

# 링정방 공정변수가 섬유 이주거동에 미치는 영향에 관한 연구 (I)

## - 꼬임수의 영향과 구성섬유 배향각 -

김영률\*, 허 유, 류 운영

한국섬유기술연구소\*, 경희대학교 공과대학 섬유공학과

### 1. 서 론

일반적으로 방적사의 물성은 구성섬유의 경로 즉, 기하학적 배치에 따라 결정되는 실의 구조와 밀접한 관계가 있다. 따라서 실의 기하학적 구조를 측정하고 정의하는 것은 매우 중요한 일이라 하겠다. 지금까지 꼬임, 연계수, helix angle 및 섬유이주거동 해석<sup>(1-7)</sup>을 위한 많은 변수들을 사용하여 실의 기하학적 구조를 정의하여 왔으며, 특히 이중에서 방적시 중요한 공정변수이며 실의 변수인 꼬임은 실의 기하학적 구조를 결정하는데 있어 상당히 중요한 역할을 하고 있다. 본 연구에서는 image processing technique을 이용하여 꼬임의 변화가 실을 구성하고 있는 섬유의 이주거동에 미치는 영향을 파악함과 동시에 구성섬유 배향밀도<sup>(8)</sup> 변화에 미치는 영향을 규명하고자 한다.

### 2. 실험

#### 2.1 시료준비

실을 구성하고 있는 섬유의 구조를 알아보기 위하여 착색된 면섬유가 1% 정도 혼합되어 있는 로빙을 사용하여 연계수를 4가지 조건으로 변화시켜 링방적사를 생산하였다.

로빙의 규격과 방적조건은 Table 1 및 Table 2에 보이는 바와 같다.

Table 1. Roving Specification

Linear Density	Mean Fiber Length	Content of Black Dyed Fiber	Micronaire value
580 Tex (1.01 Hank Roving)	28.6 mm	1 %	4.2

Table 2. Spinning Conditions

Roving (Tex)	Total draft	TM	Spinning Speed (rpm)	Traveller (OS Type)	Yarn Count (Tex)
580	29.5	3.0, 4.0 5.0, 6.0	5,500	3/0	19.7 (Ne 30)

## 2.2 추적섬유의 궤적 측정

각 시료로부터 추적섬유의 위치측정은 G. Riding의 방법<sup>(2)</sup>을 근거로 한 image processing technique<sup>(9)</sup>을 이용하여 추적섬유의 궤적을 가시화한후 실을 구성하고 있는 추적섬유 위치를 화소수 (pixel value)로 측정하였다. 이때의 스캐닝 간격은 20 pixels 로 하였다.

## 2.3 구성섬유의 배향밀도 측정

추적섬유의 미소단위 길이를 직선으로 가정하고, 이 미소 길이요소의 방향이 실의 축방향과 이루는 각  $\theta_i$  를 다음 식에 의거하여 구하였다.

$$\theta_i = \tan^{-1}[\{(X_{i+1} - X_i)^2 + (Y_{i+1} - Y_i)^2\}^{1/2} / (Z_{i+1} - Z_i)]$$

여기서  $X_i$ ,  $Y_i$  및  $Z_i$ 는 추적섬유의  $i$ 번째 궤적의 좌표이다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 꼬임이 섬유 이주거동에 미치는 영향

실험을 통하여 얻은 image data로부터 J.W.S Hearle이 제시한 이주인자를 구하는 식<sup>(3)</sup>에 의거, mean fiber position, rms deviation, mean migration intensity 및 migration frequency 를 구하여 각 인자들의 평균값을 Table 3 과 Fig. 1 에 각각 나타내었다. 이들 인자들과 꼬임간의 관계는 Table 3과 Fig. 1에서 보는 바와 같이 꼬임이 증가할수록 mean fiber position과 rms deviation은 감소한 반면, migration intensity와 frequency 는 증가하는 것으로 나타났다.

Table 3. Effect of twist on migration parameters in a cotton yarn

Migration parameters	Twist multiplier (cotton system)				Value for ideal migration
	3.0	4.0	5.0	6.0	
Mean fibr position	0.58	0.42	0.36	0.25	0.5
rms deviation	0.26	0.24	0.22	0.20	0.29
Mean migration intensity ( $\text{cm}^{-1}$ )	1.49	2.41	2.66	3.27	-
Equivalent migration frequency ( $\text{cm}^{-1}$ )	1.21	2.14	2.33	2.81	-

이런 현상은 꼬임에 의해 영향을 받을 수 있는 실의 새로운 구조적 특성들을 발견할 수 있게 한다. 실의 꼬임이 증가함에 따라 mean fiber position이 감소하는 것은 실의 외곽보다는 중심부를 구성하고 있는 섬유의 총진밀도가 커짐을 나타내며(Fig. 2), rms deviation의 감소는 실의 축을 따라 임의의 단면을 가로지르는 개개 섬유의 평균 위치로부터의 분산이 작아짐을 의미한다. 반면에, 꼬임증가에 따른 migration intensity와 migration frequency의 증가는 꼬임이 증가할수록 구성섬유가 실의 축을 따라 위치하는 radial position 변화율이 보다 커짐을 의미한다. 또한 이들 결과로부터 Table 4에 보이는 바와 같이 4~5개 꼬임당 1회의 섬유 이주현상이 발생하는 것으로 분석되었다.

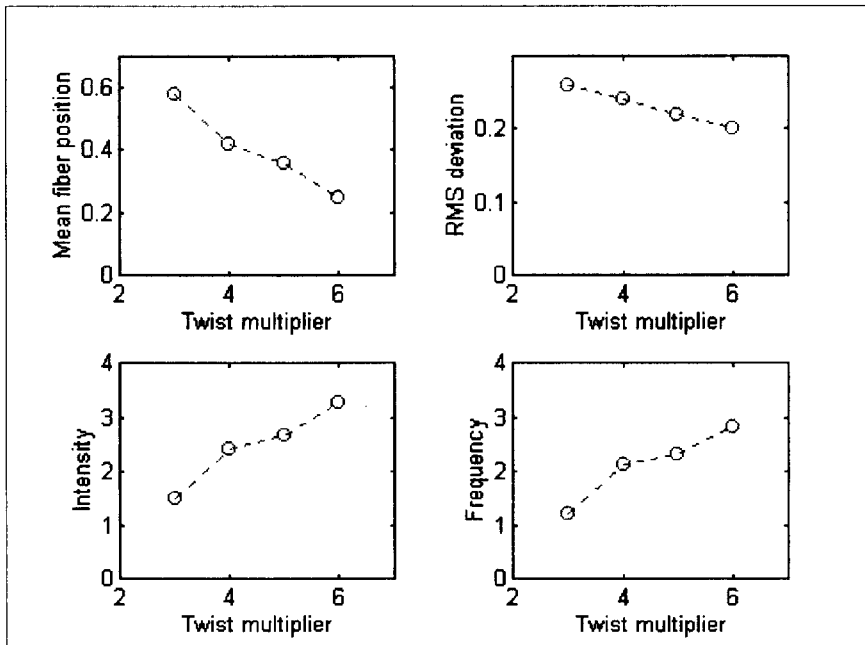


Fig. 1. Relationship between migration parameter and TM

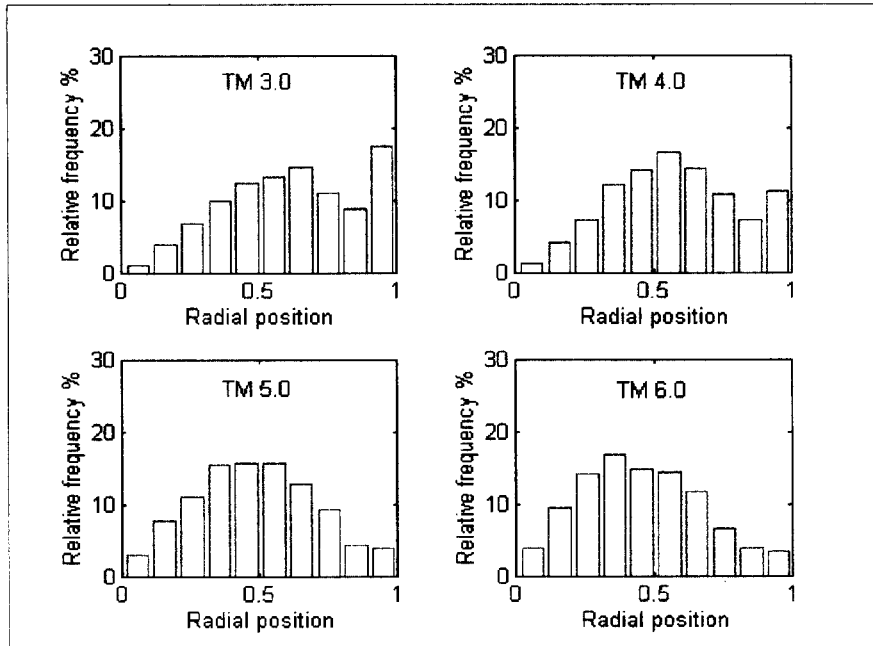


Fig. 2. Zonal distribution for individual fibers

Table 4. Migration cycle corresponding to turns of twist

Twist multiplier (cotton system)	Number of turns of twist per cycle of migration
3.0	5.3
4.0	4.0
5.0	4.6
6.0	4.6

### 3.2 구성섬유의 배향밀도

구성섬유의 미소길이 요소의 방향이 실의 축방향과 이루는 각인 방향각( $\theta$ )은 실의 물리적 성질에 영향을 미치는 실의 구조특성의 중요한 변수이다. 그러므로 본 연구에서는 섬유 이주거동실험을 통하여 얻은 image data를 근거로 하여 꼬임변경에 따른 실의 미소길이당 구성섬유의 radial position 변화로부터 방향각( $\theta$ )을 측정하였다. Fig. 3은 연계수 변화에 따른 방향각  $\theta$ 의 분포를 보인 것이며 Table 5는 각 연계수에 따른 평균 방향각을 나타낸 것이다. 여기서 보는 바와 같이 실의 꼬임이 증가할수록 방향각 커짐을 알 수 있으며 분포

형태도 다르게 나타났다. 이런 현상은 꼬임이 migration intensity에 영향을 미치고 있음을 뒷받침해 준다.

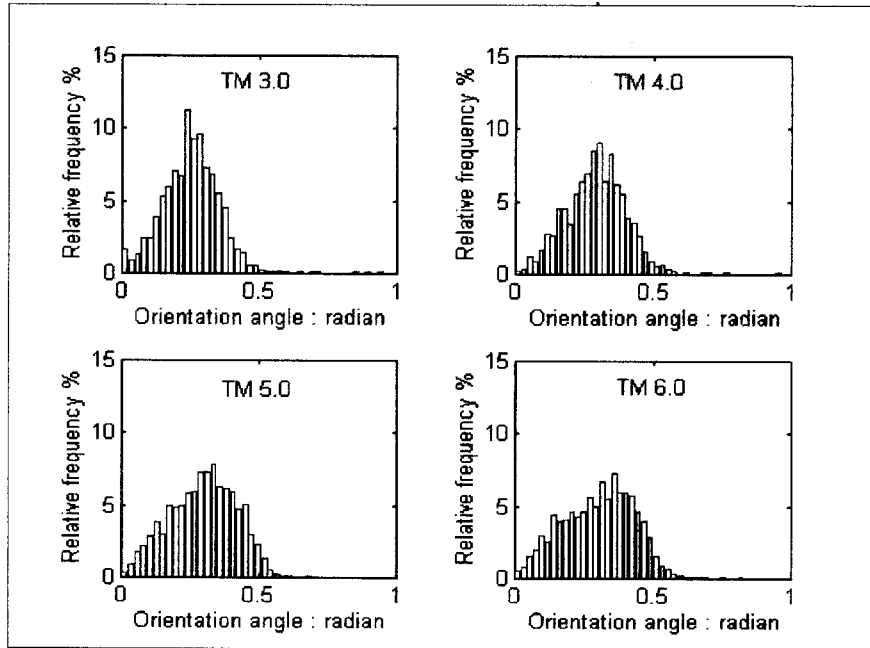


Fig. 3. Distribution of orientation angles

Table 5 Mean value of orientation angle

Twist multiplier	3.0	4.0	5.0	6.0
Orientation angle (radian)	0.26 ( 14.9° )	0.29 ( 16.8° )	0.30 ( 17.2° )	0.31 ( 17.8° )

실제 실과 이상적인 나선형 구조를 갖는 실의 helix angle을 비교해 보기 위해 실험을 통해 얻은 방향각들을 회귀분석하여 얻은 회귀직선과 이론적인 helix angle curve를 함께 연 계수별로 Fig. 4 에 도시하였다. Fig. 4 에서 보는 바와 같이 이들 두 선은 radial position 0.5 이하에서 서로 교차하며 나선형 구조를 갖는 이상적인 실에 있어서는 실의 중심부에 위치한 섬유들이 helical angle이 존재하지 않는다는 가정과는 달리 실제 실에 있어서는 어느 정도의 방향각을 보유하고 있음을 알수있다. 또한 실의 표면으로 갈수록 이상적

인 실과 실제 방적사와의 구성섬유 방향각의 차이가 커지며 꼬임이 증가할수록 구성섬유 구조의 기하적인 차이가 점차 커짐을 알 수 있다.

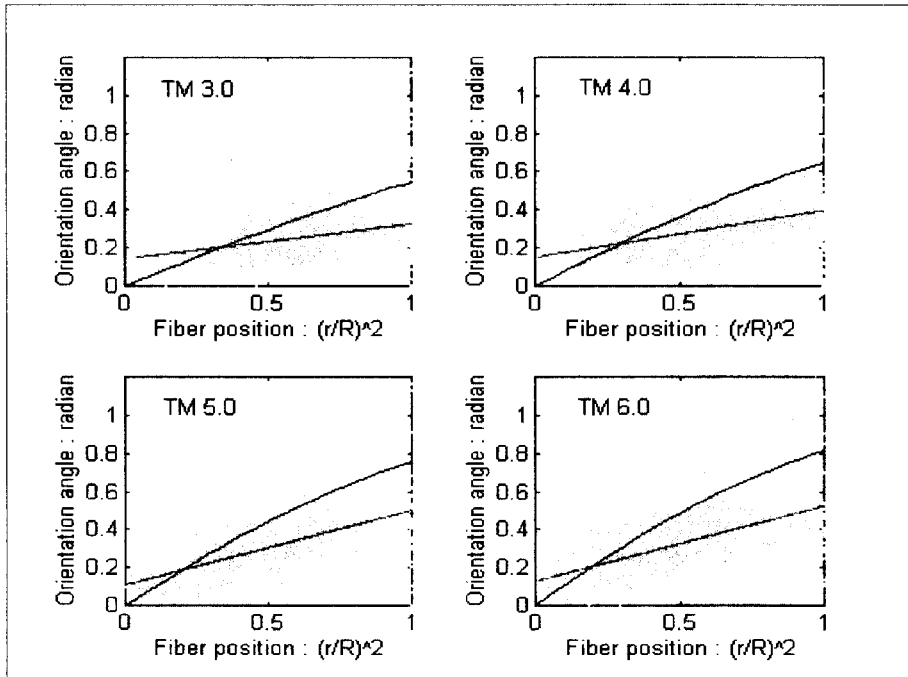


Fig. 4. Experimental and theoretical orientation angles

#### 4. 결 론

본 연구에서는, 방적시 중요한 공정변수이며 또한 yarn parameter인 실의 꼬임이 실의 기하학적 구조에 어떻게 영향을 미치는지를 파악하기 위하여 연계수를 4가지 조건으로 변화시켜 방직한 링 면방적사를 대상으로 섬유 이주거동을 분석한 결과 다음의 결론을 얻었다.

(1) 실의 꼬임이 증가할수록

- 실의 외곽보다는 내부의 섬유 충전밀도가 커진다.
- 실축을 따라 임의의 실단면을 가로지르는 구성섬유의 평균위치로부터의 분산은 작아진다.
- 실축을 따라 위치하는 구성섬유의 radial position 변화율이 커진다.

(2) 섬유 이주현상은 꼬임 4~5개당 1회 발생한다.

(3) 실의 중심부에 위치한 섬유는 어느정도의 방향각을 가지며 실표면으로 갈수록 방향각은 이상적인 실의 이론치보다 작아진다.

### < 참고문헌 >

- (1) W. E. Morton, Text. Res. J., **26**, 325 (1956)
- (2) G. Riding, J. Text. Inst., **55** T9 (1964).
- (3) J. W. S. Hearle et al., Text. Res. J., **35**, 329 (1965).
- (4) L. R. G. Theloar and G. Riding, J. Text. Inst., **56** T381 (1965)
- (5) J. W. S. Hearle and B. C. Goswami, Text. Res. J., **38**, 780 (1968)
- (6) B. S. Gupta and D. S. Hamby, Text. Res. J., **39**, 55 (1969)
- (7) J. W. S. Hearle, Structural Mechanics of Fibers, Yarns, and Fabric, **Vol.1**, chapter 2 and 3 (1969)
- (8) T. Komori and K. Makishima, Text. Res. J., **48**, 309 (1978)
- (9) 김영률, 허유, 류운영, 한국 섬유공학회 춘계학술발표회 논문집 p11 (1996)