

오픈 엔드 로우터 방적사의 섬유 이주거동에 관한 연구 (I)

김영률*, 허 유, 류운영

한국섬유기술연구소*, 경희대학교 공과대학 섬유공학과

1. 서 론

방적사의 물성은 실을 구성하는 섬유의 물성 뿐만 아니라 실의 구조에 따라 달라지며 실의 구조는 섬유의 배열상태와 기하학적 배치구조에 따라 결정된다. 지난 수십년 동안 재래식 시스템으로 방적된 단섬유 방적사의 구조에 대하여 폭넓은 연구가 이루어져 왔으며 링방적법에 비해 생산성을 높이기 위하여, 오픈엔드 정방, 에어젯 정방, 셀프 트위스트 정방 및 랩 정방등 많은 혁신 방적기술이 개발되었다. 이들 혁신 방적기술 가운데 오픈엔드 방적시스템의 가연기구(가연기)는 그 기술의 독특함 때문에 많은 관심을 불러 일으키고 있다. 오픈엔드 방적시스템은 기존의 링 방적시스템과는 꼬임 부가 방식이 다르기 때문에 링 방적사의 섬유배치나 정렬상태와는 다른 실이 만들어 지며 결과적으로 그 물성도 다르다. 따라서 링 방적사와는 가연기구가 다른 오픈엔드 방적사의 기하학적 구조를 측정하고 정의하는 것은 매우 중요한 일이라 하겠다. 본 연구에서는 image processing technique^(1,2)을 이용하여 오픈엔드 로우터사를 대상으로 실의 기하학적 구조를 결정하는데 있어 중요한 역할을 하고 있는 방적 공정변수이며 동시에 실의 변수인 꼬임이 실을 구성하고 있는 섬유의 이주거동⁽³⁻⁹⁾에 미치는 영향을 파악함과 동시에 구성섬유 배향밀도⁽¹⁰⁾ 변화에 미치는 영향을 규명하고 아울러 섬유 이주거동과 실의 잔털과의 관련성을 파악하고자 한다.

2. 실험

2.1 시료준비

실을 구성하고 있는 섬유의 구조를 알아보기 위하여 착색된 면섬유가 1% 혼합되어 있는 면 슬라이버로 로우터 정방기를 사용하여 로우터 속도는 일정하게 유지하면서 꼬임정도가 다른 3가지의 오픈엔드 로우터 방적사를 생산하였다. 슬라이버의 규격과 방적조건은 Table 1 및 Table 2에 보이는 바와 같다.

Table 1. Sliver Specification

Linear Density	Mean Fiber Length	Content of Black Dyed Fiber	Micronaire value
4250 Tex (360gr/6yds)	28.6 mm	1 %	4.2

Table 2. Spinning Conditions

Spinning System	Total Draft	Rotor Dia. (mm)	Roter Speed (rpm)	TM	Delivery Speed (m/min.)	Yarn Count
Rieter RU04	72.0	48	55,000	4.0	110	59 Tex (Ne 10)
				5.0	88	
				6.0	74	

2.2 추적섬유의 궤적 측정

각 시료로부터 추적섬유의 위치측정은 G. Riding의 방법⁽⁴⁾을 근거로 한 image processing technique^(1,2)을 이용하여 추적섬유의 궤적을 가시화한후 실을 구성하고 있는 추적섬유 위치를 화소수(pixel value)로 측정하였다.

2.3 구성섬유의 배향각 측정

추적섬유의 미소단위 길이를 직선으로 가정하고, 이 미소 길이요소의 방향이 실의 축방향과 이루는 각 θ_i 를 다음 식에 의거하여 구하였다. 여기서 X_i, Y_i 및 Z_i 는 추적섬유의 i 번째 궤적의 좌표이다.

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

2.4 실의 잔털 측정

실 표면의 잔털량을 Zweigle Hairiness Tester (Type G565)를 사용하여 잔털지수를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 로우터 방적사의 구조

기존의 링 방적사의 구조는 문헌에 나타나 있듯이 Fig. 1에 보이는 바와 같이 섬유배열이 잘 정렬되어 있으며 구성섬유의 이주형태(Fig. 3a)도 잘 짜여져 있는 반면에 로우터 방적사의 경우는 Fig. 2에서와 같이 섬유의 배열상태가 링 방적사 보다는 다소 불규칙하며 실의 외부층에서는 랩섬유(wrap fiber)가 존재하는 것을 볼 수 있다. 이들 섬유는 로우터가 공급통로밀을 통과할 때 완전히 꼬임이 가해진 실에 직접적으로 날아 들어간 섬유들로 이미 꼬임이 가해져 형성된 실의 주위를 감고있다. 이것이 로우터 방적사 구조의 전형적인 표면 형태적 특징중의 하나이다. 또 다른 특징의 하나는 가연(false twist) 때문에 발생하는 꼬임이 거의 없거나 아니면 반대 꼬임을 갖고있는 섬유의 얽은 층의 발생이다. 결속부위에서는 로우터의 매 회전중에 새로운 섬유들이 이미 꼬임이 잘 가해진 섬유속에 결합하게 되나 나중에 결합된 섬유에는 요구되는 꼬임수준보다 적은 일부분만이 가해지게 된다. 만약 이 적은 꼬임수준이 가연효과보다 적으면 방출튜브에서 가연이 해제되는 동안에 섬유에는 반대방향의 꼬임이 주어지며 이로 인하여 다른 섬유의 주위를 둘러싸게 된다. 로우터 방적사 내부의 구성섬유 이주형태는 Fig. 3b에서와 같이 링 방적사와 유사한 이주거동을 보이고 있으나 링 방적사에 비해 이주밀도는 다소 크다고 판단된다.

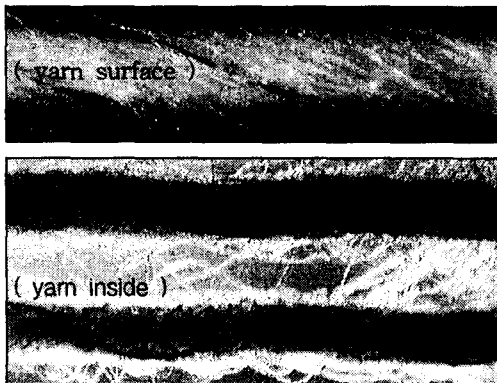


Fig. 1. Photograph of Ring spun yarn

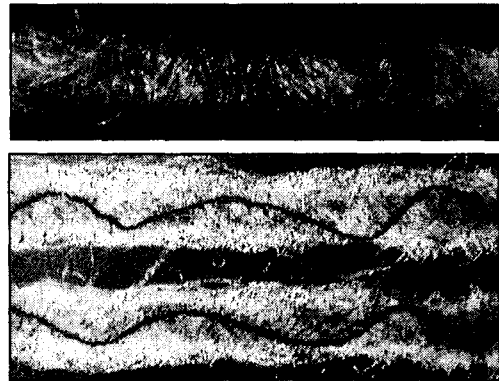


Fig. 2. Photograph of OE-Rotor yarn

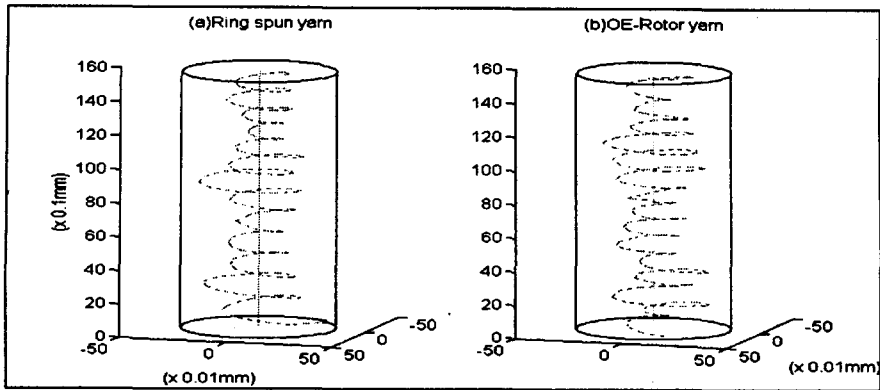


Fig. 3. Typical fiber migration pattern

3.2 꼬임이 섬유 이주거동에 미치는 영향

실험을 통하여 얻은 image data로부터 J.W.S Hearle이 제시한 이주인자를 구하는 식⁽⁵⁾에 의거, 각 인자들의 값을 구하여 이들의 평균값을 Table 3 과 Fig. 4에 각각 나타내었다. Table 3과 Fig. 4에서 보는 바와 같이 꼬임이 증가할수록 mean fiber position은 감소한 반면, migration intensity와 frequency는 증가하는 것으로 나타났으며 rms deviation은 특이할 만한 경향을 보이지 않았다. 실의 꼬임이 증가함에 따라 mean fiber position이 감소하는 것은 Fig. 5의 구성섬유 위치분포에서 보이는 것처럼 실의 내부 충전밀도가 점차 증가하는 것을 의미하는 것으로 로우터 방적사의 꼬임수준 변화에 따른 실 내부의 섬유 충전밀도는 링 방적사⁽¹¹⁾에 비해 큰 것으로 나타났다. 그러나 링 방적사의 경우 실 내부 충전밀도는 연계수 증가에 따라 거의 비례적으로 증가하는데 반하여⁽¹¹⁾ 로우터 방적사는 큰 변화를 보이지 않고 있는 것으로 분석되었다. 이것은 로우터 방적사는 링 방적사와는 달리 로우터 방적중 꼬임은 내부에서 외부로 일어나며 로우터 회전으로 인하여 실의 끝부분은 코어섬유를 가장 먼저 파지하고 그 다음 회전이 계속됨에 따라 점진적으로 실의 표면의 섬유들을 파지하게 된다. 따라서 꼬임을 피할 수 없는 내부에서는 섬유속이 더 치밀해 지는 반면에 실의 외부층은 섬유들이 꼬임을 부분적으로 받지 않는 경우가 생길 수 있기 때문에 외부로 갈수록 충전밀도가 떨어지게 된다. rms deviation은 실의 축을 따라 임의의 단면을 가로지르는 개개 섬유의 평균 위치로부터의 분산정도를 의미하는데 본 연구의 실험범위에서는 꼬임의 증가는 rms deviation에 유의할 만한 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다. 반면에 꼬임증가에 따라 migration intensity와 migration frequency가 증가하였으며 이는 꼬임이 증가할수록 구성섬유가 실의 축을 따라 위치하는 radial position 변화율이 커짐을 의미한다.

Table 3. Effect of twist on migration parameters in a OE-Rotor yarn

Migration parameters	Twist multiplier (cotton system)			Value for ideal migration
	4.0	5.0	6.0	
Mean fiber position	0.38	0.37	0.33	0.5
rms deviation	0.22	0.20	0.20	0.29
Mean migration intensity (cm ⁻¹)	4.07	4.31	4.77	-
Equivalent migration frequency (cm ⁻¹)	2.86	3.05	3.12	-

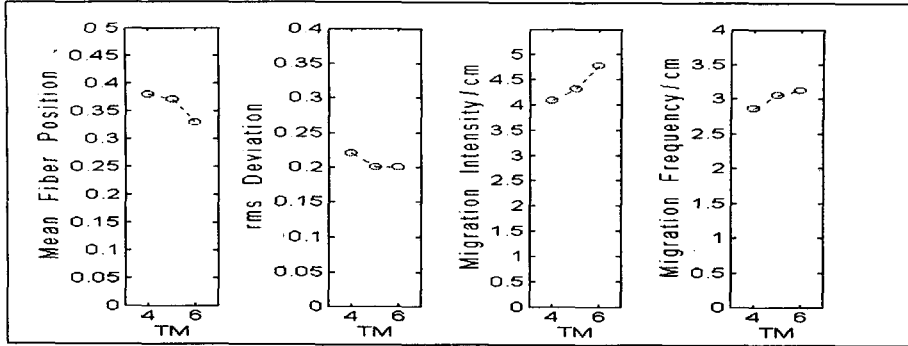


Fig. 4. Relationship between migration parameters and TM

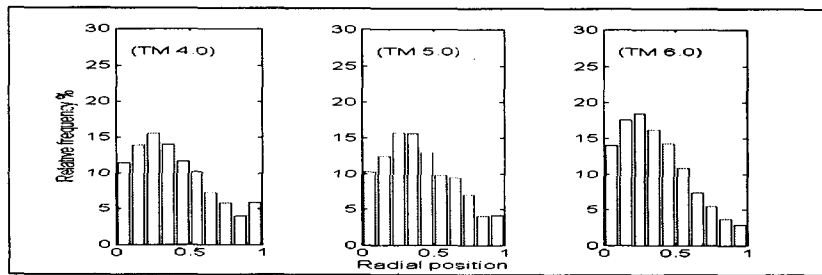


Fig. 5. Zonal distribution for individual fiber

3.3 구성섬유의 배향밀도

구성섬유의 미소길이 요소의 방향이 실의 축방향과 이루는 각인 방향각(θ)은 실의 물리적 성질에 영향을 미치는 실의 구조특성의 중요한 변수이다. Fig. 6은 연계수 변화에 따른 방향각 θ 의 분포를 보인 것이며 Table 4는 각 연계수에 따른 평균 방향각을 나타낸 것이다. 여기서 보는 바와 같이 실의 꼬임이 증가할수록 방향각의 분포형태는 크게 변하지 않지만 방향각의 평균치는 증가함을 보였다. 이런 현상은 꼬임이 migration intensity에 영향을 미치고 있음을 뒷받침해 준다. 실제 실과 이상적인 나선형 구조를 갖는 실의 helix angle을 비교해 보기 위해 실험을 통해 얻은 방향각들을 회귀분석하여 얻은 회귀직선과 이론적인 helix angle curve를 함께 연계수별로 Fig. 7에 도시하였다. 여기에서 보이는 바와 같이 이들 두 선은 radial position 0.7~1 범위에서 서로 교차하며, 나선형 구조를 갖는 이상적인 실에 있어서는 실의 중심부에 위치한 섬유들이 helical angle이 존재하지 않는다는 가정⁽⁹⁾과는 달리 실제 실에 있어서는 12°~17° 정도의 방향각을 보유하고 있다는 것을 알 수 있다. 또한 링 방적사의 경우는 실의 표면으로 갈수록 이상적인 실과 실제 방적사와의 구성섬유 방향각의 차이가 커지는 반면에⁽¹¹⁾ 로우터 방적사의 경우는 이상적인 실구조에 접근함을 보였다. 이것은 방적공정에 기인하는 구조상의 특징으로 생각할 수 있다. 아울러 꼬임이 증가할수록 구성섬유 구조의 기하적인 차이가 점차 커지는 것으로부터 꼬임이 실의 구조에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

Table 4. Mean value of orientation angle

Twist multiplier	4.0	5.0	6.0
Orientation angle, radian	0.365	0.386	0.457
(degree)	(20.9°)	(22.1°)	(26.2°)

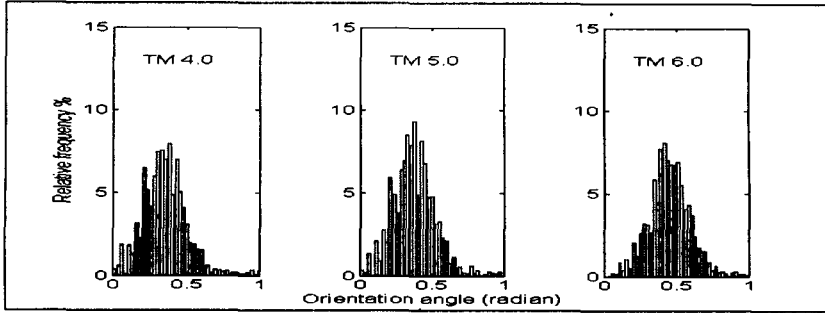


Fig. 6. Disribution of orientation angle

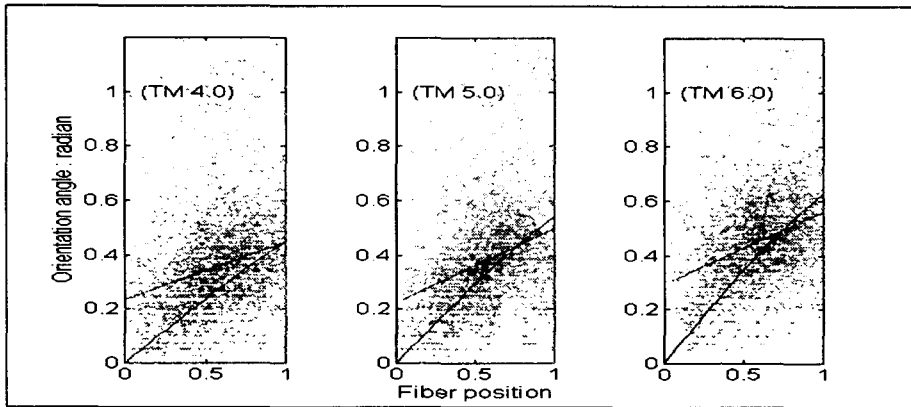


Fig.7. Experimental and theoretical orientation angles

3.4 섬유 이주거동이 실의 잔털 발생에 미치는 영향

일반적으로 오픈 엔드 로우터 방적사는 기존의 링 방적사에 비해 약 10%정도 더 bulky함에도 불구하고 실 표면의 잔털량이 적은 것은 잘 알려진 사실이다. 이것은 방적 매카니즘 차이에 의한 실 구조 차이에 기인하는 것으로 생각할 수 있다⁽¹²⁾. 본 연구에서는 로우터 방적사의 migration intensity의 변화가 실의 잔털발생 정도에 미치는 영향을 분석한 결과 Table 6 및 Fig. 8과 같은 결과를 얻었다. 여기서 보는 바와 같이 꼬임의 증가에 따른 migration intensity의 증가는 실의 잔털발생에 상당한 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 이는 구성섬유의 migration intensity가 증가할수록 실의 내부 충전 밀도가 커지는 결과에 따라 실을 구성하고 있는 섬유가 실 내부에 놓이게 되고 섬유끝단이 실표면에 위치하게 되는 확률이 적어지게 되므로써 잔털발생이 적어지기 때문인 것으로 해석할 수 있다⁽¹¹⁾.

Table 6. Effect of migration intensity on hairiness

Hairiness	Migration intensity (cm ⁻¹)		
	4.07	4.31	4.77
H-index	78.0	55.7	40.2

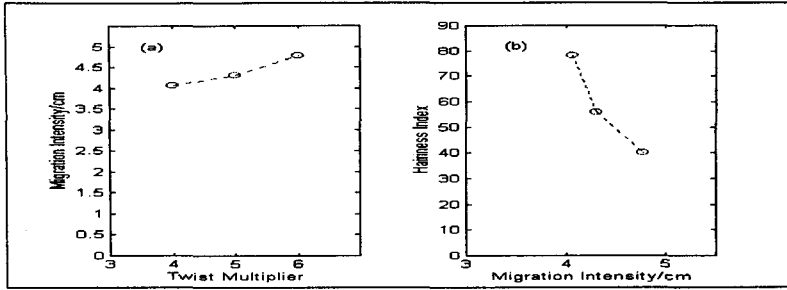


Fig. 8. Effect of TM and Intensity on hairiness

4. 결 론

본 연구에서는, 방적시 중요한 공정변수이며 또한 yarn parameter인 실의 꼬임이 로우터 방적사의 구조특성에 어떻게 영향을 미치는지를 파악하기 위하여 연계수를 3가지 조건으로 변화시켜 방적한 오픈엔드 로우터 면방적사를 대상으로 섬유 이주거동을 분석하였고 실의 물성으로서 잔털과 섬유 이주거동간의 관련성을 분석한 결과 다음의 결론을 얻었다.

- (1) 로우터 방적사 내부의 구성섬유 이주밀도는 링 방적사에 비해 크다.
- (2) 로우터 방적사의 실 내부의 섬유 충전밀도는 링 방적사에 비해 크다.
- (3) 링 방적사의 경우 실 내부의 평균 섬유위치는 연계수 증가에 따라 거의 비례적으로 증가하는데 반하여 로우터 방적사는 큰 변화를 보이지 않고 0.3~0.4 범위내에 있다.
- (4) 실의 중심부에 위치한 섬유는 평균적으로 12° ~ 17° 정도의 방향각을 가지며 실표면으로 갈수록 이상적인 실의 구조에 접근한다.
- (5) Migration intensity는 실의 구조적 요인에 의한 잔털발생에 크게 영향을 미치며, migration intensity가 커짐에 따라 실의 잔털발생은 작아진다.

< 참고문헌 >

- (1) 김영률, 허유, 류운영, 한국 섬유공학회 춘계학술발표회 논문집 p11 (1996)
- (2) Y. R. Kim, Y. Huh and W. Y. Ryu, Proceedings of the 4th Asian Textile Conference p402 (1997)
- (3) W. E. Morton, Text. Res. J., **26**, 325 (1956)
- (4) G. Riding, J. Text. Inst., **55** T9 (1964).
- (5) J. W. S. Hearle et al., Text. Res. J., **35**, 329 (1965).
- (6) L. R. G. Theloar and G. Riding, J. Text. Inst., **56** T381 (1965)
- (7) J. W. S. Hearle and B. C. Goswami, Text. Res. J., **38**, 780 (1968)
- (8) B. S. Gupta and D. S. Hamby, Text. Res. J., **39**, 55 (1969)
- (9) J. W. S. Hearle, Structural Mechanics of Fibers, Yarns, and Fabric, **Vol.1**, chapter 2 and 3 (1969)
- (10) T. Komori and K. Makishima, Text. Res. J., **48**, 309 (1978)
- (11) Y. R. Kim, Y. Huh and W. Y. Ryu, Proceedings of the 4th Asian Textile Conference p410 (1997)
- (12) A. Barella, Text. Prog., **24**, No.3 (1993)