

非接触張力測定による合成繊維製造工程の品質管理技術

岩出 卓

東レ エンジニアリング (株)

中沢 賢、河村 隆

信州大学繊維学部機能機械学科

1. 緒言

熱可塑性合成繊維の生産における巻取工程では均一な物性の糸あるいは巻き糸体を得るために、巻取張力を管理する必要がある。しかし、現状ではオンラインで張力測定を行う方法が確立されておらず、製品を抜き取りオフラインで糸物性の異常、工程・設備の異常を検証している。この方法では異常の発生から認知までに時間がかかり、その間に損失が大きくなる問題がある。また抜き取り検査であるために、異常そのものを見逃してしまう危険性もある。

張力管理を行うために生産現場では定期的に巻取張力の測定を行っているが、オンラインで常時計測することが望まれている。

現在使用されている張力測定装置は図1に示すような接触式の3点式測定装置であり、中央のガイドに加わる曲げモーメントを測定することにより、張力を測定する。この装置は次のような欠点をもっている。

- (a) 3点式であるため測定対象である糸の屈曲が不可欠である。そのため糸物性に直接影響を及ぼす可能性がある。
- (b) 張力計の測定値の互換性が低い。また、測定ごとに校正を行わなければならない。
- (c) 生産中の合成繊維は 3300m/min ~ 6000m/min で走行しており、摩擦の影響を大きく受けている。

そこで筆者らは張力測定について、紡糸のさらなる高速化、細線化、高品位化のためには、糸張力を非接触で実時間オンライン計測し、管理することが不可欠であると認識し研究を行っている。本報告では、合成繊維製造装置における走行糸条の実用的精度を有する張力の絶対値を非接触で計測する新しい原理と技法を確立し、提案する。

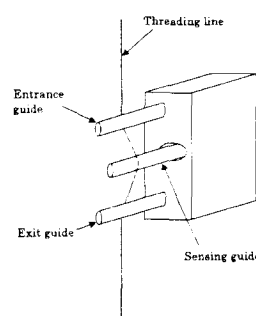


Fig.1 Contact tension meter

2. 合成繊維製造工程と巻取装置

合成繊維の製造工程は、紡糸工程、引取工程、巻取工程にわけることができる。ナイロンおよびポリエステル糸の製造工程は、引取工程で延伸を行わない POY (反延伸糸) 製造工程および引取工程中に加熱延伸、熱セットを行う FDY (延伸糸) 工程が現在主に工業用に利用されている。これらの工程の最終段階である巻取工程で使用される巻取機 (以下ワインダーと記す) は図2に示すような装置が用いられている。

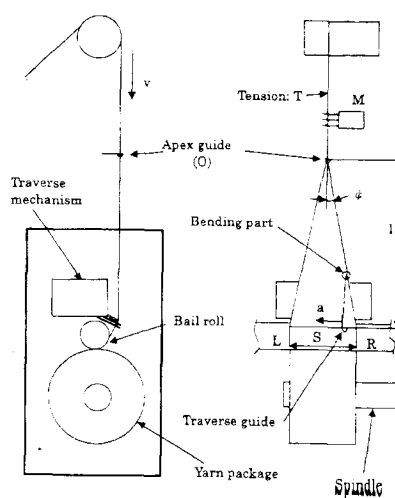


Fig.2 Winding device for synthetic yarn

ワインダーは振り支点（アベックス）ガイドを通過した糸を巻取幅に綾振りするトラバース装置と、その下流に巻き取りつつあるパッケージに接圧を加えるベイロール、そしてパッケージを保持し回転させるスピンドルで校正されている。また、ワインダーは巻取速度を一定に保つために、ベイロールの回転数が一定になるようにスピンドルの駆動回転数を制御している。

3. 糸挙動の解析

アベックスガイドを通過した糸はトラバースガイドにより左右に振られながらポビンに巻取られる。トラバースガイドは等速運動をするがポビン両端では急激な方向変換を行うため、糸にわずかながら角のある屈曲波が発生し、その波が上方へ向かって伝播する。アベックスガイドから下方に x 軸をとり、それと垂直な方向の糸の座標を y (x, t) とすると次式が導かれる。

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + 2v \frac{\partial^2 y}{\partial x \partial t} - (c^2 - v^2) \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0 \quad (1)$$

$$c = \sqrt{\frac{T}{\rho}} \quad (2)$$

ここで t は時間、 v は糸の走行速度、 T, ρ は糸の張力および単位長さ当りの質量である。

式 (1) の波動解は次のようになる。

$$y = f(v_d t + x) + g(-v_d t + x) \quad (3)$$

$$v_d \equiv c + v \quad (4)$$

$$v_u \equiv c - v \quad (5)$$

ここで f, g は任意の t, x の関数である。(2)式より f は x の負方向に進む負進行波であり、速度 v_u で波の形を変えずに進む。 g は x の正方向に進む正進行波であり v_d で波の形を変えずに進むことを示している。

ここで R 点より出発した屈曲部に注目するとアベックスガイド O に向かう、その伝搬速度 v_u は (4) 式から $(c-v)$ である。したがって、 v, ρ はあらかじめわかっているので、伝搬速度 v_u を測定することにより、(2)式より、張力を求めることができる。

結果

図 3 に本報で提案した非接触測定法による張力測定と接触型張力計による測定結果についての実験結果を示す。測定結果にオフセットがあるが 2

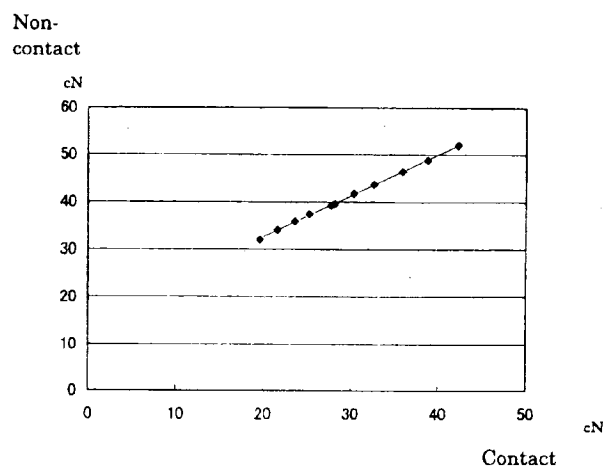


Fig.3 Correlation of contact and non-contact tension measurement value

つの測定値間には強い相関が認められる。この結果から屈曲部の変位を自動・連続測定する手段を確立すれば本理論による非接触張力測定が実現可能である。

4. 結言

合成繊維製造工程における巻取張力を非接触に測定する方法を実験的、理論的に検討し次の結論を得た。

- (1) トラバースガイドの折り返しで、急激に糸が折れ曲がる屈曲部が発生し、屈曲部は（波動速度－糸の走行速度）で振り支点に向かって伝搬する。
- (2) 屈曲部の伝搬経路を理論的に導き実験で検証した。導いた理論式は実験結果とよく一致する。
- (3) 屈曲部の伝搬経路の、振り支点とトラバース端を結ぶ直線からの変位は、十分小さいので、屈曲部は直線上を移動したとして伝搬速度を計測し、張力を算出できることを明らかにした。
- (4) 上記結論を元に波動速度測定により、非接触張力測定が可能であることを、理論的に求め、実験により実証した。
- (5) 波動速度測定には、トラバースガイドにより誘起される糸屈曲部の波動が、トラバースから一定点に達するに要する時間を測定する技術的方法を提案し、それが実際に有効であることを示した。