研 究

精紡機のバルーニングに就いて*〔第2報〕

絲の究氣抵抗の評價

(昭和24年7月6日受理) 会 員 岩 辺 嗣 朗**

要 旨

この実験は、リング精紡機の絲に対する空氣抵抗の影響を、藤井の理論⁽¹⁾を基礎として実験的に求めたもので、空氣抵抗の大きさは、実用の状態では遠心力と同程度のものとなること、絲の形狀は節点数の少い範囲では藤井の式とよく一致することなどが示された。

1. ま え が き

大型パッケージの問題が、高能率化と同時に盛んに論議的になつてゐる現代、空氣抵抗即ち、バルーニングの研究は直接大型リング、及びロングリフトの問題を解明する爲の重要な因子であると思われる。然るに、これらの研究は皆無ではないが、その研究は極めて不充分で、且之等がリング紡績に及ぼす影響に迄論及されたものは、未だないように思われる。この論文に於ては先づ、空氣の抵抗係数を実験的に求め、バルーニングの形を究明し、之がリング紡績にどのような影響を與えるかについて述べたいと思う。

2. 抵抗係数の求め方

抵抗係数を求めるに際し、藤井の理論を用いることにする。その理論は次の仮定を基礎にして立てられている。

(1) 回轉軸からの絲の変位は、スネルワイヤからトラベラに至る絲の長さに比較して充分小さく、変位の回轉軸方向の座標に関する各階の微係数も充分小さいこと。

(2) 流体抵抗は運動速度に比例する。

(3) 絲の送り速度の影響は無視される。

(4) 絲に対する重力の影響は無視する。

ρ : 絲の線密度

τ : 絲の張力

$\rho\mu$: 抵抗係数

ω : 絲の回轉角速度

l : リングからスネル・ワイヤに至る距離

a : 絲の回轉直径

第 1 図

とすると

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \rho u \frac{\partial u}{\partial t} = \tau \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \dots\dots\dots (1)$$

$$\rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + \rho v \frac{\partial v}{\partial t} = \tau \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \dots\dots\dots (2)$$

$W = u + iv$ とおいて

$$\rho \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} + \rho W \frac{\partial W}{\partial t} = \tau \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \dots\dots\dots (3)$$

を得る。こゝで

$W = f(x)e^{i\omega t}$ とおけば

$$f(x) = \frac{a}{2} \left\{ e^{(\alpha + i\beta)x} - e^{-(\alpha + i\beta)x} \right\} / \left\{ e^{(\alpha + i\beta)l} - e^{-(\alpha + i\beta)l} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

但し

$$\alpha = \frac{\mu/c}{\sqrt{2(1 + \sqrt{1 + \mu^2/\omega^2})}}$$

$$\beta = \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{1}{2}(1 + \sqrt{1 + \mu^2/\omega^2})}$$

$$c^2 = \frac{\tau}{\rho}$$

(4) からバルーニングの包絡線として

* On the ballooning of ring spinning machine (II)

** Shiro Iwabe. 帝人製機株式会社

$$\begin{aligned}
 y &= \pm |f(x)| \\
 &= \pm \frac{a}{2} \left\{ \frac{\sinh^2 ax \cdot \cos^2 \beta x + \cosh^2 ax \cdot \frac{\sin^2 \beta x}{\sin^2 \beta l}}{\sinh^2 al \cdot \cos^2 \beta l + \cosh^2 al} \right\}^{\frac{1}{2}} \\
 &= \pm \frac{a}{2} \left\{ \frac{\sinh^2 ax + \sin^2 \beta x}{\sinh^2 al + \sin^2 \beta l} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots (5)
 \end{aligned}$$

が得られる。

以上藤井の理論式を一應正しいものと仮定すれば、実験的に求められる $\rho\mu$ の値は ω の如何に關せず一定になつて出てくる筈である。

(5) は第1報によつて明らかにされたように節及腹を含む曲線を表わすから、実際に絲の一端を回轉せしめ、腹の直径と節の直径との比を作れば、これは μ/ω の函数となり、したがつて回轉速度 ω が分れば、空の氣抵抗係数 μ が與えられることになる。そこで

$$a/\beta = r \text{ とおくと}$$

$\beta x = 0, \pi, 2\pi \dots$ にてこの回轉する絲は節点を作る。節点の巾を $yn_{1,2} \dots$ とすれば

$$yn_1 = \pm \frac{a}{2} \left\{ \frac{\sinh^2 \pi r}{\sinh^2 al + \sin^2 \beta l} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots (6)$$

$\beta x = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \dots\dots$ にて腹を作る。腹の巾を $yl_{1,2} \dots$ とすれば

$$yl_1 = \pm \frac{a}{2} \left\{ \frac{\sinh^2 \frac{\pi r}{2} + 1}{\sinh^2 al + \sinh^2 \beta l} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

第 2 図

$$\therefore P_1 = \frac{yn_1}{yl_1} = \left\{ \frac{\sinh^2 \pi r}{\sinh^2 \frac{\pi r}{2} + 1} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots (8)$$

同様に

$$P_2 = \frac{yn_2}{yl_2} = \left\{ \frac{\sinh^2 2\pi r}{\sinh^2 \frac{3\pi r}{2} + 1} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots (9)$$

故に yn/yl の値を実測すれば r の値が求まる(第2図)。

然るに

$$r = \frac{a}{\beta} = \frac{\mu}{\omega} \times \frac{1}{1 + \sqrt{1 + \mu^2/\omega^2}} \quad \dots\dots (10)$$

故に r が分れば(10)の關係から μ/ω が求まる(第三図)。

第 3 図

第 4 図

云いかえれば、各回轉數に於ける yn/yl の比を測定すれば、空氣の抵抗係数 $\rho\mu$ が求まることになる。

3. 實驗裝置

固定端を上にして、オツシロ用モーターを増速し 8000 r.p.m. 位迄回轉させた。この回轉數は、ストロボスコープで測定した。下端は撚りを除去する爲にスネルワイヤを通して錘りを自由に下げた。この裝置で絲の線密度と、張力、回轉數を變えて節と腹の巾を測定した。

4. 實驗結果

(1) $a=10\text{cm}$

$l=60\text{cm}$

使用した絲

$$\text{Viscose}(100\text{D}) \rho = 0.11 \times 10^{-6} \left(\frac{\text{g} \cdot \text{sec}^2}{\text{cm}^2} \right) \times$$

$$\text{Bemberg}(75\text{D}) \rho = 0.085 \times 10^{-6} \quad \bullet$$

$$\text{カタン絲}(50\text{'S}) \rho = 0.12 \times 10^{-6} \quad \times$$

$$\text{カタン絲}(30\text{'S}) \rho = 0.20 \times 10^{-6} \quad \odot$$

1g, 2g, 3g, の各張力に於て、上記4種の

糸の各回転数に於ける空気抵抗の値を求めた結果は、第5, 6, 7図に示すようになる。

(2) $a = 5 \text{ cm}$

$l = 110 \text{ cm}$

使用した糸 カタン糸 30's

張力 $\tau = 2 \text{ ga}$

a/l を変えて実験した結果は第8図のようになる。

(3) 写真撮影

包絡面の形状を写真撮影した結果を示すと第9, 10, 11図のようになる。

$a = 10 \text{ cm}$, $l = 65 \text{ cm}$, $\rho = 0.85 \times 10^{-6}$

$\left(\frac{\text{g} \cdot \text{sec}^2}{\text{cm}^2} \right) \tau = 5 \text{ g}$

5. 整 理

1 a/l を一定にして行つた結果を見ると、先づ藤井の式では

(1) 回転数に無関係に抵抗係数は一定なること。

(2) τ に無関係に抵抗係数は一定なることを仮定している。しかしこれらの仮定はこの実験によれば厳密には保持されていないことが分る。然し乍ら回転数との関係も、5000回転位から略一定値になり、 τ による変化も大した変化ではない。 τ 及回転数の範囲をもつと拡げることが望ましかつたのであるが、種々の都合でなし得なかつたので、その点は次の機会に譲ることにして、少くとも之だけの結果から見て、藤井の式は大體妥当であると考えて大きな誤りはないと思う。

なお抵抗係数 ρ の値が糸の種類によつて、あまり大きく変化していないのは面白い結果であると思う。要するに抵抗係数の値は $10 \times 10^{-6} \frac{\text{g} \cdot \text{sec}^2}{\text{cm}^2}$

の附近にあることが明確にいえる。今仮に

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{リングの径} \quad a = 5 \text{ cm} \\ \text{トラペラーの回転数} \quad N = 10,000 \text{ r.p.m.} \\ \text{糸の番手} \quad 50's \left(\rho = 0.12 \times 10^{-6} \left(\frac{\text{g} \cdot \text{sec}^2}{\text{cm}^2} \right) \right) \end{array} \right.$$

とすれば、周速 $v = 26 \text{ m/sec}$

空気抵抗による力 $f_a = 0.26 \text{ g/cm}$

遠心力による力 $f_c = 0.33 \text{ g/cm}$

略同じオーダーになることが分る。この空気抵抗が如何なる影響を持つかはリング紡績に於ける糸の張力の問題において精しく述べることにして、ここではその問題に触れないことにする。何れにしても大きな影響があることだけは之で分ると思う。

II 次に a/l を変えた場合の状況は第8図に於て見る事が出来る。藤井の理論式に於てもこの点が一番問題の存する所である。この点について余り精しく実験は出来なかつたが、影響の一端だけを調べて見た。 a/l が小さくなると、抵抗係数の回転数に依る変化が少なくなつて、当初に予期された傾向に近づいていくように思われる。この点は之だけの実験では云えない所であるが、 τ に

● $N=1800$ r.p.m.

第 9 図

$N=3400$ r.p.m.

第 10 図

$N=6000$ r.p.m.

第 11 図

依る変化もこの辺に何等かの関係を持つているかも知れないと思う。

■ 写真撮影の結果、藤井が先に理論的に発表している形状に定性的に実に良く一致していることは一目瞭然であるが、之を理論から出る形状と比較してみると、節点の数が三つ以内では定量的にも良く一致する。節点の数が四つ以上になると回轉円板の附近で節点間の距離が短くなり大分異つた形状になつてくる。之は勿論 a/l に依つて変ることゝ思われるが、精しい結果は更に実験を進

めるを要す。

何れにしても絲の太さと、トラペラの回轉数と絲の張力の関係により節点が出來、これがロングリフトの問題、更にスピンドルの回轉数に或る限界を與えることが確証された訳である。即ち第9、10、11図からも分るように、 10×10^{-6} 程度の空氣抵抗のオーダーになる爲、節点のくびれは非常に小さく、バレーエングに節点を生じると紡績は事実上不可能になる。故に節点を生ずる限界が紡績可能の限界と見做すことが出来る。

節点が三つ以内では大体藤井の理論は定量的に充分適用される事が分つたから、之を用いると、

(5) に於て

$$\beta x = \pi$$

然るに

$$\beta = \frac{\omega}{c} = \frac{\omega}{\sqrt{\frac{\tau}{\rho}}}$$

$$\therefore \omega x = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}} \cdot \pi$$

第 12 図

之が回轉数、絲張力、番手、リフトをパラメータとした場合の紡績の限界を表わす式になる。之をノモグラムに纏めると第12図のようになる。

6. 結 論

以上本実験に於て藤井の理論に基いて回轉する絲の空氣抵抗の値を定め、リング紡績に於ける絲の張力を測定する基礎を與えた。

又バルーニングの形状を実験的に定め、絲の太さによる回轉数とリフトの限界を定めた。

実験上不満足な点が多々あるが、之等は後の機会に譲ることにした。終りに臨み終始御懇切な御指導を戴いた東京大学、藤井助教授、又実験上

種々の御面倒を見て戴いた渡辺助教授に厚く感謝の意を表する。

この研究は文部省科学試験研究費及帝人製機株式會社の研究費による。

【註】

(1) 藤井澄二・纖維機械学会誌 1 卷 2 号
1948—10

(2) Textile Electrification
池田章：機械技術
昭和18年 31卷 12月号

(3) G. Lindner Leipziger Monatschrift
für Textilindustrie 1910
之は藤井の式の特別解に一致する。

(4) 纖維機械学会誌, 1 卷 2 号, 10頁第2 図は藤井氏に代り本文第3 図の如く訂正する。

Vol. 2 No. 10 Oct. 1949

Contents

S. Iwabe : On the ballooning of Ring Spinning machine. (Ⅱ)

T. Tubaki : On the effect of dyeing on strength and elongation of wool fibre.

A. Aoki, H. Shimura : On the Roving Tester. (Ⅰ)

M. Tanaka : On the Count Regulation of Garabo Spinning Frame by Changing the Compression of Fibres Packed into the Cup.

K. Ando : On the Report of "Yarn Speed on Winding" by Mr. Tani.