する。したがって条件を一定にするために、 r_s, r_p の変動がないように極力努めたが、610 mg の供給量を全部費す間に 3 回以上の糸切れが起った。また一定の繊維長を有する粗糸に対してはフィーダとスピニングヘッド間の距離を変えると飛散量も変る。この実験では上記の供給繊維に対して最も効率の良い相互の位置を経験的に見出して固定した。実験結果を第6図に実線で示す。

グラフの形から判断して、この曲線は①と②の合成されたものであろう。①は遠心力に起因するもので r_p^2 に比例している。②は装置図にみる通り、針布が正方形

(第 6 図)

に似た閉曲線を描いて進行しつつ回転するために起る気流の影響を表わすもので、ある回転数に到達すると飽和するものと考えられる。

以上の事柄より飛散に関する効率 $(1 - Q/Q_0) = \phi$ とおくことによってドラフト比に関してすでに記した (4) 式を得るのである。 r_p が大きくなると ϕ はグラフのごとく急激に減少しドラフトには一層効果的となるが、損失は多くなる。したがってこういう点から r_p には限界が生じ、第6図から考えて $r_p < 500$ (r.p.m.) とするのが妥当であろう。

6. コームスピニングの限界

コームスピニングにおける糸切れは針布から直角に繊維群を引き出す点で起る。糸の強力に影響するのは同一材料に対しては太さ、つまり本数と捻数の2因子であるから、この二つに着目して糸切れを観察すれば、自ら限界がわかる。この実験では r_s, r_p を独立の2変数とし、供給粗糸は一定のものを使うことにより太さの代りにドラフト比 D 、捻数の代りにその逆数である針布の円板に対する相対速度 u をその関数として扱ったのであるが、 r_s, r_p は別の2個の電動機を歯車で減速したものとしたために一定値に保つことが非常に困難であった。殊に実験の結果整流子モータの回転数がしばしば急激に増大する現象がみられた。しかるとき (2) および (4) 式にみる通り、 u も D も変り始めるのである。したがって引出速度も調節されねばならないから手によってそれを行い、糸切れの起ったときの u の値を測定して次の結果を得た。

u_0 ; 8.1, 8.7, 8.6, 8.8, 7.8

7.7, 8.2, 6.1, 11.0, 7.9

平均値 $\bar{u}_0 = 8.3$ (mm/rev)

この結果より, u の値が 8.3 付近になると糸の強力が, 針布上に配列した繊維を直角にはぎとるのに要する力より小さくなり, 引出点において繊維が相互にすべって抜けると考えることができる. 次に上の 10 のサンプルのそれぞれにおける糸切れが起ったときの太さを算出してみる. もちろん理想的には一定の u で糸を作りはじめ, 定常になるのを待って徐々に u を上げていき糸が切れたときの $u = u_0$ を測定すべきであるが, 先に述べた通り u がある瞬間から急激に増大をはじめるので, その変化の状態を加味して $u = u_0$ に達したときの糸切れが起った断面の太さを計算せねばならない. 分りやすくするために基礎的な考察から始める.

(1) 供給粗糸の太さを n_0 とし, u の値が一定値 u_0 を保って定常状態にあるとき, でき上る糸の太さは

$$n = \frac{1}{D} \cdot n_0 = \frac{\phi v_0}{u_0 r_p} n_0$$

(2) 円板の回転により 1 回転に 4 回, 粗糸はある量ずつ針布に移って行く. その量を粗糸の長さで示すと

$$\delta = \frac{v_0}{4r_p} \text{ (mm)}$$

太さは

$$\Delta n = k \delta = \frac{k v_0}{4 r_p}, k = \text{const}$$

等長繊維と考えて, その繊維長を l とすると, 当然

$$n_0 = k l$$

(3) 実験の結果 u の急激な増大は直線的である. 最初 u_0 を保っていたとすると

$$u = u_0 + \alpha t$$

とおくことができる. ただし t は急に u の値が増大しはじめるところを 0 とし, その後の円板の回転数を数えたものをとる. したがって t' sec 後には

$$t = \frac{r_p}{60} t'$$

となっている. また u_0 から u_0 に至るまでの u を時間的に等間隔に測定し, u_0 および α を求めることができた.

(4) 第 7 図に示すように, 円板は静止し, 針布が図の方向に u なる速さで進み, A は引出点, B, C, D, E の 4 点で Δn ずつ u 間隔に供給される等価糸について考える.

$t=0$ のときから A 点を通過する針布の長さを y とすると, そのときの u は

(第 7 図)

$$u = \sqrt{u_0^2 + 2\alpha y}$$

で示される.

(5) 第 7 図で $t=0$ のときを考えると, 針布上のどの点も E, D, C, B の順に 4 回, 等量ずつ供給されて A に達するから, AB 間, BC 間, ..., EA 間はおのの断面の太さは異なり, 次のようになっている.

$$AB \text{ 間; } n = \frac{\phi v_0}{u_0 r_p} n_0$$

$$BC \text{ 間; } n = \frac{3}{4} \cdot \frac{\phi v_0}{u_0 r_p} n_0$$

$$CD \text{ 間; } n = \frac{2}{4} \cdot \frac{\phi v_0}{u_0 r_p} n_0$$

$$DE \text{ 間; } n = \frac{1}{4} \cdot \frac{\phi v_0}{u_0 r_p} n_0$$

$$EA \text{ 間; } n = 0$$

したがって AB 間のものはそのまま均一な糸となるが, BC 間の針布上では, B 点でもう一度 $u = u_0 + \alpha t$ に応じて供給され, 徐々に細くなって A 点に現われるのである. CD 間の針布上では C, B の 2 点で更に供給され徐々に細くなって出てくるであろう.

(6) Δn の繊維が u ずつ, ずれて並ぶとき当然段階状のスライバ線図を得るが, その先端を結ぶことにより連続的にすることができて任意の断面の太さは

$$n = \frac{l}{u} \Delta n \\ = \frac{\phi v_0 n_0}{4 r_p} \cdot \frac{1}{u}$$

と表わされる.

以上の考察から任意の y における n を求めることができる. そして

$$y_0 = \frac{1}{2\alpha} (u_0^2 - u_0^2)$$

より求めた y_0 を代入することにより糸切れの起った断

面の太さが算出されるのである。

第7図において針布に沿ってはかり

$$AB=L_2 \text{ (mm)}$$

$$BC=CD=DE=L_1 \text{ (mm)}$$

とする。

(1) $0 \leq y \leq L_2$ (AB間) のとき、すでに記した通り

$$n = \frac{\phi v_0}{u_0 r_p} n_0$$

(2) $L_2 \leq y \leq L_1+L_2$ (BC間) のとき

$$\begin{aligned} n &= \frac{3}{4} \cdot \frac{\phi v_0}{u_0 r_p} n_0 + \frac{l}{u} \Delta n \\ &= \frac{3}{4} \cdot \frac{\phi v_0}{u_0 r_p} n_0 \\ &\quad + \frac{L_1+L_2-y}{L_1} \left(\frac{1}{u_0} - \frac{1}{\sqrt{u_0^2+2\alpha L_1}} \right) l \Delta n \\ &\quad + \frac{l \Delta n}{\sqrt{u_0^2+2\alpha L_1}} \\ &= \frac{\phi v_0 n_0}{4 r_p} \left\{ \frac{3}{u_0} + \frac{L_1+L_2-y}{L_1} \left(\frac{1}{u_0} - \frac{1}{\sqrt{u_0^2+2\alpha L_1}} \right) \right. \\ &\quad \left. + \frac{1}{\sqrt{u_0^2+2\alpha L_1}} \right\} \end{aligned}$$

(3) 一般に $(S-1)L_1+L_2 \leq y \leq SL_1+L_2$ のとき

$$\begin{aligned} n &= \frac{\phi v_0 n_0}{4 r_p} \left\{ \frac{SL_1+L_2-y}{L_1} \left(\frac{1}{\sqrt{u_0^2+2(S-4)\alpha L_1}} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - \frac{1}{\sqrt{u_0^2+2(S-3)\alpha L_1}} \right) + \frac{1}{\sqrt{u_0^2+2(S-3)\alpha L_1}} \right. \\ &\quad \left. \dots\dots\dots E \text{ 点での供給量} \right. \\ &\quad \left. + \frac{SL_1+L_2-y}{L_1} \left(\frac{1}{\sqrt{u_0^2+2(S-3)\alpha L_1}} \right. \right. \\ &\quad \left. \left. - \frac{1}{\sqrt{u_0^2+2(S-2)\alpha L_1}} \right) + \frac{1}{\sqrt{u_0^2+2(S-2)\alpha L_1}} \right. \\ &\quad \left. \dots\dots\dots D \text{ 点での供給量} \right. \\ &\quad \left. + \frac{SL_1+L_2-y}{L_1} \left(\frac{1}{\sqrt{u_0^2+2(S-2)\alpha L_1}} \right. \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\left. - \frac{1}{\sqrt{u_0^2+2(S-1)\alpha L_1}} \right) + \frac{1}{\sqrt{u_0^2+2(S-1)\alpha L_1}} \\ &\dots\dots\dots C \text{ 点での供給量} \\ &\left. + \frac{SL_1+L_2-y}{L_1} \left(\frac{1}{\sqrt{u_0^2+2(S-1)\alpha L_1}} \right. \right. \\ &\left. \left. - \frac{1}{\sqrt{u_0^2+2S\alpha L_1}} \right) + \frac{1}{\sqrt{u_0^2+2S\alpha L_1}} \right\} \\ &\dots\dots\dots B \text{ 点での供給量} \end{aligned}$$

ただし $S=1, 2, 3, \dots\dots\dots$

$$\begin{cases} S-i=S-i & S-i > 0 \\ = 0 & S-i < 0 \end{cases}$$

$$i=1, 2, 3, 4$$

y_e を求めて、以上の式により n を求めることができるが、 n_0 は定数であるから

$$N = \frac{n}{n_0} = \frac{1}{D}$$

を計算して比較すると第1表のようになる。

この表で分るように糸切れが起ったところの太さを表わす値が非常にばらついていて、一定値を示していないし、 u との相関々係もない。この理由として次の三つのことが考えられる。

(1) 常に引出点に来たすべての繊維が紡糸されるわけではなく、とり残されることもある。

(2) 元々フィードにむらがあり、4回のフィードの中、何回分かが飛散して実際にはその残りが糸となることもある。

以上2項は計算値を修正するものであるが

(3) 糸を紡出するに当って糸に加わる力は繊維群を針布からはぎとるに要する力であって太い場合はそれだけ力も大きい。 $u=8.3$ 付近になると燃数が小さくどのような太さの場合も、その繊維相互間の摩擦抵抗の総和がその力より小さくなる。したがってでき上る太さには関係がない。

(第 1 表)

	r_p (r.p.m.)	u_0 (mm/rev)	u_e (mm/rev)	α (mm/rev ²)	y_e (mm)	第1回目 (E点) でのフィード量	第2回目 (D点) でのフィード量	第3回目 (C点) でのフィード量	第4回目 (B点) でのフィード量	$N = \frac{n}{n_0}$ 左四つの合計	$D = \frac{n_0}{n}$
No. 1	296	1.4	8.1	0.18	202	*0.13	*0.13	*0.13	*0.04	*0.43	2.3
No. 2	300	2.0	8.7	0.20	177	0.09	0.09	0.09	0.05	0.32	3.1
No. 3	294	1.0	8.6	0.29	125	0.18	0.18	0.18	0.16	0.70	1.4
No. 4	295	0.7	8.8	0.10	443	0.23	0.04	0.03	0.02	0.32	3.1
No. 5	325	1.8	7.8	0.05	697	0.03	0.02	0.02	0.02	0.09	11.1
No. 6	300	2.0	7.7	0.11	255	0.09	0.09	0.07	0.03	0.28	3.6
No. 7	318	1.5	8.2	0.11	276	0.11	0.11	0.07	0.03	0.31	3.2
No. 8	296	0.7	6.1	0.09	197	0.26	0.26	0.26	0.09	0.87	1.3
No. 9	292	1.7	11.0	0.25	325	0.11	0.11	0.03	0.02	0.27	3.7
No. 10	306	5.5	7.9	0.08	220	0.03	0.03	0.03	0.03	0.12	8.3

(注) * 供給粗糸の太さを1としたときの太さを表わす

以上の考察に基づいて、この装置の使用限界を分りやすく示すために、そしてなお一層の考察に役立たせるために、横軸に r_p 、縦軸に u をとって、糸切れの起った点、等ドラフト線、等強力線などを描いてみる。(第8図)

(第 8 図)

(1) 等ドラフト線

$$D = \frac{u r_p}{\phi v_0} = \text{const}$$

すでに示した通り $\phi = \phi(r_p)$

$$\therefore u \cdot \frac{r_p}{\phi(r_p)} = D v_0$$

(2) 等強力線

強力はほぼ燃数、太さに比例するから

$$u \cdot D = \text{const}$$

$$\therefore u^2 \cdot \frac{r_p}{\phi(r_p)} = \text{const}$$

(3) 等効率線

これは繊維の飛散に関する効率で

$$\phi = \text{const}$$

$$\therefore r_p = \text{const}$$

(4) 一般に工業的に生産され、使用されている糸はグラフ上どのあたりに位置するかを参考のために記入しておく。(斜線部分)

これは一般に用いられる式

$$T = \alpha \sqrt{N}$$

ここに T ; 1in 間の燃数

α ; より係数

N ; 番手 (英国式)

により $2.5 \leq \alpha \leq 4.5$ とした。

このグラフをみてわかるように、各等ドラフト線と $u=8$ で交わる等強力線は各番手の糸をひくに要する力を示すものであるが、それぞれの対応する両曲線の交角はドラフトが大きくなるほど大きくなっている。したがって $u=8$ 付近で切れるとして、そのばらつきは、太いほどつまり番手が小さいほど大きいであろうとすることができる。実際に測定値もそのような傾向を示していることがわかる。また普通使用される糸は斜線の領域内で示されるが、これと等ドラフト線との交わりをみればわかる通り、この装置に 2's の粗糸を送り、 $r_p < 500$ の条件のもとでは、せいぜい 14's までの糸しか、よい糸ができない。更に高級番手の糸を作るには、供給する粗糸を細くするか、供給速度を遅くしなければならない。

7. あとがき

この実験では変数として軸の回転数 r_s 、円板の回転数 r_p の二つを取り糸の燃数とドラフト量とをその関数として扱って来た。そして殊に r_s の変動がはげしいために失敗し、非常に苦勞をする結果となった。これに対する方法としては、 r_s, r_p 共同一の電動機で駆動し $r_s - r_p$ または r_s/r_p を一定に保つような機構にすることであり、そして新たに供給速度 v_0 を変数としてとりあげることである。これらの関係は (2), (4) 式で示されるが、 r_s/r_p が一定になると燃数は定まってしまう。 r_p, v_0 を変えることによってドラフトは変え得るが、小範囲の品質のよい糸しかできないことになる。したがって r_s/r_p の値が連続的に変化できるように、コーンドラムによるベルト伝動装置を設けるとよい。このときはもちろん、 r_p, v_0 のうち一方は定数としてよいわけで、 r_p を高回転で変動の小さいところに固定させるとよい。

次にスピニングヘッドの大きさの問題であるが、供給速度が一定で、ある量のドラフトを行うとき $u r_p$ は一定になる。そしてそのドラフト量によって u には理想的な値が存在し、それより大きくなると、したがって r_p が小さくなると強力の弱い糸しかできなくなる。したがって r_p はその安定性からも高い方が望ましく、そうすると遠心力のために繊維の飛散は著しくなる。これを防ぐには半径を小さくすることである。また r_p が大きいところで使えるということはドラフト量が非常に大きくなることで能率の点からも望ましいのである。

以上の外に、針布の良否、フィーダの位置など論ずるべきであるが、実験不十分のため確認するに至らなかったことは残念である。

(付記) この実験は卒業実験として行ったもので、御指導いただいた藤井、渡辺教授、御援助下さった平子氏に厚く謝意を表する。