フィラメント強撚糸製造における加撚・撚止め工程の連続化

金沢大学工学部 新宅 救徳
石川県工業試験場 山本 孝
金沢大学工学部 喜成 年泰

LINKAGE OF TWIST AND SET PROCESS TO OBTAIN HIGHLY
TWISTED FILAMENT YARN

By Sukenori Shintaku^{*1}, Takashi Yamamoto^{*2}, and Toshiyasu Kinari^{*1}

^{*1} Department of Mechanical Engineering, Kanazawa University,
Kodatsuno, Kanazawa, 920 Japan

^{*2} Department of Textiles, Industrial Research Institute of Ishikawa
Prefecture, Tomizu-machi, Kanazawa, 920-02 Japan

ABSTRACT: The package enlargement and the increase of production speed have great advantages in the manufacture of highly twisted filament yarn. A new twisting system was proposed in this paper consisting of a flyerless twister containing a false twist spindle, a ring twister, a heater to set yarn and another false twist spindle (F_2). This twisting system could produce highly twisted yarn without knots wound to a large package. The use of F_2 was profitable to reduce the tension of the yarn on the heater. The snarl index of highly twisted yarn was also reduced when F_2 was revolved faster than the ring twister spindle. The yarn, set to higher twisted state by F_2 and untwisted to the final twist number, had lower torque than that of the yarn with the same twist level obtained by the system without F_2 . This procedure showed no effect on the twist contraction and heat shrinkage. By this twisting system, twisted yarn with the same level of snarl index as that of yarn produced by the system without F_2 was obtainable at lower set temperature. The yarn of lower crystallinity was set to lower torque level, and the fineness of the obtained yarn increased owing to the large heat shrinkage.

(Received July 18, 1989)

1. 緒 言

強撚糸を製造するにあたって、工程の高速化とラージパッケージ化は重要な技術的課題となっている。また、強撚糸製造の場合には加撚工程の後、撚りトルクを潜在化して製織し易くするため撚止め工程が不可欠である。撚止め工程の条件によって、織物となったときの撚りトルクの発現が異なり、風合に富んだ織物が得られるが、一方、微妙な糸管理ミスが織物欠点の原因となっている^{1,2)}。これらの問題を解決する方法として、加撚と撚止めを連続して行うためにヒータを装備したダブルツイスタ³⁾が考案されている。また既存の機構を組み合わせて合理化を図った類似の例として、仮撚と合撚を連続して

行うもの⁴⁾がある。このように加工工程を連続にすると変化する条件が多くなるため、従来の場合との差異を明らかにしておく必要がある。

本研究では強撚糸製造の高速化とラージパッケージ化をはかる方法として、2個の加撚機構と撚止めヒータおよび仮撚スピンドルを持つ撚糸機を試作し、この撚糸機構で製造された強撚糸の物性について実験し、加撚工程と撚止め工程を連続化することによって得られる利点について検討した結果を報告する。

2. 実験装置および実験方法

2.1 加撚・撚止め連続化撚糸機について

試作した装置の概略図を図1に示す。第1加撚部とし

Fig. 1. Schematic illustration of twisting system (a). T₁, First twist spindle; F₁, first false twist spindle; T₂, second twist spindle; F₂, second false twist spindle; R, feed roller; and H, heater. In the twisting system (b), a two-for-one twister was used in place of F₁ and T₁ in order to increase the production speed.

てフライヤーレス捻糸機、捻止め部として長さ303mmで曲率半径2mのヒータ、仮捻スピンドル、そして、第2加捻部および巻取り部としてリング捻糸機を組み合わせている。このようにアップ型とダウン型の捻糸機を併用したものを複式捻糸機と呼び、人絹強捻糸用に適する⁵⁾と言われる。本装置におけるヒータによる捻止めの主目的は一時的にスナールの発生を防止し、製織工程での作業性を良くすることであり、仮捻糸の場合のように完全に糸のトルクを緩和してしまうことが目的ではない。

本試作機の特徴はヒータとリング捻糸機の間に仮捻スピンドルを設けていることである。このスピンドルには、リング捻糸機で糸にかかる張力が直接ヒータ部の糸にかからないようにする働きがあり、さらにこの仮捻スピンドルの回転数を制御することによってヒータ上の捻糸の捻数を自在に変えることができる。すなわち、中間にある仮捻スピンドルの回転数 n_{r2} がリング捻糸機のスピンドル回転数 n_{s2} より大きいとその分だけ R-F₂ 間での捻数が設定捻数より大きくなり、F₂-T₂ 間で逆に解捻されて巻取られる。一方、 n_{r2} が n_{s2} より小さいときはその分だけ R-F₂ 間での捻数が設定捻数より少なくなり、F₂-T₂ 間でさらに追捻されることになる。このように n_{r2} の設定によって R-F₂ 間の捻止め時の捻数を任意に設定することができるという特徴をもっている。

第2加捻と巻取りを行うリング捻糸機 T₂ は、最大糸巻質量 3kg のバーン巻きが可能であり、ラージパッケージ化に対応できる。また、ただちにジェットルームのよこ糸としても解じょに問題はない。一般的にリング捻糸機は生産性の点で問題があるが、本機の場合は他の捻糸機構と組み合わせ、加捻を分割して行うために T₂ で加捻する捻数が少なくなり、従って生産速度を速くすることができる。また、通常のリング捻糸機で強捻糸を製造する場合、スナールがトラベラを引っかける恐れがあるが、本装置ではリング捻糸機に入る前に糸を捻止めしているために問題はない。

この機構で糸に加えられる捻数について考える。捻数は以下糸長 1m あたりで表す。第1加捻部で加捻される捻数を N_1 、第2加捻部で加捻される捻数を N_2 とする。 N_1 は第1加捻部のスピンドルの回転数 n_{s1} と糸の送り速度(フィードローラ速度) V (m/min) によって、 N_2 は第2加捻部のスピンドル回転数 n_2 と巻取速度 V_t (m/min) によって表される。また、ワインディングおよび巻取りの巻角を 90° 、第1、第2加捻部のボビンの直径をそれぞれ d_{b1} 、 d_{b2} とすれば

$$N_1 = n_{s1}/V + 1/(\pi d_{b1}) \quad (1)$$

$$N_2 = n_{s2}/V_t - 1/(\pi d_{b2}) \quad (2)$$

となる。式(1)の右辺第2項は第1項に比して小さいため省略され、式(2)の右辺第2項は解じょの際に相殺される。また、巻取速度 V_t は機械条件から設定できず、合捻機では捻数が少ないので捻縮みが小さいことからフィードローラの速度が基準となっている。そこで、本研究では次式で機械捻数 N_m を定義する。

$$N_m = (n_{s1} + n_{s2})/V \quad (3)$$

一方、本実験では強捻糸を製造しているので、加捻中にかなり大きな捻縮みが発生する。このため V_t は V よりかなり小さくなり、実際に製造された糸の捻数 N_y は

$$N_y = (n_{s1} + n_{s2})/V_t \quad (4)$$

であるから機械捻数 N_m より多くなる。したがって実捻数 N_y と機械捻数 N_m の関係を捻数増加率 α を用いて次式で表す。

$$N_y = (1 + \alpha/100)N_m \quad (5)$$

α は n_{s1} 、 n_{s2} 、ヒータ温度および捻止め張力などによって変化する。

第1加捻部の仮捻スピンドルおよび第2加捻部の仮捻スピンドル回転数をそれぞれ n_{r1} 、 n_{r2} で表す。実験条件として機械捻数 2,800T/m としたときの n_{r1} および n_{r2} の、 V に対する比を表1に示した。仮捻スピンドル F₂ の回転数を変化させ、ヒータ上での捻数が 2,800T/m およびそれより多い2段階の捻りになるようにした。ヒータの温度は 120~220°C とした。ヒータ上での張力が

Table 1 Ratio of revolution number of spindle to yarn speed at $N_m=2,800$ T/m

Twisting system	$\frac{n_{s1}}{V}$	$\frac{n_{r1}}{V}$	$\frac{n_{s2}}{V}$	$\frac{n_{r2}}{n_{s2}}$
a	1400	1120	1400	1.0
				1.1
				1.2
b	935	—	930	1.0
				1.15
				1.2

V: Velocity of feed roller (m/min)

 n_{s1} , n_{r1} , n_{s2} , n_{r2} : rpm of spindles T₁, F₁, T₂ and F₂ N_m : Mechanical twist number (T/m)**Table 2** Properties of yarns used in this experiment

	A	B	C	D
Wet Shrinkage (%)	7.98	3.87	1.46	5.56
Crystallinity (%)	14.2	22.5	32.1	21.7
Orientation Factor (%)	90.8	92.8	93.6	92.8
Tenacity (gf/D)	4.47	4.73	5.00	4.45
Elongation (%)	36.6	33.1	30.1	20.7
Fineness (D)	73.6	73.5	73.3	74.0

10, 15, 20, 25gf となるようにトラベラの重量および仮燃スピンドルへの糸の掛け方²⁾を調節した。なお、 $n_{s2}=0$ の場合には本装置の第2加燃部のスピンドルを除去し、巻取り装置を取付けて実験を行った。

第1加燃部がフライヤーレス燃糸機のをa型とする。第1加燃部をダブルツイスタに交換したものをb型とする。また、ダブルツイスタはフライヤーレス燃糸機に比べて一般的に生産性が高いことから工業的にはb型が好適と考えられるが、本研究では取扱いの簡便さから主にa型で実験を行った。

2.2 試料および燃糸物性測定項目

試料として4種類のポリエステル糸75D/72Fを使用した。その特性を表2に示す。結晶化度の測定はX線回折装置を用いた。測定条件は前報⁶⁾と同様である。A, B, Cは同一メーカー製で原料ポリマの組成も同じで、延伸熱処理条件が異なっているものである。また、Dは別のメーカーのものである。撚りトルクの強さの目安としてクリンゲルファクタを測定した。これはスナール指数のことで、測定方法はJIS L 1095一般紡績糸試験方法スナール指数B法に準じている。ただし荷重は0.5gfで行った。また、撚数およびデニール数はJIS L 1013に従って測定した。

3. 実験結果および考察

3.1 機械撚数と実撚数について

加燃張力によって撚縮みに違いが生ずるので第1加燃部の張力は0.2から0.25gf/Dとなるようにした。本装置では第2加燃部での撚縮みのために実撚数が機械撚数と異なると考えられる。図2に $n_{s1}=n_{s2}$ の条件で機械撚数を変化させ、実際にできた撚糸の実撚数 N_y を測定し撚数増加率 α を式(5)に従って求めた結果を示す。ヒータ温度は140°C、撚止め張力は10gfである。2,000T/mで既に α は10%を越えており2,500T/mを越えると急に増加する。ヘバライン式による75Dの限界撚数は2,837T/mであるが、本装置では機械撚数2,500T/mで既に限界撚数に達しており、2,985T/mでは3,960T/mもの実撚りが加わっている。この糸を観察すると、二重撚り発生の兆しとみられる波うつ形態が少し見られたが、二重撚りと断定できるほどではなかった。図3に機械撚数 N_m を一定にして N_1 と n_{s2}/V を変化させたときのフィードローラ前後の糸のデニール増大率 δ を示す。破線は第1加燃部で加燃されたことによるデニール増大率、すなわちフィードローラ通過時の撚糸のデニール増大率である。実線は製造された撚糸のデニール増大率である。原糸の実測した繊度は表2に示したが、ここでのデニール増大率 δ は原糸のデニール表示値を基準として、D_yデニールの撚糸では

$$\delta = 100(D_y - 75)/75 \quad (6)$$

で表した。機械撚数が一定でも、 n_{s1} , n_{s2} の比を変化させると第1加燃部での撚り縮みが変化し、フィードロー

Fig. 2. Increasing rate of twist number (α) and denier (δ) as a function of mechanical twist number. Yarn type, D, temperature of heater, 140°C; and tension of the yarn on heater, 10 gf.

Fig. 3. Increasing rate of denier as a function of mechanical twist number at first stage (N_1). N_m , 2800 T/m; yarn type, D; and D_y , denier of highly twisted yarn.

Fig. 4. Relation between increasing rate of twist number and that of denier based on denier of yarn passing the feed roller (D_f). Yarn type, D, N_y , twist number of highly twisted yarn.

ラを通過する糸のデニール数 D_f が異なる。さらに第2加撚部での撚り縮みが変化するため、結果的に撚糸の実撚数が大きく変化することになる。ここで撚り止め張力は10gfである。 $N_2 = 0$ のデータは著者ら⁶⁾が先に報告し

Fig. 5. Relation between cringle factor and mechanical twist number. Yarn type, D, n_{t2}/n_{s2} , 1.0. $\circ$, $\triangle$, $\square$, and ∇ , Unset highly twisted yarn under the tension of 10 gf, 15 gf, 20 gf and 25 gf, respectively. $\bullet$, $\blacktriangle$, $\blacksquare$, and $\blacktriangledown$, Highly twisted yarn set on the heater at 140°C under the tension of 10 gf, 15 gf, 20 gf and 25 gf, respectively.

た装置で行ったものである。

図4にフィードローラを通過する糸のデニール数 D_f を基準としたデニール増大率と撚数増加率の関係を示した。フィードローラを1分間(単位時間)に通過する糸の量とスピンドルの回転数の関係から質量 $D_f \cdot V/9000$ gの糸に $(n_{s1} + n_{s2})$ の撚りがかけられ、 V_f で巻取られ、 D_y デニールの糸になったとする。その撚数は次式で表される。

$$N_y = D_y N_m / D_f \quad (7)$$

従って次式が成り立つ。

$$(N_y - N_m) / N_m = (D_y - D_f) / D_f \quad (8)$$

図4を見ると、式(8)で示した通り傾き1の関係が成立している。式(8)を75デニール基準に書き直すと、

$$(N_y - N_m) / N_m = (75 D_y / D_f - 75) / 75 \quad (9)$$

式(9)の $75/D_f$ を約1としてもほぼ成立すると考えられ、撚数とデニール増大率は比例すると考えても良い。図2、3のデニール増大率の曲線と撚数増加率の曲線が類似のカーブを描いていることから撚糸のデニール数と撚数は一対一に対応していることがわかる。従って、

測定が簡単なデニール増大率の結果から実燃数を推定できる。

3.2 機械燃数と燃トルク

強燃糸製造における燃止めの目的は次の製織工程での作業性をよくすることで、燃トルク指数は重要な値である。強燃糸織物を製造する場合に支障なく行えるためのクリンゲルファクタはおよそ3.5以下が望ましいと言われている。図5に燃数とクリンゲルファクタの関係を示す。セット前の燃糸の場合、2,500T/mから3,400T/mに至るまでクリンゲルファクタにほとんど差が現れていない。一方、ヒータ温度140°Cで燃止めた糸の場合は2,500, 2,650T/mではセット性の張力依存が見られるが2,950T/m以上の糸ではその差は明らかではなくなる。また、燃数による差も見られなくなる。

図6に機械燃数 N_m とデニール数の関係を示した。クリンゲルファクタは図5のように N_m が2,950T/m以上になると頭打ちが見られたのに対して、デニール数は燃数に対して直線的に増加している。

3.3 n_{t2}/n_{s2} と燃止めトルク指数

仮燃スピンドル回転数 n_{t2} を任意に設定することによって、2,800T/mより多い燃数で燃止めを行い、2,800T/mに解燃した糸のクリンゲルファクタを図7に示す。ヒータ温度は140°Cである。燃止め張力10gfの場合、

Fig. 6. Effect of tension at heater on denier of twisted yarn. The symbols are the same as shown in Fig. 5.

合、3,100T/mで燃止めし、2,950T/mに解燃するとクリンゲルファクタは5.5から3.9に減少する。また2,950T/mで燃止めしてから2,800T/mに解燃すると、クリンゲルファクタは5.1から3.6に減少する。このように燃を多くかけて燃戻しをすることによって150T/mにつきクリンゲルファクタは約1.6減少することがわかる。図8にこのときのデニール数の変化を示す。図より燃止め時に多めに燃りをかけても最後に機械燃数が等しければ皆同じデニール数になることがわかる。

燃糸の生産速度をあげるため第1加燃部をダブルツイスタにした装置を用いて、Dの糸について機械燃数2,800T/mとしたときの n_{t2}/n_{s2} およびヒータ温度と燃トルク指数の関係を図9に示す。フィードローラを通るときのデニール増大率は4%から7.8%になった。Dの糸ではヒータ温度が140°C以上になると結晶化が進み、燃トルク発現が不良となる恐れがあるため、実用的

Fig. 7. Effect of untwist number after heat set on cringle factor. Yarn type, D; heater temperature, 140°C; ○, $n_{t2}/n_{s2} = 1.0$ (0 T/m); ◐, $n_{t2}/n_{s2} = 1.1$ (140 T/m); and ●, $n_{t2}/n_{s2} = 1.2$ (280 T/m). Numbers in parentheses are untwist numbers.

Fig. 8. Effect of untwist number after heat set on fineness. The conditions are the same as shown in Fig. 7.

Fig. 9. Relation between cringle factor and heater temperature. This data was obtained on twisting system (b). Yarn type, D.

Fig. 10. Effect of crystallinity on cringle factor.

には140°C以下のヒータ温度で燃止めセットを行う必要がある。一方、 $n_{f2}/n_{s2}=1.0$ の場合、200°C以上のヒータ温度で燃止めしなければクリンゲルファクタは3.5以下にならない。しかし、図より140°Cでも n_{f2}/n_{s2} を1.1あるいは1.2とすればクリンゲルファクタを小さくすることができ、120°Cと低い温度にしても充分燃止めが可能であることがわかる。また図5の結果から燃止め張力を小さくすれば、さらに燃止めの効果を増加させること

Fig. 11. Effect of crystallinity on fineness.

が期待できる。図9の糸の n_{f2} は約3,200T/mであるが、著者ら⁶⁾が先に報告した装置でヒータ温度と燃止め張力を同一条件にして2,800T/mの燃止めを施した燃糸のトルク指数に等しい。以上のことから、本装置のように目的の燃数より多く燃りを加えてセットし、さらに燃りを戻せば通常よりトルクの強さを小さく抑えることができる。またセット温度も低くすることができるので、しば立て後のトルク発現を大きくすることが期待できる。

3.4 原糸の結晶化度の違いとセット性

燃トルクは糸の結晶化度によっても異なる。図10にA, B, Cの糸のヒータ温度とクリンゲルファクタの関係を示した。これより同一温度におけるセット性はAが最も良くB, Cの順に悪くなっており、Aの糸は仮燃スピンドルの回転数の操作をしなくとも燃止め効果は十分現れている。この糸のような場合は n_{f2} より n_{s2} を大きくし、セットされない燃りを加えることによってトルク発現を大きくできる可能性がある。Bの糸ではセット温度が140°C以上になると結晶化が進む²⁾ので、先に述べたように n_{f2}/n_{s2} を1以上にしてこれより低い温度でセットすれば目的のトルクに抑えることができる。Cの糸の場合も180°Cで結晶化が進むため、 n_{f2}/n_{s2} を1.1から1.2に設定しておけば140°Cでもクリンゲルファクタを目的値に抑えることができる。

図11にAおよびCの糸のデニール数とヒータ温度との関係を示した。Aの糸は収縮が大きく、デニール数も大きくなっている。この傾向は燃止め張力が異なっても同様であった。

4. 結 言

フィラメント強撚糸の製造工程において、高速化、省力化、ラージパッケージ化を目的として2段の撚糸機構と撚止めヒータおよび仮撚スピンドルを持つ撚糸機を提案し、この機械によって製造された強撚糸の撚糸物性を検討した。結果は以下の通りである。

- 1) 本実験では試作した撚糸機は、従来の撚糸機よりも高速で強撚糸を製造することができるとともに、ラージパッケージ化も可能な機構である。
- 2) ヒータと第2加撚部との間に設置された仮撚スピンドルの回転数を制御することによって、一旦設定撚数よりも強く撚りを加えた状態でセットし、さらに設定撚数まで解撚する。このときヒータ温度と撚止め張力が同一条件ならば、撚縮み、熱収縮、デニール数はほとんど変化せずに撚トルクのみが小さくなる。
- 3) 上記の効果を利用すれば、ヒータ温度を低くしても同一撚数、同一撚トルクの糸を得ることができる。
- 4) 原糸の結晶化度が高ければ、相対的に撚りトルクが

大きくなるが、上記の効果を利用すれば、原糸の結晶化度の低い撚糸程度に抑えることができる。

- 5) 結晶化度の低い原糸ほど撚トルクは小さくなり、また収縮によってデニール数は大きくなる。

本装置によれば撚りトルクを自在に変化させることができ、これまで以上の製品開発をすることが可能と考えられる。

文 献

- 1) 松本義隆, 土定育英, 三谷宗久, 宮本博史, 織機誌, **37**, p. 471 (1984)
- 2) 山本 孝, 土定育英, 松本義隆, 新宅救徳, 織学誌, **43**, 320 (1987)
- 3) 北沢 亮, 特開昭60-162821
- 4) 戸田幸一郎, 特開昭61-8162
- 5) 繊維学会編, 繊維便覧(加工編), 丸善, p. 542 (1969)
- 6) 山本 孝, 新宅救徳, 喜成年泰, 織学誌, **45**, 42 (1989)