高速製糸用設備装置の開発(その3) ー 高速トラバース装置 ー

長谷川 勝美 HASEGAWA Katsumi

日本繊維技術士センター (JTCC)

2) 糸の受け渡し

その場合の糸の受け渡しの様子を図15²に示す。図において、軸は左から、L軸、C軸、R軸とする。互いに逆方向に回転する軸が必要であるので、各軸それぞれにおいて、2本の軸を同芯構成として、内外軸で互いに逆方向に回転させる。

左側L軸の外軸はSlo, 内軸はSli, 中心C軸の外軸はSco, 内軸はSci, 右側R軸の外軸はSro, 内軸はSriと呼ぶことにする。同様に軸に取り付けられるブレードも、Sloに装着されるブレードはBlo, Sliに装着されるブレードはBliとし、以下同様な呼び方とする。

①において、糸はトラバースの左端に左内軸 (Sli) のブレード (Bli) によって運ばれてくる。このとき左端部で糸を受け取り、右方向に運ぶ左外軸 (Slo) のブレード (Blo) は糸を運んできたブレード (Bli) に対応した位置まで回転してきている。このとき他のブレード群も図に見られるように一对のブレードが互いに近接対向した状態で位置する。この状態でさらに軸が回転すると糸 (・で示す) はブレードBli, Blo先端の傾いた糸案内縁で押し出され、Bliのブレード先端部から外れて、Bloに受け渡され、右方向に折り返す。糸を受け取ったブレード (Blo) はトラバース幅左1/3ゾーンを案内し、②で見られるように、糸受渡点 T_3 でブレードBloから

Bciに受け渡される。 T_3 で糸を受け取ったBciは③で示されるように、次の糸受渡点 T_1 でBroへ糸を受け渡す。Broは最後の1/3トラバースゾーンを案内して、右端部まで糸を運ぶ。

④で示されるようにBroが糸を端部まで運んできたときには、反対方向に回転するブレードBriが待ちかまえており、先に述べたと同じようにBriに受け継がれ、左方向に折り返す。④の状態は①で示される状態と対称の状態である。

このようなメカニズムで、糸は必要とするトラバース幅を円滑に受け渡しされる可能性のあることがわかる。

3) ブレード先端角度と糸の受渡

次に糸の受け渡しに関して、ブレード先端部分の形状について検討した。

形状としては、まず棒状のものが考えられる。しかし、棒状のブレードで糸を案内した場合には、糸折り返し点では、糸を端部に運んできたブレード棒と逆に折り返すブレード棒の2本の棒で糸が挟まれ、滑らかな受け渡し不可能となる。

したがって、糸を案内するブレードの縁 (以下、糸案内縁という) の形状は、端部で糸を受け渡す際に、2つのブレードで糸を挟まないように、ある量の開き角度が

図15 Transferring yarn between rotary blades

必要であることがわかる。その先端角度は、検討の結果図16に示されているように、ブレードの作用角の1/2であることが望ましいことが見いだされた。その理由を次に説明する。

ブレードの作用角度は60度であるので、糸案内縁角度をその1/2、すなわち30度にすると、トラバース端部での受渡時には、図16に示されるように端部に運んできたブレードの糸案内縁角度はトラバースラインに対して90度となり、折り返しブレードのそれは150度であり、両者の開き角度は60度となり、糸の受け渡しのために2つのブレードが互いに近接しても、糸が挟まれることなく、滑らかに両者の糸案内縁により押し上げられ、Bliの先端から糸が外されBloへの糸渡しが行われる。

このようにトラバース端部で受け渡された糸は、次の糸受け渡し点 T_3 で受け渡されるが、ここの受け渡しは糸の角度が進行方向に傾いており、受け渡しはやさしく問題がない。次の受渡点 T_1 での受け渡しを説明する。この T_1 点での受け渡しの難しさは、受け渡しする糸の角度が進行方向とは逆方向に傾いており、もしこの点で糸を自由に解放すると、糸は来た方向とは逆のトラバース中央方向に走行する。すなわち、図15③ T_1 点で糸を受け渡すには、確実性を要求される。そのため、別の工夫が必要となり、その詳細が図16で示される。

ここでは、糸はブレードBciからBroに受け渡される。この図からわかるように、糸を運んできたブレードBciの糸案内縁はトラバースラインに対して90度になっていて、Broへの受渡を完了するまで確実に糸を保持することができる。

しかし、一方、受け取る側のBroの糸案内縁角度はこの時トラバースするラインとは150度となりBciとBroの2枚のブレードのみでは、糸がブレードの先端をすり抜けて受渡しが可能となる。そこで、図に見られるように2枚のブレードの糸受渡点に該当する位置に滑らかな円弧を持つガイドを先端側に設け、糸がブレードの先端から外れて逃げることをないようにせき止める役目を負わすことで糸渡しの確実性を保証する。

図16 Transferring yarn at the traverse end

また、この糸はずれを防止するガイドの形状を、ブレードで運ばれる糸のトラバース速度を均一化するように構成し、トラバース速度調整ガイドとした。

なお、本構成では、各軸中心と糸受け渡し点とは正3角形の関係になる。したがって、軸心と糸受け渡し点までの距離を基本半径とすると、図16において、ブレードの糸案内縁上で、かつ、基本半径上の点、糸受渡時のブレードの糸案内点となる。このときの糸案内点と軸心とを結ぶ線分を、基本回転中心線（standard line of blade）と呼ぶことにする。

このトラバース速度調整ガイドの他に、糸の折返し、受け渡しを確実にするために、図16, 17に見られるように端部に運ぶブレードBliの軸心から先端までの長さは、基準半径よりも（1～1.5）mm長くなっており、さらに端部で糸を受け取って、折り返すブレードBloはBliよりも更に（1～1.5）mm長くしてある。したがって、糸は折り返しブレードBloを乗り越えて外へ外れることはなく、ブレードBloにより受け取られ滑らかに運ばれてきた方向とは逆の方向に走行し始める。

4) 駆動系の構成

コンパクトなトラバース装置に構成するために、6枚の回転ブレードを2層で構成し、ローラーベールを該ブレードに近接して位置せしめ、フリーレングスを短くする構成が重要である。そのため、軸6本の駆動部を、ブレード群に対して同一側に位置させることを検討した。そのときに、互いに反対方向に回転する軸は、全体をコンパクトに構成するために同芯軸方式とすることを基本構想とした。

また、糸をトラバースさせるには、6本の軸の位相を確実に維持する必要があるため、その駆動方式として、当初は、チェーン、タイミングベルトなどの手段で機能テストを開始したが、高速性、耐久性の点で不安があり、工夫して図18に示される歯車構成の駆動系を設計した。運転途中で潤滑のためのメンテナンス作業を入れる必要がないように、プラスチックと金属歯車による無潤滑方式を採用する。

図17 Angle of rotary blade

図18 Drive mechanism of rotary blades

互いに逆方向に回転する2軸が同芯に配置され、互いに隣り合う軸がまた逆方向に回転する必要がある。そのために、左側内軸1 (Sli) と左側外軸2 (Slo), 中央内軸2 (Sci) と中央外軸4 (Sco), 右側内軸5 (Sri) と右側外軸6 (Sro) とすると、1と5は同方向で2とは逆方向に、2と6は同方向で4とは逆方向に回転する必要がある。

図において、トラバース装置への入力駆動軸13が回転させられると、軸に固定されている互いに逆方向に加工された斜歯歯車14, 15がそれぞれに係合している軸13と直角方向の軸芯を持つ歯車17, 16を回転させる。(歯車16, 17の回転方向はそれぞれ逆となるように斜歯歯車角度を設定する。)

歯車16は軸1に係合されている歯車8と締結されている。一方歯車17は軸6に係合されている歯車11に締結されている。したがって、軸12が回転すると、軸1と軸6は互いに逆方向に回転することになる。

軸1と係合されている歯車8は軸3と係合している歯車10と噛み合い、歯車10は軸5に係合されている歯車12と噛み合っているため、軸1と軸5は同方向に回転すると同時に軸2は逆方向に回転する。

軸6と係合されている歯車11は軸4と係合している歯車9と噛み合い、歯車9は軸2に係合されている歯車7と噛み合っているため、軸6と軸2は同方向に回転すると同時に軸4は逆方向に回転する。

このように軸13が一定方向に連続して回転すると、各軸は図15で説明したように動き、各軸に固定されて

図19 Free length on the rotary blade with one side driving device

いるブレードは、糸を連続的にトラバースする条件を満たし、回転ブレードによって糸のみを往復運動させることができる。

5) フリーレングス

回転するブレードを装着した軸を駆動するための駆動系をブレード群に対して片側に構成できれば、回転ブレードに近接してローラバールを設置することが可能となり、その結果、トラバース装置の重要な要素であるフリーレングスの長さを短く設定することが可能となる。それを図19に示す。

片側3軸構成の本トラバース装置においてもこのように配置構成が可能であれば、高速でも巻き姿の良いパッケージが得られる。

したがって、次に回転ブレードについて、このような構成を満たすための必要要件について調べた。

6) 回転ブレード支持部形状

滑らかに糸を受け渡し、トラバース端部で急速に折り返すようにするために、ブレードの長さが基準半径よりも1~1.5mm長く、端部で糸を受け取る折り返しブレードに関してはさらに1~1.5mm長いことは既に説明した。このようにブレード長さを糸の受渡機能を主体にして決定したことにより、軸間距離よりも(2~3)mmも長いブレードが回転することとなる。したがって、駆動系を片側配置にすると、ブレードの支持部とブレード先端部との干渉が発生するのでその解決策を検討した。

本装置では内軸に装着されるブレードを上段に、外軸に装着されるブレードを下段に配し、それぞれが互いに逆方向に回転することになる。

左から右へトラバースする場合、糸は図20で示される左外軸2に装着される下段ブレードBloから、中央内軸2に装着される上段に位置するブレードBciへ受け継がれ、次いで右外軸6に装着されている下段のブレードBroに引き継がれる。

このとき、上段ブレードBciの取り付け部と糸案内部のブレードを結ぶ支柱が、回転する下段ブレードと干渉すれば、この装置構想は成立しないことになる。

図20に示した図の実体写真を写真2-2に示す。

隣り合うブレードが干渉しない条件を求めるに当たり、まず60度位相がずれて回転している2枚のブレードが、相対的にどのような関係を維持して回転しているかを調べた。その様子を図21に示す。

図はブレードの作用角60度を12等分して、糸が受渡点 T_3 にあるときが位置1とし、順次5度ずつずれた位置を2, 3...とし、それぞれの位置を1~12で表示している。各ブレードは軸中心から糸受渡点までを直線で代表して表し、その長さはブレードの各長さで表す。このように順次、2つのブレードがそれぞれの時点で相対的にどの位置にいるかを調べた。まず、ブレードBloとBciとの関係を整理する。

1の時点では、BloとBciは先端部で重複し、糸を受け渡す。2の時点では、Bloの先端がBciの基本中心線に一致している。3の時点では、Bciに対し、Bloの先端は多少余裕があり、2枚のブレードは離れていることがわかる。このように、Bloの先端のBciに対する余裕寸法(W_2)を順次調べて整理したものが図の右側(2)に描かれている舟型の図である。すなわちこの図の中心線か

ら左側の寸法(W_3)は、Bciに対しBloの先端が離れている距離を示す。中心線の右側寸法(W_1)は、同様にBciに対しBroの先端が離れている距離を示す。すなわち、この舟形に囲われたスペースは、中央のブレードBciと両隣のブレードBlo, Broとが干渉しない空間であることを意味する。

したがって、(2)に示されるように中央のブレードBciは、軸中心から半径 L_2 の位置では、中心線から左側は寸法 W_3 、右側は寸法 W_1 以内であれば支柱があっても隣のブレードとの干渉がないことになる。そこで、中心軸の内軸に取り付けられるブレードの形状は、(3)で示されるように、軸中心から L_2 のところで、支柱bが立ち、その先に糸を案内するブレードaがある構成となる。その支柱幅方向寸法は、ブレード中心からそれぞれ、 W_3 、 W_1 、 W_1 である。

この支柱部の寸法形状については、同様に他軸の内軸に装着されるブレードBli, Briの支柱もBcoとの干渉を考慮する必要があるが、両端部の軸に装着されているブレードでは片側だけを配慮すればよく、強度的問題は小さい。

このような条件を満たすことにより、軸間距離よりも

図20 Character of the twin shafts

図21 The character of upper center blade

長いブレードであっても円滑に上下2段の構成で回転が可能となり、その結果ローラベルをブレードに近接させて配置することができ、フリーレンスを短く設定することが可能となる。

7) トラバース速度調整ガイド

トラバース速度が途中で変化するとボビン上に巻かれる糸の巻き密度が均一でなくなり、パッケージ表面に凹凸ができる。

一定速度で回転するブレードで糸をボビン軸方向に直線状に案内する場合には、トラバース速度は一定にはならない。さらに、本トラバース手段では、糸の受渡特性をよくするために、回転ブレードの先端部糸案内縁は、基本中心線に対し30度の角度を持たせているので、糸を押す縁の半径位置によってもトラバース速度は影響を受ける。

したがって、パッケージ表面を平坦に巻くためには、何らかの方法でトラバース速度を均一化するような速度調整の手段が必要となる。

そのための手段として、糸受渡点でブレード先端から糸が外れることを防ぐために設置したガイドに、ブレードの回転角度位置に対応して、適当な凹凸のカーブを持たせ、トラバース速度調整ガイドとした。

検討した形状は、

- ① 直線状ガイド (straight guide)
- ② 回転ブレードの基準半径 r と同じ値で加工されたガイド
- ③ $R=2r$ である半径 R で加工されたガイドの3種類である。

①の直線状ガイド (straight guide) では、ブレード回転速度が一定であっても、糸受け渡し点に近いほどトラバース速度が大きくなる。さらに、中心に近づくにつれて糸案内点の半径が小さくなり、トラバース速度成分が減少する。両者の影響で、糸渡し点と中央部との速度変化の割合は大きい。②での糸受渡点でのトラバース速度を1とすると、直線状ガイドでの糸受け渡し点での速度は2.3となる。

②の回転ブレードの基準半径 r ($=2$ 軸間距離) と同

図22 Adjustment guide of traverse velocity

じ値で加工されたガイドでは、軸半径方向の移動がなく、ガイド位置のみに依存する。すなわち、中心から θ の位置にあるときにはトラバース速度 V_t は、 $V_t = r \omega \cos \theta$ となり、そのため、糸受渡点近傍でのブレードが傾いている点での速度よりも、中心付近のトラバース成分が大きくなる。

③の $R=2r$ の半径を持つガイドを用いた場合の速度は②での糸受渡点でのトラバース速度を1とすると、本ガイドでの速度は1.6となる。3者のなかでは速度分布は均一に近いが、この結果は往復の速度を平均化したときの値であり、平均値の値を1としたときに、片道での速度分布は糸を受け取った時点が1.2と高く、糸を受け渡す時点が0.8と低い。その様子を上図の $R=2r$ の速度パターンで示す。

この③の形状ガイドでは糸の受け渡し点で速度が多少高くなっているが、実際に糸を巻いてテストしたところ、糸の受け渡し点で糸が滞留するため補正され、分布が均一化する方向になることがわかった。そのため、③の $R=2r$ の形状ガイドを採用することにした。このガイドは、糸が高速で直角方向に接触して始終走行しているために、摩耗が発生しやすく、糸切れの原因になったり、単糸切れの原因になりやすいので、セラミック成形ガイドを使用する。(以下次号)

長谷川勝美 (はせがわ かつみ)

1961年、名古屋大学工学部機械工学科修了、東レ(株)に入社。フィラメントの高速製糸設備、巻取装置の開発に従事。1982年、近畿地方発明奨励賞受賞、1998年、技術士(繊維部門 第38249号)・日本繊維技術士センター(JTCC)、2000年、工学博士。