(平成元年 6 月 19 日受理)

巻糸体の内部ひずみとその制御法

金 沢 大 学 工 学 部 新 宅 救 徳 ・ 尾 田 十 八
旭化成繊維テクノロジーサーチ(株) 奥野登起男

INTERNAL STRAIN IN YARN PACKAGE AND ITS CONTROL METHOD

By Sukenori Shintaku^{*1}, Juhachi Oda^{*1}, and Tokio Okuno^{*2}^{*1} (Department of Mechanical Engineering, Kanazawa University, Kodatsu-no, Kanazawa, 920, Japan)^{*2} (Asahi Chemical Textiles & Fibers Techno Research Co., Ltd. Awada, Nonoichi, Ishikawa, 921, Japan)

ABSTRACT: The effectiveness of tension control method is made clear by measuring the internal strain and the shape in end faces of the two yarn packages. One is formed according to the theoretical tension curve which makes the residual circumferential stress to be same for all yarn layers, and the other is formed under constant winding tension. Tension controller manufactured in this experiment can form yarn packages according to winding tension of arbitrary theoretical curve from the internal yarn layer to the external yarn layer. In the yarn package formed under controlled winding tension on the assumption that the degree of anisotropy in the nylon-6 yarn package is in the range from 0.36 to 0.50, bulge and cob-webbing of the end faces of it are smaller than the yarn package formed under constant winding tension. The values and distributions of internal strain, and unwinding tension for the yarn package formed under controlled winding tension, are smaller than ones of the yarn package formed under constant winding tension.

(Received June 19, 1989)

1. 緒 言

最近の繊維機械での高速化、自動化によって、給糸側がラージパッケージへと移行しつつある。そのため、パッケージの形態上の不良などが高速解じょ時やその後工程の障害となりやすく、またラージ化に伴う巻糸体の内外層での品質差も生じるため、これらを防止する上から巻糸体内部のひずみ分布を解析する必要がある。

一方、巻糸体形成時の巻張力を制御すれば形態上の改善効果のあることが既に分かっている¹⁾。特に、巻糸体内部の円周方向の残留応力を一定とするような巻張力を与えることは、各種の欠点を解消できる可能性を持っていると予測される。しかし、このことに関して実際に糸特性を考慮した巻張力制御による巻糸体形成の評価はなされていない。

よって、本研究では、まず巻張力を任意に設定できるような張力制御装置を試作する。次に、これによって形

成された巻糸体についての内部ひずみ挙動や端面の膨れ出し、さらには解じょ性についての評価を行い、巻糸体の巻欠点の解消、品質不良や形態不良とならない巻糸体を形成するための基礎条件を考察する。

2. 巻糸体の内部ひずみについて

巻糸体の形成は伸度の小さい糸や巻量が少ない場合、巻張力を一定としても、バルジや菊巻きといった現象はあまり生じない。しかし、紡績糸や合成繊維のような伸度の大きい糸や異方性の大きい糸を巻く場合には、巻糸体内部のひずみが大きくなってバルジや菊巻きなどを発生しやすい。特に最近では、繊維機械の高速化に対する糸消費速度の増大によって巻糸体がラージ化されており、内層の糸はその外層の糸層によって巻糸体の円周方向、さらには半径方向にもより大きく圧縮されるため¹⁾、糸特性の変化や形態上の不良がより生じやすくなる。

Fig. 1 Relation between circumferential strain ϵ_{θ}^* and yarn layer Δr under various degrees of winding tension.

Fig. 2 Schematic illustration of experimental apparatus.

Fig. 3 Detailed drawing of tension controller (Post type). ① Yarn, ② Yarn Guide, ③ Friction Bar, ④ Rotating Plate, ⑤ Gear I, ⑥ Gear II, ⑦ Stepping Motor.

巻糸体を張力一定で巻いた場合、例えば巻張力が10, 17および25gf/y一定の場合、図1²⁾に示すように巻糸体形成終了時に巻糸体内の各半径位置に貼付けたゲージの円周方向の圧縮ひずみは内層側で大きくなる。このことは巻糸体内層部で菊巻きやバルジが発生しやすく、さらにこのような巻糸体の内層部は糸張力が緩和される円周方向に圧縮作用を強く受けるため、マルチフィラメントにおける各フィラメントが分離する傾向を生じることや、柔軟度などの糸特性が変わるなどの問題を生じる。

そこで、巻糸体の形成終了時に、糸の長さ方向（巻糸体の円周方向）の残留応力が内層から外層にかけて一定となれば、既に述べた点も含めて糸特性が全域均一であるという理想的な巻糸体を形成することができる。すなわち、このことは巻張力Tで巻く場合、巻糸体内部の糸層がその上に累積していく糸層によって円周方向に緩和される応力 σ_{θ}^* とで作る応力、 $T + \sigma_{\theta}^*$ が巻取終了時において全域一定値 T_0 となるように巻張力Tを制御すればよいことを意味している。そこで次章においては、まず巻張力Tを任意に制御する方法とその装置の試作結果を示すことにする。

3. 内部ひずみの制御法とその実験

3.1 張力制御装置

図2に巻張力の制御装置を備えた巻糸体形成システムの概略図を示す。巻糸体の形成にはRTワインダを用い、巻取り速度は242m/minとした。図において、バーンから引き出された糸はガイドを通して制御装置に入り、円柱ドラムの導糸溝で緩振りを受けながら巻取られる。試料糸としてはナイロン糸(70D/13F)を用いる。巻張力の制御はRTワインダ直前に取り付けたUゲージにより得られた張力値をパソコンに取り込み、任意に設定された張力値と比較し、制御装置にフィードバックしている。ここで、後の実験では設定張力値は巻取り終了時に巻糸体内の円周方向の残留張力が一定となる式²⁾より計算した理論値 T_{th} を用いている。

図3は張力制御装置の一例を示す。これは糸に与える摩擦力の大きさを変化させることによって巻張力を加減させており、糸への摩擦力の付与方法は、2本のバー③を有した円板④をステッピングモータ⑦を使って回転させることによって、糸に加わる摩擦力を調整している。巻張力の制御方法は、まずパソコンにて予め時間に対応して計算された理論巻張力値 T_{th} と、Uゲージから測定された実験値 T_{exp} との差 ΔH が許容範囲内にあるかどうかの判断をさせる。そして、この差 ΔH が許容範囲を越えた場合のみ、 ΔH を修正する方向へステッピングモータを動作させる。なお、本実験装置でのステッピングモ

Fig. 4 Performance curve of tension controller.

Fig. 5 Detail drawing of tension controller (Washer type). ① Yarn, ② Yarn Guide, ③ Washer Plate, ④ Spring, ⑤ Screw I, ⑥ Screw II, ⑦ Bearing, ⑧ Gear I, ⑨ Gear II, ⑩ Stepping Motor.

Fig. 6 Relation between the ratio T/T_0 and yarn layer Δr for various degrees of anisotropy.

ータに加える連続パルス数と張力との関数曲線は図4のものとなっている。この図は、糸速を242m/minとし、3パルス毎に600パルスまで増加させ、そして逆に600パルスから3パルス毎に零まで減少させていったときの張力を示したもので、測定値にはばらつきはあるものの、ほぼパルス数に比例して張力を設定できるといえる。

ただ、巻張力がワインダの綾振りやバーンからの解じょ位置によって変動するため、走行中の糸張力は100ms間隔で100個サンプリングし、これらの平均を実験値 T_{exp} としている。また、制御装置での糸への張力制御動作はA/D変換器やパソコンでの処理時間を含めると約12秒毎に1回行われることになる。巻始めは予め理論値に近い張力となるように制御装置の円板の回転角を調整し、実験を開始している。

以上説明した積算型（糸が円柱と接する角度を指数にもつ摩擦力が糸に加わる）の張力制御装置に対し、加算型（糸を挟みつけるバネの縮み量に比例した摩擦力が糸に加わる）のものについても製作、これを用いた実験も行っている。加算型張力装置（図5参照）においては、糸は梨地加工を施したワッシャ間に通され、ワッシャを押すバネの伸縮をステッピングモータを使って調整することにより、糸に加わる摩擦力を増減させる方法をとっている。この装置を用いた場合でも積算型の装置と同様に、巻張力を設定通りに制御できる結果を得ている。

3.2 内部ひずみの制御実験

ここでは、巻張力を一定にした場合と張力制御を行った場合について巻糸体を形成し、糸層の増加に伴う内部ひずみの挙動や巻糸体の外観形状の比較を行う。巻糸体の内部ひずみの測定は前報²⁾で示した方法に従い、巻糸体中央部の円周方向に貼り付けたひずみゲージによって、ひずみを内層から外層にかけて測定する。巻糸体は直径25mmのアルミ製の心筒に糸をRTワインダの回転数で48000回だけ巻き付けており、巻取り終了時の巻糸体径は約58mmとなる。

巻張力を制御した場合の理論張力曲線は、図6に示すようなものであり、図中の各実線は巻取り終了時に巻糸体の内層から外層にかけての円周方向の残留応力を一定値 T_0 とするための巻張力 T を、異方性係数 ω を様々に変えて計算したものである。この異方性係数 ω とは巻糸体の半径方向のヤング率を円周方向のヤング率で除した値である。また張力制御実験では、 T_0 が10gf/yとなるような巻張力 T で巻糸体を形成しており、異方性係数 ω は0.36、0.50および0.071の場合を考えている。

さて、積算型の張力制御装置を用いて巻糸体を形成してみよう。図7(a)は $\omega=0.50$ としたときの理論巻張力曲線とUゲージによって測定した巻張力値を示したも

Fig. 7 Relation between winding tension T and yarn layer Δr .

○, experimental points; —, theoretical curve.

(a) Winding tension curve which control reasual circumferential stress to be constant in all yarn layers for the yarn package as $\omega = 0.50$.

(b) Constant winding tension ($T'=15 \text{ gf/y}$).

のであり、また図7(b)は巻張力を15gf/y一定としたときの測定値を示している。いずれもバラツキはあるものの理論巻張力曲線に従いながら変化しているのが分かる。よって、本張力制御装置は目標値に十分追従しながら巻張力を制御できることが分かる。

4. 実験結果と考察

4.1 巻糸体の内部ひずみと硬度

まず、図8に注目する。図中のひずみは図7に示したような巻張力にて巻糸体を形成していった場合に、その途中の7~8ヶ所で貼り付けたゲージの受けるひずみ挙動を測定した結果である。この図より巻張力を制御した場合のひずみが巻張力一定とした場合に比べ、そのひずみの増加傾向が小さくなっているのが分かる。これは巻

Fig. 8 Variation of circumferential strain ϵ_{θ}^* with increase of the yarn layer Δr .

(a) Winding tension curve which control reasual circumferential stress to be constant in all yarn layers for the yarn package as $\omega = 0.50$.

(b) Constant winding tension ($T'=15 \text{ gf/y}$).

弛力を一定として巻糸体を形成した場合、巻張力を制御した場合に比べて大きな巻張力が最後まで維持されるためと思われる。

次に図9について考える。この図中の各実験点は、図8において巻糸体の形成終了時、すなわち糸層厚さが約16.5mmになるまで糸を巻いたときに巻糸体内のゲージが受けるひずみをゲージ貼付位置のところで示した図である。図中の実線と破線はそれぞれ巻張力を制御したときおよび一定にしたときのゲージ貼付位置に生じるひずみの理論推定値である。また○印および●印はそれらに対応した実測値である。この図をみると、内層側(糸層が小さいところ)では実験値が理論値より高くなってい

Fig. 9 Relation between circumferential strain ϵ_{θ}^* and yarn layer Δr . Solid line is a theoretical strain curve and $\circ$ is circumferential strains, under winding tension which control reasual circumferential stress to be constant in all yarn layers for the yarn package as $\omega = 0.50$. Broken line is a theoretical strain curve, and $\bullet$ is circumferential strains, under constant winding tension $T' = 15 \text{ gf/y}$.

Fig. 10 Relation between hardness of the yarn package and the yarn layer Δr .

$\circ$, Formed under controlled winding tension to be constant reasual circumferential stress in all yarn layers for the yarn package as $\omega = 0.50$; $\triangle$, formed under constant winding tension ($T' = 15 \text{ gf/y}$); $\bullet$, formed under constant winding tension ($T' = 10 \text{ gf/y}$)

る。これは心筒表面でのひずみを零と仮定して理論値を求めたため、その影響によって最内層付近での値が小

さくなったと考えられる。さらに巻張力一定とした場合に巻糸体内層部のひずみが大きくなっているが、これは巻張力制御を行った場合に比べ、外側に累積していく糸層による圧縮作用が大きいため、既に図 7 (a) に示したように巻張力が巻取りの後半においても大きいことが影響していると考えられる。よって、巻張力制御を行えば巻張力がその始めでは大きいので、外側に累積していく糸層による圧縮作用をより多く打消すこととなり、結果として生ずる圧縮ひずみも少なくなるものと考えられる。このようなことに関連して巻糸体の硬度を測定してみると、図 10 にその結果を示すように全体的に巻張力一定とするより巻張力制御を行った方が巻径が小さいときの硬度が僅かではあるが高くなっている。ただし、巻糸体の硬度は、半球形の先端を有した押針が 2.54mm だけ押し込まれるときに加わる荷重が 855gf となる状態を 100 と定義した硬度計を用いて測定した。

さらに、図 9 において糸層厚さの増加と共に実験値は徐々に低下し、糸層による圧縮作用が巻糸体外層側ほど小さくなるのが分かる。特に、巻張力を制御した場合測定されたひずみが理論曲線と比較的一致しており、このことは巻糸体形成終了時に巻糸体内部の円周方向応力がほぼ一様になったことを示すものである。

4.2 巻糸体端面の膨れ出し

巻糸体内の円周方向応力が内層から外層まで一様になる巻張力にて巻糸体を形成すれば、バルジの発生も小さくなるのが考えられる。巻糸体の欠点の 1 つであるバルジ現象は、綾はずれの原因となって巻糸体の使用を不可能とするもので、この欠点を解消するためにも張力制御による巻取りが有効である。そこで、本実験では異方性係数 ω を種々変えて計算された T_{0b} の巻張力を基に制御し、巻糸体端面の膨れ出しがどのようになるかを調べてみることにした。

巻糸体端面の膨れ出しは、 ω を 0.36, 0.50 さらに 0.071 と変化させた巻張力制御モデルの場合について、その形状測定を行った。その結果は図 11 に示したものと

Fig. 11 Cross-sectional view of bulge shape in end face of the yarn package for various degrees of anisotropy.

Fig. 12 Sketch of cob-webbing in end face of the yarn package.

Fig. 13 Unwinding tension from the yarn package. Yarn is unwinded to the direction of an arrow in figure.

(a) Formed under winding tension to be constant reasual circumferential stress in all yarn layers for the yarn package as $\omega = 0.50$.

(b) Formed under constant winding tension ($T' = 15 \text{ gf/y}$).

なり、 ω が0.36, 0.50の場合に膨れ出しが小さくなることがわかる。また、 $\omega = 0.071$ の場合には巻張力の変化

が大きくなりかつ巻張力自体も大きくなるため、かえって膨れ出しが大きくなるものと考えられる。 ω を0.36, 0.50と仮定した巻張力曲線に従って巻糸体を形成することで、端面の膨れ出しを少なくできることから、逆にこの結果より、ナイロン糸で形成された巻糸体の異方性がほぼ0.36~0.50の範囲内にあることが推定される。

以上の結果に加えて、さらに ω を0.36や0.50として巻張力を制御した場合には、図12に模式的に示すように綾はずれも生じていない。綾はずれは巻糸体にとって致命的な欠点で、特に巻糸体のベースエンドに生じた綾はずれは解じょ不能を起こすものである。本実験においては、巻張力一定の場合と巻張力の変化が大きい $\omega = 0.071$ では綾はずれが見られ、特に $\omega = 0.071$ では綾はずれが目立っており、必要以上に巻張力を変化させることはかえって欠点を生じやすくなることが分かった。

4.3 解じょ張力

次に、巻糸体からの解じょ張力を測定し、張力制御の影響を確認する。解じょ張力は図2に示す装置図中のパーンの代わりに形成した巻糸体を置き、これまでの巻張力測定と同じくUゲージにて張力値を測定している。

図13は解じょ張力の測定結果であり、(a)は ω を0.50となるように巻張力制御を行って形成した巻糸体からの解じょ張力、(b)は巻張力を一定として形成した巻糸体からの解じょ張力である。これらの図において、糸は糸層が16.5mmのところから糸層が減少する左方向へ解じょされていく。巻張力制御を行うと、図7の理論張力図に示すように巻き付けるときの張力自体は大きいにもかかわらず全体的に解じょ張力が低く、そのバラツキも小さくなっている。これは平井¹⁾が述べているように、巻張力一定の場合は本報のような巻張力を制御した場合に比べ内層の糸は外層に累積していく糸層からの締め付けをより大きく受けるため、フィラメント間の集合状態が乱されやすくなり、解じょ時には巻糸体表面あるいは角部とのこすれが大きくなって解じょ張力やそのバラツキが大きくなるためと思われる。

5. 結 言

本報では、まず巻糸体形成に有効とされる巻張力制御装置を試作し、その有効性の検討を行った。次にこの制御装置を使って巻糸体内部の円周方向応力が全域にわたって同じ値となるような巻張力曲線に従って形成した巻糸体の内部ひずみ、端面の膨れ出し、さらには解じょ張力などを巻張力一定として形成した巻糸体と比較することによって張力制御の効果を確認し、以下の結果を得た。

(1) 本実験で使用した巻張力制御装置は、任意に設定し

た巻張力曲線に従って、巻張力を制御できることが確かめられた。

(2) ナイロン糸の巻糸体の異方性係数を0.36~0.50と仮定して巻張力を制御した巻糸体は、端面での膨れ出しや菊巻きといった現象がかなり改善され、外観的形態の良好な巻糸体を得ることができた。

(3) 巻糸体内部のひずみは巻張力を制御することによって、そのひずみは小さく、かつ測定されたひずみのばらつきが小さくなった。また、解じょ張力も全体的に小さく安定する結果となり、品質的に良好でかつ取扱い性に

優れた巻糸体の形成を行えることが分かった。

なお、本研究を遂行するに際し、金沢大学工学部大学院生の谷 義則君、安田 篤君に多大なる協力を頂いた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 平井恒夫;「基礎繊維工学(IV)」, 日本繊維機械学会, p. 169 (1969)
 - 2) 新宅教徳, 尾田十八, 奥野登起男, 繊維学誌, 45, 278 (1989)
-