高速巻返機に関する研究(第2報)*

—パッケージ(巻玉)について**—

(昭和25年11月8日受理)

会 員 唐、沢 惟 儀***

1. 緒 言

第1報⁽⁴⁾において、巻糸速度と生産量の関係について述べたが、生産の目的物である巻玉——多くの場合巻返機の原料も又同時に巻玉であるが——の形式形状は、用途によつて限定されると共に、その様態の如何によつては、巻返速度や生産量についてはいうまでもなく、最終製品の品質、後続作業の能率に重大な影響を及ぼすものである。本報は、主として紡績において用いられる形式の巻玉について、理論的考察の概要を述べたものである。

2. 巻玉の基本的要件

紡績において、巻玉として要求せられる主なる必要條件は、次の如くである。

1. 巻玉の巻戻に際して、定常的糸速においては、その糸速の速速にかかわらず、その張力は終始一貫一定であつて、張力の変動、切断等のないこと。

2. 又仮に糸の巻戻速度にかなり急激な変動があつても、——糸を急に停止し又引出しても——これがために支障があつたり、特別の施設を必要としないこと。

3. 糸はなるべく最小の張力において巻戻しう方がよい。従つて、巻戻のために必要とされる巻芯や巻玉の回転抵抗力や、その慣性回転を防ぐための制動力等があることは好ましくなく、又糸が糸屑中に喰い込んだり、巻戻のために空気抵抗力や重力のかゝることも、原則としては望ましくない。

しかし一方人絹糸巻玉の如く、放置しておけば自然に巻戻してしまう場合があるのも困るので、極小さい一定の巻戻抵抗があることは望ましい。

4. 巻玉を巻返す時には、綾振幅の位置の如何に係らず、又形成した糸層の厚さの如何に係らずなるべく一定の糸速で巻上げられ、且張力に変動のないことが望ましい。

5. 巻返しの時の糸の張力は、一般的には、糸の弾性的限度以下であることを望む場合が多い。糸の張力が降伏点を超えると、所謂糸が死ぬといつて、糸の強力が低下したり、番手が変わつたりするからである。しかし場合によつては、降伏点近傍乃至はこれを超える張力をかけることによつて、撚りや番手の局部的不均一性を除去したり、逆に強力を増進したり、一層細番手の優良糸を生産する手段とすることもある。これ等種々の要求に應じて、その張力を変えても支障のないことが望ましい。

6. 巻返しに際して、糸が毛羽立つたり、摩擦、屈曲、圧迫等によつて、糸質強度を損う虞のないこと。

7. ネット、塵埃、夾雑物、綿埃等の混入しがたいこと。

8. 巻玉の各部の密度、空隙率、弾性、堅さ等も、巻玉の大小、内外を問わず原則として、なるべく均一なること。

9. 空隙の殆んどない所謂閉式巻(クローズ・ウィンド)と、管染色等に希望される空隙を極めて多量に必要とする所謂開式巻(オープン・ウィンド)とが、或は種々の密度のものが、その使用目的に應じて、同一の巻返機の僅かの改変調整によつて、任意且容易に製造し得ること。

10. 一定糸量の巻玉が、最小の容積重量に簡易安價迅速に荷造され、輸送中に加えられる外力に対して、改裝の有無強弱に係らず、型崩れ変形して、外觀を損じたり、巻戻に際して支障を生じ難

* On the High Speed Winders. Report 2: Theory of Package.

** 昭和25年10月14日関西工学連合会にて発表

*** Koreyosi Karasawa, Member.

いこと。

11. 卷玉芯棒としては、なるべく小さく簡単な形状のもので、特殊の資材を用いず、安価大量に生産され、水浸、加熱、乾燥や屈曲、圧迫等の外力を受けても狂い、破損、劣化し難い軽量強力なものを使用し得ること。

出来得れば卷芯を使用しないか、卷上後取除いても差支えない方がよいが、糸本来の性質からこれはあまり期待出来ぬ場合が多い。

12. 卷玉のまゝでも商品価値のあるよう美観をそなえること。

以上要約すれば、糸の大部分は織物とするのであるから、織物として又織布作業上に適当な形式形状のものがよいということになる。これ等の各項については、一應常識的に知られている事柄も多いので、高速卷返機の生産対照として考慮すべき若干の点についてのみ敘述することとしたい。

3. 卷玉の形式

現在一般に使用せられている卷玉と芯管の形式を分類すると、第1表に示された要目に

第 1 表

ト ラ バ イ ス の 種 類	糸捲付角	1. 直行型(角=小) 2. 交錯型(角=大) スロートラバース クイックトラバース
	糸 間 隔	1. 閉 式 クローズ 2. 開 式 オープン
	分 割 法	1. 等角割 2. 等 比 割 レギュラー プリサイズ(コンスタントレシヨ) 3. 不定割 イレギュラー
	綾 振 幅	1. 漸大 2. 一定(略一定) 3. 漸小 4. 周期的変化
	糸 層 厚	1. 縦長(幅廣) 2. 中間 3. 縦薄(幅狭)
卷 玉 断 面 形 状	位 置	1. 定 厚 2. 不等厚
		1. 定位置 2. 漸進移動 3. 往復移動
卷 芯	卷玉断面形状	1. 平 卷 2. 樽 卷 3. 球 卷 4. 星形卷 5. 凹溝卷 6. 凹堆卷 7. バインアップル卷 8. 筍卷 9. その他
	卷 芯	1. 有 芯 2. 無 芯 1. 両縁付 2. 片縁付 3. 無 縁 1a. 凹溝芯 1b. 凹管芯 2. 徳利芯 3. 凹堆芯 4. 板 芯 5. 楕円芯 6. 籠 芯 7. その他
用 途	用 途	1. 経糸用 2. 緯糸用 3. 合糸用 4. 撚糸用 5. 染色用 6. メリヤス用 7. 網 用 8. 刺縫用 9. ミシン用 10. 縫糸用 11. 編物用 12. その他用

第 2 図

別けられ、これらの組合せによつて、理論的には相当多種類の型式が可能であるが、実用に多く供せられているものは、大小太細等は別として、形式的には第2図に例示された程度で、左程多くはない。

これらの図と表について一々解説することは省略させて置く。たゞこの表中“分割法”というのは軸芯周面を糸によつて如何なる分割方法を取りつゝ卷玉が成長するかということであつて、卷玉の大小に係らず、相重なる糸の軌跡が中心線に対して一定角をなすものを等角割といひ、相重なる糸の軌跡を中心線よりみる角が常に一定のものを等比割という。即ち一周期間の糸の軌跡の展開図形が、その位置の如何に係らず互に合同なものを等角割といひ、相隣るもののみが殆んど合同であつて、一周面に常に一定数に分散しているものを等比割という。

振幅が周期的に変化するものは、現在実際には使用されていないようであるが、第2図Qの不等

厚コーン巻を、数種の、或は漸变的に、振幅の変化する綾振運動を組合せて形成する外國特許例がある。

振幅の位置が定位置で、巻玉が成長するという事は、厳密には相重なる各層面が、最初の層面に立てた法線束と直交することであるが、便宜的に巻玉の芯軸若くはクレードル支持軸が巻玉の成長につれて特別な横移動をせぬ際等にもいわれている。

4. 巻戻の張力

巻玉から糸を巻戻す際に所要の糸の張力については、多少研究されていることであるが、巻返機に関係して必要な考察を若干附加しておきたい。

巻戻の際の糸に張力を生ずる原因としては

τ_a : 糸層から糸が離脱するに要する力

τ_b : 糸の加速に要する力

τ_c : 巻玉を巻戻すための糸の張力によつて回転させた際に要する力

τ_d : 糸が回転（ブルーニング）する際に生ずる遠心力と空気抵抗によつて生ずる力

τ_e : 糸に作用する重力によつて生ずる力

τ_f : 糸が芯管縁、その他の物体と摩擦するとき生ずる力

τ_g : 綾振りと巻返速度の変化に原因する張力（後報参照）

が主なるものであつて、これらは巻玉の形式寸法と、その巻戻の方法によつて、その有無度合が異なる。

τ_a 糸の離脱抵抗: 離脱抵抗を構成するものはイ) 糸表面の毛羽、凹凸、膠質物のために、糸と糸とが互に附着し、からみ合っているために起る分離力。ロ) 下層の糸列間に喰込んでゐることに原因する相互の摩擦力。ハ) 巻戻する糸の運動方向に接触する糸層と巻戻糸間に起る摩擦力。ニ) 巻玉内の糸の残留張力による糸の収縮運動や巻玉の膨脹力に原因する相互の運動。ホ) 糸の運動方向に應ずるための弾性的屈曲変形に要する力一等である。これらの力の大体の價を、実験によつて求めてみると

綿糸・スフ糸 (20's~40's)

糸層に垂直の方向へ引出す時 0.2~0.8gr.

糸層面に接触しつつ引出す時 0.5~5.0gr.

毛糸 (~1/10)

糸層に垂直の方向 0.5~3.0gr.

人絹 (100d~200d)

毛羽立なき糸 -1.0~0.2gr.

程度がイ、ニ、ホ項が主力となつた極端な喰込のない場合の値である。値としては比較的小さいが変動の多いことが特徴であるため理論的解析の意義を減ずる。又上記のように、糸層面を糸が擦る場合と擦らぬ場合では数倍の相違があるから、所謂リボン巻が巻玉内にある時は、巻戻に際して張力変動が大きく、切断しないまでも、編目が不揃いになつたり、はづれる原因となる。

喰込糸には、巻玉の側圧に對應する摩擦力と引出し方向に原因する摩擦力が作用して、裏糸（綾はづれともいう。Back-wound）のある場合と共に、糸の抗張力以上の異常張力が発生して、糸は破断されるにいたる。

τ_b 糸の加速に要する張力:

$$\tau_b = r_s s^2 / 2 \approx s^2 / 330 C, \text{ 但 } \text{gr. cm/sec}^2 \dots (10)$$

である。20番手綿糸、 $s=600\text{m/min}$ では、 τ_b は 1.5gr 程度である。

τ_c 巻玉を回転させる張力: 芯軸の回転抵抗や巻玉の回転空気抵抗を除外した巻玉の回転慣性に原因する張力は、巻玉内密度を均一と見做すと

$$\tau_{c1} = \frac{w_p}{g} \frac{ds}{dt} \frac{k_p}{r_2} \approx \frac{w_p}{\sqrt{2}g} \frac{ds}{dt}, \dots (11)$$

となる。今 $w_p=1,000\text{gr}$, $ds/dt=60\text{m/min/sec}$ とすると $\tau_{c1}=72\text{gr}$. となり相当大きな張力が発生することが判る。従つて旧式の整経機のように巻玉を回転する方式では、300~1,000m/min といつた高速に糸を巻戻することは、この点から到底出来ない相談である。

第 3 図

芯軸の回転のために要する糸の張力は

$$\tau_{c2} \approx \mu_s w_p r_s / r_2 \dots (12)$$

となり、 $\mu_s=0.3$, $r_s=0.4\text{cm}$ の場合に $\tau_{c2} \approx 12\text{gr}$ で、先の加速回転に要する張力に比較すれば稍小

さいが、なお相当の量である。

τ_{c2} の張力は、又巻返機の糸の巻取機構として、巻玉に接する円筒によつて回転を與える際の、接触摩擦力の大部分に概当する。又巻玉が所謂コーン型の場合に、接触円筒駆動型の巻返機では、巻玉の大径側と小径側間の、表面速度に差があるために起るスリツプによつて、糸が毛羽立たりバントヤーン（摩擦糸）を生じ勝であるが、これらは單に接触する両物体に相対的摺動運動があるためのみにのみ惹起されるものではなく、両者の接触圧力と τ_{c2} に概当する回転抵抗と、両者の摩擦並に摩擦特性に関係するものである。従つて軸受として無給油軸承（ $\mu_s = 0.05 \sim 0.3$ ）を使用するのと、球軸承（ $\mu_s = 0.01 \sim 0.03$ ）を使用するのは、糸の摩擦、毛羽立に與える影響は数倍の差異があり、スリツプの度合よりもむしろブレドミナントに考えねばならない。QT 巻返機が平行チーズなるに係らず毛羽立の多いのは、大半上記の事情によるのであつて、クレードルやスピンドルの設計が、巻返機による糸の品質の向上に重大なる影響を及ぼすものであることを立証している。又ドラム材質に関して同様の問題があるが、後報にて詳述する予定である。

τ_d 糸の旋轉によつて生ずる張力：⁽⁵⁾ 空氣抵抗等を見無視した場合の張力 τ_{d1} は（第4図参照）

第 4 図

$$\frac{y}{r} = \sin \sqrt{\frac{\gamma_l}{\tau_0}} \frac{sh}{r} / \sin \sqrt{\frac{\gamma_l}{\tau_0}} \frac{sH}{r}, \quad \dots \dots \dots (13)$$

であるから

$$\tau_{d1} = \tau_0 (\sqrt{1 + y'^2} - 1) h = 0 \quad \dots \dots \dots (14)$$

となる。 τ_{d1} を最小にする條件は

$$\sqrt{\frac{\gamma_l}{\tau_0}} \frac{Hs}{r} = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, \dots, \dots (15)$$

であつて、この時には

$$\tau_{d1, \min} = \sqrt{\tau_0 \gamma_l} s, \quad \dots \dots \dots (16)$$

である。又

$$\sqrt{\frac{\gamma_l}{\tau_0}} \frac{Hs}{r} = \pi, 2\pi, 3\pi, \dots, \dots (17)$$

となる時には、巻戻糸は瞬間的に非常に大きな旋転曲線を描いたり、切れたりして不安定となる。一般に巻玉の幅 l が長く糸層 $r_2 - r_1$ が厚い場合には、——結局ラージパッケージでは、かゝる不安定状態をとる局部的条件を避け難くなる。巻戻が終始安定となるためには、巻玉のいたるところで (17) 式の左辺の項が π より小さいことが必要で、この条件を満足させるためには、 H が最大の場合に r を出来るだけ大きくすること、つまりコーン巻がよいことになる。従つてコーン巻の芯管の傾斜角は、この意味においては出来るだけ大きい方がよいが、他方後述の如く巻糸速度の変化とか、スリツプの問題や、容積が大きく、型崩れや綾はづれし易くなる傾向がある。前掲第2図中のMNQRSの諸型の優劣を比較すると、一般にM型が最も良く、以下NQRSの順に、解離の不安定や型崩れ等を起す可能性が多くなり、M型中では M_{13} 型が多くの場合最も良い。

精紡管糸（第2図S型）を高速度に巻戻す場合にも同様の注意が必要で、管糸頂と糸案内口とは従来は旋転弧の半節程度或はそれ以上隔てることが慣習となつていたが、管糸下端に至るまでの間に不安定状態のないよう、なるべく近接する方がよい。⁽⁶⁾

次に糸の旋轉に対する空氣抵抗を考慮すると

$$\tau_{d1} d^2 z / dh^2 = \mu_a s y / 2\pi r \quad \dots \dots \dots (18)$$

を解いて

$$\tau_{d2} = \tau_{d1} \{ \sqrt{1 + (\mu_a s H / \tau_{d1})^2 / 25} - 1 \} \dots \dots \dots (19)$$

を得る。一般的條件では τ_{d2} は左程大きな値とはならな、いがこの値を出来る限り小さくする方法は、 H を出来るだけ小さくするより外にはない。これは前節の結論と調和する。

τ_e 重力に原因する張力：糸が垂直に懸垂されている場合の張力増加量は

$$\tau_{e1} = \gamma_l H, \quad \dots \dots \dots (20)$$

である。水平に懸垂されている場合には

$$\tau_{e2} = \tau_0 \left\{ \sqrt{1 + \frac{\tau_0^2}{\gamma_i^2} \cosh \frac{\gamma_i H}{2\tau_0}} - 1 \right\}, \quad \dots\dots\dots(21)$$

である。前者は一般にその値小さく、後者は整経機等の場合にはかなりの量となる。

τ_i 他糸体と摩擦によつて生ずる張力：摩擦のために糸が α rad 屈曲する場合の増加張力は

$$\tau_{f1} = \tau_0 \{ \exp(\mu_b \alpha) - 1 \}, \quad \dots\dots\dots(22)$$

となる。張糸ワッシャーの如く、2物体（夫々添字 I, II）間に力 w_t をもつて挿まれている場合は

$$\tau_{f3} = (\mu_{bI} + \mu_{bII}) w_t, \quad \dots\dots\dots(23)$$

となる。球張糸装置等による張力については、その安定性の問題と共に一括して張糸装置として後報にて論ずるが、参考のため球張糸装置の正常状態における張力式のみ掲げておく。

$$\tau_{f3} = \exp(\mu_I \alpha) \left\{ \tau_0 \exp\{(\mu_I + 2\mu_{II}) \alpha\} + (0 \sim 1) \mu_I w_t \cos \alpha + w_t \operatorname{cosec}(\alpha/2) \right\} \quad \dots\dots\dots(24)$$

こゝで μ_I , μ_{II} は夫々糸と外器、糸と球間の摩擦係数である。（第5図参照）

第 5 図

さて (22) 式によつて、糸が屈折して摩擦する場合に生ずる張力増加は、数値計算してみると

μ_b	α	$\exp(\mu_b \alpha)$
0.3	0.2π	1.06
0.3	0.5π	1.64
0.3	4π	43.38
0.1	4π	3.51

となり、第6図に示された場合のように、縁のある芯管からの巻戻や、精紡木管の取付角度を誤つたり、巻糸層面や芯管表面の凹凸、結目等に糸が引懸つた場合には、張力の変動が甚だしく、異常張力を発生し切斷する原因となる。有縁巻玉は以上の τ_0 と τ_{f1} による張力に災されて、その巻戻が容易に行われ難いから、容積、型崩れ、包装等の要求から縁を必要とするものには、近時第2図

第 6 図

D若くはRの如き片縁 (Single head bobbin) 巻芯を用い、巻戻の際には無縁の側より糸を縦に引き出すことが行われているが、なお τ_a に関してコーン巻 (第2図M, N型) に劣る欠点がある。

以上巻玉から糸を巻戻す際に、糸に張力を與え、これに変動を生ずる主なる原因について通覧してみると (1) 糸速に直接大きく関係する因子と殆んど無関係な因子。(2) 張力変動のさけられぬ因子と略々一定値を與える因子のあることが判り、(3) 巻玉や巻戻の形式によつて除去若くは安定化する方法、(4) 糸速を高速化する上に考慮すべき事柄等が自ら明確となつた。

運動する糸の張力を実験的に測定することは、糸の摩擦特性、弾性、密度等の変化や振動等のために精密を期し難く、上述の如く原因別に把握することは一層困難である。理論的解析はその取扱方に誤なく省略因子の影響が少なければ、散逸した実験値や、正体の不明な結果よりも優る。

5. 巻玉の密度と壓力

巻玉の密度は、玉染 (Tube dyeing) の場合と荷造容積が問題となる場合以外は、本來さして重要な事柄ではない。一方糸の番手、密度、弾性、水分、毛羽立、摩擦特性、均整度、張力、撚り、仕上、纖維構造等の糸質を構成する多様の因子に左右されて簡單適確な相關々係を各巻玉様式について求めることは困難である。糸質、張力、巻糸速度が同一の場合には、一般に

密 →	粗 →
直行型 →	交 錯 型
閉 式 巻	ワインド大 → ワインド小
千鳥目 → 碁盤目	等角割開式巻 → 等比割開式巻
	ピッチ短 → 長

なる傾向がある。密度 r_P の実測例についてみると
3/20~3/50 綿糸 閉式平行巻 $r_P=0.70\pm0.20$
〃 〃 閉式交錯巻 $r_P=0.65\pm0.15$
20's~30's 〃 開式等比巻 $r_P=0.70\sim0.20$
〃 〃 開式等角巻 $r_P=0.50\sim0.25$

となり、スフ糸の r_P は約10%増、人絹糸(120~200d)は60~80%増の値で、人絹は一般に開式等比巻では0.85~0.95、開式等角巻では、0.80~0.90位の値となつている。

今弾性硬度 K なる半無限体の上に密接して張られた一層の糸列(張力 $=\tau\tau_0$)上に、垂直荷重 P が加つたときの、糸の変位量 u は、 P の着力点を x 軸の原点とすれば、(第7図)

$$m\tau_0 d^2u/dx^2 - Ku = -P\delta - \tau_0/r_2, \dots\dots(25)$$

を解いて

$$u = \frac{1}{2r_2} \sqrt{\frac{\tau_0}{Km}} \exp\left(-\sqrt{\frac{Kx^2}{m\tau_0}}\right) \dots\dots(26)$$

を得る。 P を $x=\pm 1/m, \pm 2/m, \pm 3/m\dots\dots$ の位置に重疊したときの $u \rightarrow u_s$ は

$$u_s = \frac{1}{2r_2} \sqrt{\frac{\tau_0}{Km}} \coth\left(\frac{1}{2} \sqrt{\frac{K}{m^3\tau_0}}\right), \dots\dots(27)$$

となる。この u_s によつて、糸の弾性、張力、ピッチと密度間の関係を求めることが出来る。

第 7 図

巻玉内の圧力分布や、芯管の受ける外圧力は今少し簡単に

$$p = \int_r^{r_2} (\tau_t/\tau) dr, \dots\dots(28)$$

と考へてよい。直行巻、交錯等角巻では τ_t は r に関係なく一定であるから

$$p_R = \tau_t \log(r_2/r) = \tau \cos\beta \cdot \log(r_2/r) \dots\dots(29)$$

となる。等比巻では

$$\cos\beta = 2\pi\nu r / \sqrt{(2\pi\nu r)^2 + l^2}, \dots\dots(30)$$

であるから

$$p_{P1} = \tau \{ \sinh^{-1}(2\pi\nu r_2/l) - \sinh^{-1}(2\pi\nu r/l) \}, \dots\dots(31)$$

となる。然し実際は β の左程大きく変化しない範囲に限られるから、(29)式の結果と大差はない。等比巻の巻返機では、糸の張力 τ が、巻玉半径 r に比例して増大する巻糸速度によつて増大する場合が多く、張力が

$$\tau = \tau_r r \dots\dots(32)$$

によつて與えられる場合の圧力は、

$$p_{P2} = \int_r^{r_2} \frac{\tau_r r dr}{r \sqrt{r^2 + (l/2\pi\nu)^2}} = \tau_r \left\{ \sqrt{r_2^2 + (l/2\pi\nu)^2} - \sqrt{r^2 + (l/2\pi\nu)^2} \right\}, \dots\dots(33)$$

となる。一般の状態では

$$p_R < p_{P1} < p_{P2} \dots\dots(34)$$

となるが、芯管の軽量化、巻玉の安定化内部應力の均一化のためには、同一の τ に対して $p(r=r_2)$ が小さい程よい。等比巻は $\sin\beta$ の値が r の増加につれてかなり減少し、後述の如く巻玉の安定性を害する欠点があるが、巻玉面上の糸の分布が常に均一である特長がある。等角巻は誇張して示すと第8図の如く、差動装置(Differential motion, Ribbon breaker)がない場合にはかなり激しく

第 8 図

表面に凹凸を生じ、糸の巻戻張力に少しではあるが不同を與え、回転に際して振動する欠点があるが、巻玉内の應力分布が各方向均一的で、等比巻より安定性のある大型巻玉を形成し易い特長がある。

6. 巻玉の型崩れ

最初に土圧論の擁壁の如く、巻玉内の滑り面 $\overline{OB}$ における圧力に原因する崩壊現象を考える(第9図参照)。簡単のためと、部分的崩壊をも考えるために、巻玉は直線状に無限に続いているものとする。巻玉の端面 $\overline{AA'}$ は、中心軸 $\overline{OO'}$ と直交し、 F なる力が作用するものとする。滑り面 $\overline{OB}$ は、中心軸 $\overline{OO'}$ と θ 角をなして交り、面上に働く内部應力の半径方向の分力を P 、中心

軸方向の分力を Q 滑面に働く反作用 R が滑面の法線となす内部摩擦角を R とする。滑り面には滑りに対する抵抗力は、綾振りの β 並 ν や糸質によつてかなり変化するので、一應零として無視して安全側に計算する。以上の力が互に平衡する爲には、

$$F \cos \vartheta - P \sin \vartheta - Q \cos \vartheta + R \sin \vartheta = 0, \quad (35a)$$

$$F \sin \vartheta + P \cos \vartheta + Q \sin \vartheta - R \cos \vartheta = 0, \quad (35b)$$

なることを要する。こゝで P は $\overline{AA'}$ ($r_2 \sim r_1$) 間で (29) 式を積分して

$$P = \tau_l \left\{ (r_2 - r_1)(r_2 - 3r_1)/4 + (r_1^2/2) \log (r_2/r_1) \right\} \cot \vartheta = K_1 \cot \vartheta, \quad (36)$$

となり、 Q も同様の方法で

$$Q = \tau_l (r_2 - r_1)^2 \cot \vartheta = K_2 \cot \vartheta, \quad (37)$$

が得られる。以上 4 式から

$$P = \frac{\tan \vartheta (K_1 - K_2 \tan \theta) - (K_1 \tan \theta + K_2)}{\tan \vartheta (1 + \tan \theta \tan \vartheta)}, \quad (38)$$

となり、 $P=0$ なるためには

$$\tan \vartheta = \frac{K_1 \tan \theta + K_2}{K_1 - K_2 \tan \theta} \quad (39)$$

なることが必要である。又 $\vartheta \geq \pi/2$ なるためには

$$\tan \vartheta \geq K_1/K_2 \doteq \tau_l/4\tau_c, \quad (40)$$

となるから

$$\tan \theta = 0.25 \text{ のとき } \tau_l \doteq \tau_c \text{ 即ち } \beta \doteq 45^\circ, \quad (41a)$$

$$\tan \theta = 0.50 \text{ のとき } \tau_l \doteq 2\tau_c \text{ 即ち } \beta \doteq 27^\circ, \quad (41b)$$

であるべき事を意味している。先に無視した滑り面における抵抗力は、 β が大である程大であるから、実際必要な巻付角 β は上記の値より幾分小さくてよいことになるが、いづれにしても巻玉が安定するための巻付角はかなり大きいことが必要であつて、又大きい程よいことが判る。

以上は巻付角が一定の場合であつたが、等比巻の場合には、巻玉半径 r_2 が増大すると共に β は漸次小さくなり、(40) 式の K_1/K_2 の値が次第に不安定の値に近づくため、一定度を越えた時に巻玉が自然に崩壊する現象が実験せられている。

巻玉の端面は芯管に対して鋭角である程、滑り崩壊に対して安定であるから、第 2 図中の M_1 , M_2 , Q 型よりは M_3 , M_4 型がよく、 $N.R$ 型は一層堅牢である。

次に巻玉がその軸芯方向の外力によつて、糸層

面に添うて滑りの発生する場合を論ずる。

(第 10 図参照) 芯軸方向の外力 Q は滑り発生の際に

$$Q = 2\pi r_l \sqrt{1 + \tan^2 \theta_c} p (\tan \theta - \tan \theta_c) \quad (42)$$

第 9 図

第 10 図

となるから、コーン巻の傾斜角 θ_c は、巻玉の内部摩擦角 θ より出来るだけ小さいことが必要である。一方内圧力 p もこの意味においては、糸の張力等に影響のない限り、大きい方がよい事が判る。

然し (17) 式の条件をさけるためには、 θ_c はなるべく大きいことを、特に芯管の近傍においては、要求せられる。従つて巻層のコーン角度が第 2 図 Q 型の如く、その厚さによつて変化する形式は、一般に好ましくない。

7. 結 語

巻返機の生産原料であつて又目的物である巻玉の一般的形状とその基本的要件について若干の考察を試み、特に巻玉を巻戻す際の糸の張力とその変動性、糸速に関する影響や、巻玉内の密度圧力分布や安定性について各因子間の関係を求めた。もとより多種多様な用途に対応する巻玉の要件を一々些細に検討解説することは本意ではないが、織布準備機として巻返機を生産対象とする巻玉について必要とし不明な基礎的理論は明らかになつた。これらの結果を巻玉の各型式に適用して各論することも省略したが、所論の一般的帰結は容易に求められよう。

一般的結論として巻玉は必要にして充分なる傾斜角をもつた円錐状に糸層を形成し、巻付角の比較的大きな交錯巻とし、糸は縦方向より引き出すことが望ましく、この際生ずる糸の回転による張

力並にその変動に対して、適当な寸法比や糸速等
を撰ばねばならない。これらに必要な関係式等は
殆んど補つてある。

生産の目的と素材を連結する手段については、
次報より逐次述べることにしたい。本法に記載さ
れた解析計算は、いづれも一般の初等的求積解法
の範囲に属するので、演算の展開取扱等は立式の
思想や結果の意義についての説明等と共に省略し
たことを宥恕されたい。又実験値との対比や由來
を述べることも割愛した。

8. 記 号

C = 番手,

F = 卷玉端面に働く應力 (gr),

g = 重力の加速度,

H = 懸垂糸の長さ、回転糸の高さ (cm),

h = H に関する座標,

$K_1, K_2 = (36), (37)$ 式で與えられる係数,

k_p = 卷玉の慣性回転半径 (cm),

l = 綾振幅 (cm),

m = 卷玉表面糸列のピッチ (本/cm),

P = 卷玉半径方向に加わる力 (gr),

p = 卷玉半径方向分布圧力 (gr/cm²),

p_R = 交錯等角卷の p,

p_P = 交錯等比卷の p,

Q = 卷玉芯軸方向應力 (gr),

R = 卷玉内滑面上に作用する反作用 (gr),

r_1 = 卷玉内半径 (cm),

r_2 = 卷玉外半径 (cm),

r = 卷玉半径座標 (cm),

r_s = 芯軸の半径 (cm),

S = 糸速 (cm/sec),

t = 時間 (sec),

u = 卷玉表面の半径方向変位量 (cm),

w_P = 卷玉單重 (gr),

w_t = 糸を挿む力 (gr),

x = 卷玉表面上の座標 (cm),

y = 回転糸の回転半径座標 (cm),

z = 空氣抵抗による回転遅れ座標 (cm),

α = 糸の屈折角 (rad),

β = 糸の卷付角 (rad),

γ_c = 糸線密度 (gr/cm),

γ_c = 糸の密度 (gr/cm³),

γ_P = 卷玉の密度 (gr/cm³),

K = 卷玉弾性硬度 (gr/cm²),

μ_a = 摩擦係数 (糸/空氣) (dyne sec),

μ_i = 摩擦係数 (糸/芯管縁糸道等),

μ_s = 摩擦係数 (芯管/芯軸) (芯軸/軸受),

ν = ワインド数,

θ = 卷玉内部摩擦角 (rad),

θ_c = コーン傾斜角 (rad),

ϑ = 卷玉内滑り面の中心軸となす角 (rad),

τ_a = 糸の離脱 {に要する張力 (gr)} ,

……以下大括弧内字句省略す,

τ_b = 糸の加速 -,

τ_{c1} = 卷玉の回転 -,

τ_{c2} = 芯軸の回転 -,

τ_{d1} = 眞空中の糸の回転 -,

τ_{p2} = 空氣と糸の回転 -,

τ_{e1} = 鉛直に懸垂するため -,

τ_{e2} = 水平に懸垂するため -,

τ_{f1} = 他物体と糸の摩擦 -,

τ_{f2} = 張糸ワツシャーとの摩擦 -,

τ_o = 張力の初期値 (gr),

τ_t, τ_b = 夫々卷玉内糸張力の円周並に母線方向分
力,

τ_r = r に比例する張力の比例常数 (gr/cm),

τ = 一般張力 (gr)

註

(4) 本誌 Vol. 3, No. 10, '50, PP 18/22.

(5) 例えば Bergmann. Die Spinnerei, Berlin, '31.

(6) "Where to locate the supply." Textile World.
'47 P.154.