高速リングトラベラー機構におけるトラベラーの挙動*

会 員 下 間 頼 一**
 藤 井 拓 蔵**

1. 緒 言

リングトラベラー機構は、いうまでもなく生産性のきわめて高い加撚巻取工程として広範囲に用いられている。集約的設備である精紡機のうち、ドラフト機構は大幅な高速化が可能であるが、リングトラベラー機構は限界速度近くの条件で運転されているのが現況で、精紡機の高速化はリングトラベラー機構によって限定されている。この速度限界を打開する方途の一つがオープンエンド紡績であり、近時その工業化に努力が集中されている。しかし、リング系とオープンエンド系とは、撚構造その他の特性において差違し、両者はそれぞれ、その特性を十分に生かした用途が存在するわけである。リング系が高生産性の理由だけでオープンエンド系に置換されるという見方は皮相の見解ではなからうか。オープンエンド系は、その特性を生かす新たな分野を開拓しつつあると見られる。したがって、オープンエンド機が妍を競う現在においても、リングトラベラー機構の高速化は、つねに古く、つねに新しい課題であるということができよう。オープンエンド機構を好敵手として、リングトラベラー機構の特性を再検討し、高速化を主要な柱とする高性能化の意義を現時点において再評価したい。従来、われわれが続けてきたリングトラベラー機構の基礎的特性に関する研究をさらに進展させ、最近の内外の諸研究に照らして、高性能化の方途を探求したい。

2. リングトラベラー加撚巻取機構の特徴

2.1 巻取モーメント一定

第1図において

(第1図) リングトラベラー巻取機構

C : トラベラーに作用する遠心力

F : リングトラベラー間の摩擦力

μ : リングトラベラー間の摩擦係数

いまトラベラーに働く力の水平分力を考える。遠心力と巻取糸の張力について考え、バルーンの張力の水平分力は他の力に比べて小さいから無視することとする。

$$F = \mu (C - F \cot \theta)$$

$$\therefore F = \frac{\mu C}{1 + \mu \cot \theta}, \quad \theta = \sin^{-1} \frac{r}{R}$$

M : 巻取モーメント

$$M = \frac{F \cdot r}{\sin \theta} = F \cdot R = \frac{\mu \cdot C \cdot R}{1 + \mu \cot \theta} \quad \dots (1)$$

M は θ の関数となるが、 μCR は一定、 $\mu \cot \theta$ は1に比べかなり小さい。一例としてリング内径 $R = \frac{41}{2}$ mm, 巻取径 $r = 10 \sim 18$ mm, $\mu = 0.1$ とすると

$$\frac{1}{1 + \mu \cot \theta} = 0.85 (r = 10) \sim 0.92 (r = 18)$$

となり、巻取モーメント M の巻取角 θ による変動は約

* Behavior of Running Traveller on High Speed Ring-Traveller Mechanism.

** Y. Shimotsuma and T. Fujii, Members. 関西大学 工学部

8%である。巻取モーメントがほぼ一定となることは管糸内部の硬さ分布が一樣となり、管糸形成に適切な性能である。

2.2 紡出張力の調節容易

摩擦係数 μ 、回転数などが一定であれば、紡出張力は遠心力 C 、したがってトラベラー重量により簡単確実に調節できる。工業的に広く行なわれている手法であり、見すごされやすい特長である。

2.3 紡出張力の自動調節機能の内蔵

トラベラーの摩擦係数に打ち勝つだけの巻取張力が必要なわけで、この巻取張力はバルーン張力と糸トラベラー間摩擦係数により規定される。糸トラベラー間摩擦係数は操業条件の範囲では大きな変化はない¹⁾。バルーン張力はバルーン糸遠心力と立ち上がり角 φ に依存する。いま、巻取張力が小さくてトラベラーが円周方向の平均位置より遅れれば、 φ は大となり、バルーン張力は急増し、巻取張力は急増し、トラベラーは加速される。逆に巻取張力が大となりトラベラーが早過ぎると、 φ は小となりバルーン張力は減少し、トラベラーは減速される。すなわち、トラベラーに働く摩擦係数に平衡する巻取張力が得られるリング円周方向の平衡位置に自動的に制御される。リングトラベラー機構の重要な特性であろう。

2.4 消費動力は比較的小

第2図に示すように、リングトラベラー機構で消費される動力は紡出番手により異なるが、全動力の9~36%で比較的小さい。現在、回転摩擦部のところがり軸受化と潤滑の向上などにより、全動力は減少傾向にある。したがって、リングトラベラー機構における動力消費のパーセントは相対的に増加傾向にある。

(第2図) リング精紡機消費動力分布

2.5 トラベラーの作動条件が厳しい

第3図に示すようにトラベラー速度は20~40 m/sec

(第3図) トラベラーの周速度

であり、この周速は滑り軸受においては流体潤滑でなければ到底実現できない値である。報告されている滑り軸受の最高周速は150 m/sec程度であり、地球の赤道上周速が460 m/secであることを考慮するならば、流体潤滑が期待できないトラベラーの周速は相当に厳しいものである。また、トラベラーに作用する遠心力は第4図に示すように100~700 gに達し、G-1トラベラー(71.3 mg)が内径50 mmリングで10 000 rpmで回転されると、遠心力は200 gを越え自重の約3 000倍となる。このように自重の1 000倍を越える遠心力、すなわち1 000 G以上の力が作用するのが普通である。したがって、トラベラーの作動条件は高圧、高速である。一般の機械要素において1 000 Gを越す力が作用することはきわめてまれであり、摩擦熱に比べてトラベラーの熱容量と放熱面積がきわめて小さいわけで、トラベラーの著しい温度

リング内径; 50 mm

A; G, O, GS-5 (90.7 mg)

B; G, O, GS-2 (71.3 mg)

C; G-1, O-1 (58.3 mg), GS-1/0 (58.2 mg)

D; G-2/0, O-2/0, GS-4/0 (45.4 mg)

E; G-5/0, O-5/0, GS-9/0 (32.4 mg)

(第4図) トラベラーに作用する遠心力

上昇が当然予想される。したがって、摩擦熱をうまく放散しなければならない。

3. 高速リングトラベラー機構が備えるべき性能

3.1 高 速

トラベラー速度は、2.5 に述べたようにトラベラー温度により限定される。リングトラベラー機構の本質上、摩擦が必要である以上、摩擦熱発生は必至である。高速化はこの摩擦熱によるトラベラーの平衡温度を下げて、いかにうまく放散させるかにかかっている。小さい熱容量と小さい放熱面積を有するトラベラーの平衡温度の低下に高速化の焦点がある。課題は熱放散だといっても過言ではなからう。

3.2 糸切れ増加の防止

高速化の別個の工業的限界として糸切れ増加がある。糸切れ機構について、堀氏はトラベラー回転の不規則による張力変動によるという考え方を提出され、A. E. De Barr も同様な考え方のもとに変動張力の最大値が糸強力を越えると糸切れが起こるとして確率計算を行ない、糸強力、均斉度、リード角（巻取角）の影響を調査し、糸の均斉度が最も重要であるという結論を得ている。筆者らは精密な実験によって張力変動成分を検出した。この実験事実に基づいて糸切れは、この変動成分による一種の疲労破損であり、この疲労においては繊維間の滑脱が大きな役割を占めるであろうという考え方を提案したい。この考え方によれば糸切れ増加の防止は、糸張力の変動成分の抑制ということになる。

3.3 糸質低下の防止

さらに別個の工業的限界として紡出糸の品質低下がある。Pillay は第5、6図に示すように毛羽が回転数と

A; タングス綿 40 s B; 東アフリカ綿 60 s
(第6図) 紡出糸の毛羽—セパレーターの有無

もに増加する結果を得ている。毛羽量は、紡出糸の毛羽焼きを行ない、減少重量より求める重量損失法による測定値である。リングトラベラー機構で発生する毛羽量は、スピンドル回転数の増大とともに増加する。これは遠心力の増加によると Pillay は考えているが、空気抵抗の増加も要因の一つと考えられる。ところで、回転数の増加は張力の増大をもたらし、このため撚りがフロントローラー把持点近傍まで伝播し、繊維端の分散を防ぎ、繊維を捻構造に巻き込み、毛羽を減少させる効果があると考えられる。実験結果は、回転数増加による遠心力と空気抵抗による毛羽増大効果が、糸張力増加による撚伝播に基づく毛羽減少効果を上まわること示している。セパレーターの存在は高速になるほど毛羽の発生を助長し、10 000 rpm においてセパレーターを設けると毛羽は約5~10%増加する。毛羽は糸が太く、撚りの少ない個所に発生しやすいから、糸むらの増加とともに増大すると考えている。実験結果によるとトラベラー重量の増大により毛羽は減少している。これは糸張力の増大による撚伝播効果に基づくと考えられる。エプロンとフロントローラー間にコンデンサーまたはガイドを設けると毛羽の減少が認められるが、これは繊維束の集約効果によるものであり、高速回転時の毛羽増大を抑制する一つの手段となろう。粗糸の撚りを増加させると毛羽はいくぶん減少するが、その差は少なく、大きな効果は期待できない。また、練条回数を増加させると毛羽は減少するが、工程の短縮、連続化の現況よりみて無理な点であろう。さらに Pillay は、つぎのような興味ある実験結果を報告している。繊維特性の異なる2種の綿を混紡すると、毛羽は断面繊維本数比より推定される値より多い。綿—スフ混紡糸の毛羽は予想値より大きく、このとき綿繊維が多くの毛羽を形成する。これらの実験結果は毛羽生成

A; タングス綿 40 s B; 東アフリカ綿 60 s
(第5図) 紡出糸の毛羽—スピンドル回転数

機構を解明するのに有力な手がかりを与えるものである。毛羽の発生はトラベラーとの摺動、糸張力、繊維性質、遠心力、空気抵抗、撚りなど多くの要因に依存すると考えられる。

3.4 長 寿 命

リングートラベラー間には摩擦が必要であり、流体潤滑が期待できない条件であるから接触摩擦、したがって摩耗は必然である。当然、寿命が問題となる。長寿命が期待されるから摩耗速度が小さいことが望ましい。摩耗については後報に詳述する。

4. トラベラー挙動の高速度写真

高速度カメラを用いて映画に撮る方法と、Multi-flush を照射して 1 枚のフィルム上に重複像を撮影する方法とがある。高速度カメラを用いることにより、数万駒/sec の撮影ができるから、トラベラーの回転挙動をかなり詳細に知ることが可能である。本報では、^{8,9)} Multi-flush を用いて行なった著者らの実験結果をもとに述べる。

Multi-flush は一定の時間間隔を置いて発するごく短時間の閃光を運動中のトラベラーに照射して、その像を 1 枚のフィルム上に重複して撮影する方法である。用いた装置の性能は、閃光時間が $2 \sim 5 \times 10^{-6}$ sec、瞬間最大光量が $350 \sim 1000$ lumen・sec、閃光数の範囲が $60 \sim 14400$ flush/min である。閃光時間および光量の点では十分であるが、閃光数が高速度カメラの駒数に比べて非常に低い。Multi-flush は、放電に必要なだけの charge がコンデンサーに蓄積される時間待たねばならないから、最高閃光数はかなり低い。最近では、かなり閃光数の高いものが開発されているが、 $10 \sim 30$ m/sec の高速で運動するトラベラーをごく短い距離間隔でとらえることは困難である。そこでトラベラーの毎分回転数 n_t とわずかに違った毎分閃光数 n_f の閃光を照射すると、ストロボ スコープの原理によって、トラベラーのストロボ像はその回転方向も考慮に入れて毎分 $(n_t - n_f)$ 回転の速さで、きわめてゆるく回転する。このストロボ像を 1 枚のフィルム上に撮影すると、ごくわずかの距離間隔で並んだトラベラー

の重複像が得られる。この方法によって得られた写真から、トラベラーのおどりを調べることができる。ここで注意しなければならないことは、得られた写真の並んだトラベラーの像は、普通の映画の場合のような 1 回の運動を一定の時間間隔で切った断面の連続ではなくて、トラベラーの並んだ各個の像の間にトラベラーはリングを一周していることである。すなわち、並んだトラベラーの像を連ねた曲線はトラベラーの運動軌跡ではなくて、緩速で回転するストロボ像の運動軌跡である。トラベラーの運動がリング一周を波長として完全な周期性を有するならば、ストロボ像の運動軌跡はトラベラー本

リング; W 41×48.5 (1 5/8 in),
肌焼鋼, パーカライズ, 摩耗
トラベラー; G-1
(a)

リング; 3.7×47.5×53.5 (1 1/4 in),
アメリカ製, 研磨, 摩耗
トラベラー; G-1
(b)

リング; W 41×48.5 (1 5/8 in),
アルミクローム鋼, 窒化, 新品
トラベラー; G-1
(c)

リング; W 41×48.5 (1 5/8 in),
アルミクローム鋼, 窒化, 新品
トラベラー; G-1
(d)

トラベラー回転数; 9200 rpm 紡出糸; 16 s

(第7図) トラベラー挙動の瞬間写真

リング; W 41×48.5 (1%in), 肌焼鋼, 研磨, パーカライズ, 波状摩耗トラベラー; G-1

(第8図) トラベラー挙動の瞬間写真

体のそれに一致するわけである。このような周期性を仮定しないことには、ここに得られた写真からトラベラーの運動を細かく論ずることができない。後報で詳述するように波状摩耗リングのうねりの規則性より考えて、トラベラーの運動に周期性を仮定することは、ある程度までは許されるであろう。また、単にトラベラーの運動が安定なものであるか、不安定なものであるかを判別するだけならば、このような方法で十分である。

得られた写真の数例を第7, 8図に示す。トラベラーのおどりを見やすくするために、運動経路の接線方向から撮ったものが多い。第7図で(a)は摩耗リング, (b)は新品リングである。第7図では、写真から明らかなように(a), (b)ともに運動姿勢は非常に安定である。これに対し第8図に示すトラベラーの運動姿勢はかなり不安定である。これは後報で詳述する波状摩耗を生じたリングを使用した場合の例である。また、トラベラーがおどると、バルーンも不安定になる傾向が写真より見受けられる。

これらの写真より観察される精度では、トラベラーは比較的平滑な挙動を示す。高速度写真は、あくまでマクロな観察であって、ミクロな挙動観察は他の実験手法によらねばならない。

5. リング—トラベラーの接触機構 (接触電気抵抗法による)

第9図のようなリング—トラベラーの接触部分を含む電気回路を形成し、接触の断続を電流に変換して記録する。この回路は第10図に示すものと等価であり、 $R =$

RI; リング, T; トラベラー, S; スピンドル, P; 光電管, M; 水銀接点, I; 電流計, L; 光源, CL; 集光レンズ, A; 増幅器, BOS; ブラウン管オシログラフ, OSC; 音叉発振器, REC; 記録計, R; 抵抗, E; 乾電池

(第9図) 接触電気抵抗測定装置

RI; リング, T; トラベラー, E; 乾電池, R; 抵抗, I; 電流計

(第10図) 接触電流の回路

53.8Ω , $E=1.5 \text{ V}$ とすると、電流 $i \text{ mA}$ は

$$i = \frac{1500}{R + 53.8} \quad \dots\dots\dots (2)$$

真実接触部分(鋼トラベラー—鋼リング)が円形で、塑性変形をなし、接触全圧力を $P \text{ g}$ とし、C. Maxwell¹⁰⁾による金属接触面間の電気抵抗式を用いると

$$i = \frac{1500}{0.0374 P^{-1/2} + 53.8} \quad \dots\dots\dots (3)$$

を得る。最近の研究によると静的実験の場合、接触電気抵抗の実測値はMaxwell式の値よりかなり大きく、多くの場合、約5倍程度である。これは表面酸化膜など接触面間に介在する電気不良導体の存在によるものと考えられている。しかし、接触面間に相対変位、振動、衝撃などを与えると、これらの介在物は脆性であるため破壊し、素材同志の接触が起き、接触抵抗測定値はMaxwell式にはほぼ一致することが明らかとなってきた。したがって、本報ではMaxwell式をそのまま用いることにする。

(3) 式は第11図に示すように、 P が 10^{-3} 〔g〕以上あれば接触抵抗は、ほとんど無視してよいから、接触電流 i は接触全圧力を示さず、接触の断続を示すと考えてよい。接触電流記録の一例を第12図に示す。接触抵抗 0 のときの電流 i_{max} に対する i の百分率を接触連続性を

(第11図) 接触抵抗に及ぼす荷重の影響

(a) 回転数 $n = 5680$ (rpm)
(b) 回転数 $n = 6900$ (rpm)
(c) 回転数 $n = 9190$ (rpm)
(d) 回転数 $n = 10820$ (rpm)
測定機; 接触試験機, リング; W41×48.5,
肌焼鋼, 研磨, 摩耗大
トラベラー; G-5/0
新品, 摩擦面; ガソリンで洗浄

(第12図) 接触電流の電磁オシログラフ写真

表わす指標—接触率 $S\%$ とする。 S は第13図のように回転数に対し明瞭な依存性を示す。高速になるほど、すなわち接触圧が増加して周速が増すほど固体接触は連続的になる。

つぎに接触面の微視的状态を第14図に示す。リング, トラベラーとも新品では $H_{max} = 2 \sim 7 \mu$ 程度であるが、なじめば $H_{max} = 1 \sim 2 \mu$ 程度のスムーズな面となっている。

後報に述べるように走行中のトラベラーには横弾性振動が発生しやすいから、低速走行時の接触の不連続は、この振動によると考えられる。高速走行時には、遠心力が速度の2乗に比例して増大するため、法圧の増大による連続効果が、振動による不連続化効果を上まわるものと

考えられる。なじんだ表面あらさも $1 \sim 2 \mu$ 程度であり、軌道面の凹凸による不連続効果は顕著には現われないものと推察される。

リング; W41×48.5, 肌焼, 研磨, 摩耗大
トラベラー; G-5/0 新品
摩擦面; ガソリン洗浄

(第13図) 接触率に及ぼす回転数の影響

(第14図(a)) トラベラーの表面あらさ

(第14図(b)) リングの表面あらさ

(第 14 図(c)) リングの表面あらさ

6. 要 約

リング、トラベラー機構は、巻取モーメントがほぼ一定、紡出張力の調節はトラベラー重量により簡単、また紡出張力の自動調節機能を内蔵し、さらに動力消費も比較的少ないなどの利点を有している。高性能化を望まれる現時点において、研究結果に基づき、リング、トラベラー機構の高速化への問題点および方途を探索してみた。

(1) 高速トラベラーの開発

焼結含油金属などを用い、潤滑条件向上の努力がなされているが、一方、リング・トラベラー間に発生する摩擦熱の放散を促進させ、トラベラーの平衡温度の低下をはかることが重要であると推考される。

(2) 糸切れ増加の防止

トラベラー回転の不規則、糸むら・繊維束不均斉度などに基づく張力変動が糸切れを支配する大きな因子と考えられる。基礎となるトラベラー挙動について、マクロには高速度写真、ミクロには接触電気抵抗法により、その実態を知ることができる。

(3) 糸質低下の防止

スピンドル回転数を増加させると、遠心力と空気抵抗による毛羽増大効果が、糸張力増加による撚伝播に基づく毛羽減少効果を上まわり、スピンドル回転数の増大に伴って毛羽発生が増加する。セパレーターの存在は、高速になるほど毛羽の発生を助長する。

トラベラー重量増大による糸張力増加は毛羽発生を抑制する効果がある。また、エプロンとフロントローラー間にコンデンサーまたはガイドを設ければ、繊維集約効果により毛羽を減少させる。

以上、高速化を目途として、トラベラー挙動に焦点を合わせ、糸切れ、糸質に与える遠心力、空気抵抗などの影響について考察した。高速時のトラベラー挙動の不安定性が瞬間的な紡出糸張力変動と関連し、この張力高周波成分が糸切れ、糸質などに与える影響が大きいと推察される。高速化実現のためには、瞬間的な張力変動を除去することが必要であろう。

文 献

- 1) 渡辺; 織機誌, 2, P11 (1959-11)
- 2) H. Catling, A. E. De Barr; Shirley Inst. Mem., 30, p. 101~125 (1957-6)
- 3) Y. Hori; J. Text. Mach. Soc. Japan (Eng. Ed.), 1, No. 2, P54 (1955)
- 4) A. E. De Barr; J. Text. Inst., 50, T284 (1959-3)
- 5) 藤野, 下間, 坂口; 繊維機械学会講演前刷(1960-5)
- 6) K. P. Pillay; Text. Res. J., 34, p. 783 (1964-9)
- 7) K. P. Pillay, Text. Res. J., 34, p. 663 (1964-8)
- 8) 藤野, 下間; 日本綿業技術研究所報告, No. 10 (1954-12)
- 9) 藤野, 下間; 織機誌, 9, P73 (1956-2)
- 10) C. Maxwell; Electricity & Magnetism, 3rd Ed., Vol. I, Art. 308, Oxford (1904)