巻縮紡績糸の集合構造に関する研究

(第2報) 巻縮繊維間の位相ずれとその計測

(株) ク ラ レ 山 口 新 司 (会員)

京 都 大 学 川 端 季 雄 (会員)

Analysis of Yarn Structure of Crimped Fiber Assemblies.

Part 2: Measurement of Phase Difference between Crimp Waves.

Sinji Yamaguchi* and Sueo Kawabata**

* *Fiber Research Laboratories, Kuraray Co., Ltd., Kurashiki, Okayama-ken.*

** *Department of Polymer Chemistry, Kyoto University, Kyoto.*

Abstract

In the previous paper, the structure of assembled helical coils has presented as a model of crimped yarns. And from the theoretical analysis of this structure, the distribution of the phase angle between fibers takes different distribution with an average size of crimp frequency of fibers.

This article describes a method how to measure the phase angle of fibers in yarn, and examines some crimped yarn what distribution of the yarn takes. Phase difference can be calculated by mutual correlation function $R(\tau)$ between two waves of crimp. That is, the value of the correlation function takes maximum value when the two phase angles are coincident. The experimental results are agreed with the phase distribution which can be estimated assumed from the theoretical analysis.

(Received November 12, 1971)

摘 要

目 的 繊維の巻縮を一つの波形におきかえるとき、繊維相互間の巻縮波の位相差は糸の集合構造を決める重要な要素であるが、この位相差の計測方法を提出し、実際の糸がどのような位相差をもつかを調査し、巻縮性と位相差の関係について実験的に明らかにする。

成 果 (1) 糸内の巻縮波の位相ずれは各繊維の巻縮波形間の相互相関関数で把握することができた。
(2) 巻縮数の少ない繊維の糸は波形が比較的良好で相互相関係数は高い値を示すが、巻縮数の多いものは波形がランダムになっていることが観察され、相互相関関数の最大値が小さい値を示し、巻縮ピッチが一定であるとするモデル構造からのずれが認められた。
(3) 2本の繊維間の巻縮の位相のずれは巻縮波形の相互相関関数が最大の値を示すときの角度より計算でき、糸のバルキー性から逆算して推定される位相差の分布とはほぼ一致した。この結果は第1報の糸の集合構造理論の妥当性を示すものである。

(昭和46年11月12日受理)

1. 緒 言

糸の集合構造を単繊維の巻縮特性から理論的に導くため第1報ではヘリカル コイルの集合構造の理論を提案した。すなわちクリンプをもつ繊維の集合体として、同じ周期、半径を有するヘリカル コイルの群がコイル軸を平行にして、位相のずれをもちながら接触しあうまで接近するモデルで糸を表現した。

任意の二つの繊維すなわち二つのヘリカル コイル内の位相のずれ θ が $0 \sim 2\pi$ の間を一樣に分布する場合、および指数分布する場合を仮定して、ヘリカル コイルの集合構造を決め見掛けの糸の外径とこれら分布との関係を数学的に計算した。

本報はこの仮定の妥当性を確認するため、実際の糸についてまず巻縮繊維の位相差の計測方法を導き、ついで巻縮性と位相差の関係を実験的に調べ第1報の理論の妥当性の確認を行なう。

2. 理論—巻縮波形の相互相関関数計測による位相差測定法

以上述べたヘリカル コイルのモデルにはほぼ近いスパイラル状のクリンプを有する繊維で作った、甘藷双糸の紡績糸について観察を行なった。第1報¹⁾の写真に示したように、単繊維の長さ当たりの巻縮数が多い糸はクリンプ相互の位置が比較的ランダムになっており、巻縮数の少ない糸は単繊維の巻縮波形の位相が比較的良好にそろっている傾向がある。しかしこれらの糸を形成する単繊維巻縮について正確に相互の位相関係を吟味するためには、たとえば糸を透明なプラスチックで包埋固定して糸の断面より追跡していく方法があるがこの場合のように θ の分布という統計的処理を必要とする実験には測定個数が多くなり労力と複雑さの点から非常に困難な仕事になる。

そこで相互相関法を提案したい。いま仮定としてつぎの二つをおく。

〔仮定1〕一つの糸断面を構成する繊維のうち相互に接触しあう繊維の位相差と任意の2本の繊維間の位相差とはそれぞれの集合平均をとることによって一致する。

〔仮定2〕糸中で立体的に配置しているクリンプ繊維が実際の糸中の位置から、投影像を得るための移動により、ヘリカル軸がある角度をもって回転されることは不可避であるが、その角度はランダムで偏りはないものとする。

半径 a のヘリカル コイルを考え、これに対して位相

差 θ のもう一つのヘリカル コイルは第1図に示すように中心軸のまわりに θ 回転させて得られる。

(第1図) オーバーラップするヘリカル コイル モデル

(第2図) $x-z$ 平面に投影したヘリカル コイル モデル

これを $x-z$ 平面に投影した図が第2図で $\theta = \delta$ である。 δ の計測によって位相差 θ が求められる。糸中の個々の巻縮繊維をヘリカル コイルとみなしてその位相差を求めるために上記〔仮定1〕,〔仮定2〕により投影図を得た。すなわち投影図においてクリンプの長さ方向の位置をそろえるため糸の一定の長さを染め分けてマーク付けし、マークのついた任意の繊維を平面図に投影した。投影図より各繊維の巻縮波形の相互相関関数を求めた。

2本の巻縮繊維から相互相関関数と位相差を求める方法について述べる。平面図に投影された巻縮の形状を模式的に第3, 4図に示す。

(第3図) 1本目の巻縮繊維の模式図

(第4図) 2本目の巻縮繊維の模式図

図はクリンプの中心軸を $x = 0$ あるいは $y = 0$ とおき、問題とする巻縮ピッチの10等分程度の間隔で(本研究では $\Delta t = 0.16 \text{ mm}$)、 $x(t)$ 、 $y(t)$ を求め、その値が $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i, \dots, x_n$ と $y_1, y_2, y_3, \dots, y_i, \dots, y_n$ になることを示している。

1本目と2本目の巻縮の波の相互相関は

$$R_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i y_i$$

2本目を $k\Delta t$ ($k = 1, 2, 3, \dots$) だけずらしたときは

$$R_k = \frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} x_i \cdot y_{i+k}$$

R_k を縦軸にとり、横軸に $k\Delta t$ ($=\tau$) をとる。こうして得られた関数 $R(\tau)$ は相互相関関数と呼ばれる。 $R(\tau)$ が最大になる τ の位置で位相が一致すると考え、この位置を平均巻縮ピッチより位相差に換算することにより位相差の計測を行なった。

糸中での繊維の接触は1本だけでなく、多数本にわたっていると思われるが、第1報の理論計算に用いた本数が3本1組として構成繊維本数全体の統計処理を行なった。位相差の計測も互いに接触しあう最小本数として3本を1組として行なった。

任意に取出した3本1組の繊維について1本目の巻縮を基準に二つの位相差 θ_{01} 、 θ_{02} が求まる。このような各3本ずつの組み合わせについて糸構成本数すべてを取出し位相差を求める。さらに基準繊維として任意の1本を決め、各3本1組の1本目が基準繊維との位相差をどれだけ有するかを求めおのおの基準繊維に対しどれだけの

(第5図) 位相差分布を求めるための組立図

位相差になるか換算し、位相差の分布状態が求められる。

3. 実験方法

実験に用いた試料は第1報と同じ試料(ポリエステル繊維)でスパイラルクリンプを有する繊維の甘撚双糸の紡績糸を用いた。

糸のマーク付けは染色時糸端を鉄片にはさみ押圧して染め分けた。

染料: Eastman Polyester Blue GLF

分散剤: モノゲン 浴比: 1:50

染料濃度: 4% owf

(第6図) 染色条件

(第7図) マーク付け後供試試料模式図

糸の構成繊維は94~100本であったが紡績糸のため試料の両端の長さに達しない繊維もあるので測定に応じた繊維本数は63本であった。糸より任意に取出した単繊維を紙の窓枠にマークが厳密にそろうようにしてはりつけ、撚りの効果をなくするために10%伸ばしてスライドガラス上に固定した。第8, 9図はマーク付けした糸およびスライドガラス上に固定した単繊維のおのおの側面写真を示す。

(第8図) 染色によりマーク付けされた糸

スライドガラス上で押しつぶされないように固定したあるクリンプを約30倍(31.5倍)に投映機で拡大しクリンプの波を描写しこれより、第3図や第4図で示した巻縮の波形として、波の相互相関関数を求めた。

ここで

$$\Delta t = 0.16 \text{ mm} (= \tau)$$

(第9図) スライドガラス上に固定された単繊維

$$R_k = \frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} x_i \cdot y_{i+k}$$

$$N=50 \text{ (実測長さ } 8.0 \text{ mm)}$$

$$k = 0 \sim 10$$

先に詳述したように $R(\tau)$ を縦軸に横軸には τ をとって, $R(\tau)$ が最大になる τ の位置で位相が一致したとみなして, その位相差を1ピッチ 360° として換算した.

実験に用いた試料では

$$\text{高巻縮 (巻縮数 } 22 \text{ 山/} 25 \text{ mm)} : 1 \text{ ピッチ } 360^\circ = \frac{25}{22} = 1.138 \text{ mm}$$

$$1 \text{ ピッチ } 360^\circ = \frac{1.138}{0.16} = 7.1 \tau$$

$$\text{中巻縮 (巻縮数 } 13.9 \text{ 山/} 25 \text{ mm)} : 1 \text{ ピッチ } 360^\circ = \frac{25}{13.9} = 1.80 \text{ mm}$$

$$1 \text{ ピッチ } 360^\circ = \frac{1.80}{0.16} = 11.3 \tau$$

によって換算した.

4. 結果および考察

スライドにて拡大描写したクリンプ波形の一例を高巻縮, 中巻縮について一組ずつ第10図, 第11図に示す. この図の波について求めた $R(\tau) - \tau$ の相互相関関数

(第10図) 中巻縮の投影拡大図の一例

(第11図) 高巻縮の投影拡大図の一例

のグラフをおのおの第12図と第13図に示す.

第12, 13図の相互相関関数 $R(\tau)$ は τ の増加とともに変化し最大値を有する曲線となり, 相互相関関数の計測

(第12図) 中巻縮 $R(\tau) - \tau$ の一例 (第13図) 高巻縮 $R(\tau) - \tau$ の一例

方法の項で予想したような結果が得られることを示している. $R(\tau)$ が最大になる τ の位置で位相が一致したと考えこの位置を平均巻縮ピッチより位相差に換算した.

糸構成繊維すべてについて位相差を求め位相差の分布状態を求めると第14, 15図のようになる.

(第14図) 中巻縮糸の位相差の相対度数分布

(第15図) 高巻縮糸の位相差の相対度数分布

高巻縮の場合は位相差の分布はランダム分布に近い. これに比較して中巻縮の場合は位相差の小さい側に分布密度が高く, 位相差の大きい側では低くなる. 本研究第1報の指数乱数を用いて理論計算に使用した位相差の分布状態を第16図に示し一様乱数を用いて理論計算に使用した位相差の分布状態を第17図に示す.

(第 16 図) 指数乱数 $1/\lambda = 0.25$ を計算に用いた場合の位相差分布

(第 17 図) 一様乱数を計算に用いた場合の位相差分布

中巻縮の場合は指数分布の位相差に近く、高巻縮の場合には $\theta = 0 \sim 360^\circ$ の間の一様な分布の位相差に近い。これは糸の見掛け太さから検証した第 1 報の結果と合致する。

巻縮の位相のずれが糸の構造を決定する非常に重要なファクターであり、糸の集合構造の重要因子として取上げたヘリカルコイルの集合構造理論の妥当性が確認される。

なお第 12, 13 図のグラフを比較すると中巻縮の方が高巻縮より相互相関関数の最大値が大きい。そこで全測定結果について $|R(\tau)|_{\max}$ の値を調べると第 18, 19 図のようになり、中巻縮は $R(\tau)$ の最大値は大きい、高巻縮の $R(\tau)$ の最大値は小さい値に集中している。

本研究は巻縮ピッチが一定であるという仮定で進めているが、 $R(\tau)$ のピークが小さいということは本研究

(第 18 図) 中巻縮における $|R(\tau)|_{\max}$ の相対度数分布

(第 19 図) 高巻縮における $|R(\tau)|_{\max}$ の相対度数分布

モデル構造からのずれが生じていることを示している。しかし本研究で行なった統計的処理法はこうした場合も含めて位相差の分布の推定に適した方法であることは相互相関関数の性格から想像されるところである。しかし巻縮数が多くなると上述の仮定からのずれの度合いが大きく、この効果がバルキー化に寄与することが考えられ今後の検討すべき問題になっている。

5. 結 語

糸の集合構造を決める巻縮の位相ずれの計測方法を提示し、実際の巻縮糸のもつ位相差を計測し、巻縮性と位相差との関係を明らかにした。

1) 糸内の巻縮の位相ずれは巻縮波形の相互相関関数で把握する方法を提出した。

2) 2 本の繊維間の巻縮の位相のずれは巻縮波形の相互相関関数が最大の値を示すときの角度より計算でき、糸のバルキー性から逆算して推定される位相差の分布とはほぼ一致した。これは第 1 報の糸の集合構造理論に妥当性のあることを示した。

3) 巻縮数の少ない場合は巻縮繊維間の波形の位相ずれが少ないが巻縮数の多いものについては位相ずれがランダムになって $\theta = 0 \sim 360^\circ$ の間をほぼ一様に分布する。

終わりに本研究に対して種々有益なご討論をいただいた京都大学工学部高分子化学教室繊維集合体力学研究会の方々に深く感謝する。

なお本報文の一部は昭和 46 年 6 月本学会年次大会において発表した。

文 献

- 1) 山口, 川端; 本誌投稿中
- 2) 野呂田, 川端, 河合; 繊維誌論文集, 22, No. 7/8 T-168 (1979)