

〈研究論文(學術)〉

링 정방공정에서 단사제조에 의한 공정특성 분석

이춘길 · 오봉효* · 박성득*

경일대학교 공과대학 섬유공학과

*섬유기능대학 섬유생산기술학과

(1997년 6월 18일 접수)

Analysis of Process Characteristics by Single Yarn Production in Ring Spinning

Choon Gil Lee, Bong Hyo Oh*, Sung Diuk Park*

Dept. of Textile Eng., College of Eng., Kyungil Univ., Kyungsan, Korea

**Dept. of Textile Production, Textile Polytechnic College, Taegu, Korea*

(Received June 18, 1997)

Abstract—In the single yarn spinning process by the ring spinning system, the finer the fineness of yarn and the lower the twist coefficient, the lower the breaking strength and breaking elongation. The change of yarn specific volume to yarn number agreed with Peirce's formula in the range of Ne 50 to 70, but above that range the values of the experiment are higher than that of the formula. The change of diameter of yarn to the reciprocal of the square root of yarn number agreed with Peirce's formula in the range of under 0.14, but above that value the values of the experiment are higher than that of the formula.

In breaking strength variation according to twist constant of single yarn, as the twist coefficient increased, breaking strength increased. At 5.8~6.0 of twist coefficient the maximum breaking strength was shown, but above that value breaking strength decreased. Breaking elongation also showed a similar tendency. But at 6.0~6.5 of twist coefficient the maximum breaking elongation was shown. Also spinning tension increased as twist coefficient increased.

Twist coefficient, breaking strength and breaking elongation according to the number of coils stayed almost the same. Yarn spinning tension according to the number of coils at the maximum of diameter was the lowest value. The speed of the traveller at the maximum of diameter was the highest value.

1. 서 론

섬유소재가 처음 등장한 이래, 단섬유에 의한 방적사를 제조하기 위하여서는 꼬임을 주어 필요한

강력과 기타의 물리적 특성을 부여하였다. 초기의 단섬유방적 방식에서는 고정된 delivery system에 대하여 상대적으로 회전하는 package를 통하여 꼬임을 부여하였다. 이 방식의 delivery system에서

는 이미 완성되어 있는 실에 섬유가닥이 공급되는 형태를 취하였다. 여기서 package는 권취기능은 없으나 꼬임을 주기 위하여 회전을 하지만, 적당한 가연이 이루어지면 실은 package에 감기게 되어있다.

방적방식이 기계화된 이후 링정방이 정방 system의 주류를 이루게 되면서 auto doffing과 super high draft 등의 기술이 발전하기에 이르렀다. 그러나 원사 패키지를 1회전시켜야 1회의 꼬임이 부여된다는 조건 때문에 생산성을 증대시키는데는 커다란 장애요소가 되었다. 링정방은 위와 같은 문제점에 대하여 많은 연구를 하였으나 그 시스템의 한계성을 극복하지는 못하였다. 그러나 생산제품의 품질이 우수하여 현재도 고급세사를 생산하기 위하여 현장에서 가장 많이 사용하고 있다.

링 방적법은 19세기말부터 시작되어 대략 1세기에 걸쳐서 많은 사람들의 손을 거쳐 여러 가지가 개발되어 지금은 거의 완성 단계에 이를 느낌을 주고 있다. 그러나 오픈 엔드 방적법을 비롯한 겉속 방적법 등 소위 말하는 혁신 방적법의 도입으로 링 정방방식에 비해 놀랄만한 생산성의 향상을 가져왔다. 그러나 그 실용성은 전세계 설비의 10% 이하에 지나지 않아 아직도 링 방적법이 태번수로부터 극세번수까지 광범위하게 사용되고 있음을 말해주고 있다. 더구나 원료를 가리지 않고 우수한 실을 방출할 수 있다는 장점과 강력, 촉감 등이 혁신방적법보다 우수하여 방적방식 중 주류를 이루고 있는 실정이다. 또한 최근 주변 기계의 발달 및 전자기계의 영향으로 고속화와 자동화가 설비가 추가되어 링 방적법이 오히려 증가하는 추세에 이르게 되었다. 본 연구에서는 링정방 공정에서에서 단사의 변수와 꼬임상수 및 여러 인자들이 강력과 강신도 등에 미치는 영향을 연구하여 공정특성을 분석하였다.

2. 실험

2.1 실험재료

본 연구에서 사용한 섬유집합체인 로빙은 현재 국내 면방적 공정에서 생산되고 있는 것으로, 로빙을 구성하는 원변특성 및 로빙의 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of fiber assembly

Raw cotton grade	Low Middling
Mean fiber length(in)	1 $\frac{31}{32}$
Micronaire of raw cotton($\mu\text{g/in}$)	3.3
Evenness of roving(U%)	5.2
Hank number of roving	0.93
Roving twist(TPI)	1.1

2.2 실험장치

본 실험에서는 일반 생산공장의 정방기와 동일한 성능을 가진 Toyoda RY-200 링정방기를 사용하여 방적사를 제조하였다.

2.3 실험방법

2.3.1 가동실험

링 정방기의 가동 실험을 통하여 장력 변화를 측정하며 생산된 제품의 물리적 특성 평가를 통해 공정인자의 영향을 분석하였다. 방적조건은 다음과 같다.

링 방적사 Ne 18 및 Ne 26를 제조함에 있어서 인계수(TM)에 따른 꼬임기어의 잇수는 다음의 Table 2와 같이 하였다.

Table 2. Number of teeth of twist change gear

Twist multiplier	3.68	4.78	5.39	5.97	7.03	8.20
Number of teeth	65	50	44	40	34	29

2.3.2 강신도 시험

Uster(스위스제) 자동인장 강신도시험기, Model Tensorapid III을 이용하여 실의 강신도를 측정하였다. 20회 시험하여 평균치를 산출하였다.

2.3.3 장력 측정

실의 장력 측정은 시장력 측정기, Nakaasa Sokki (Japan)제를 사용하여 사중 증감에 따른 실의 장력 변화를 측정하였다.

2.3.4 트레블러 회전수 측정

Suwara(Japan)사에서 제작한 스트로보스코프

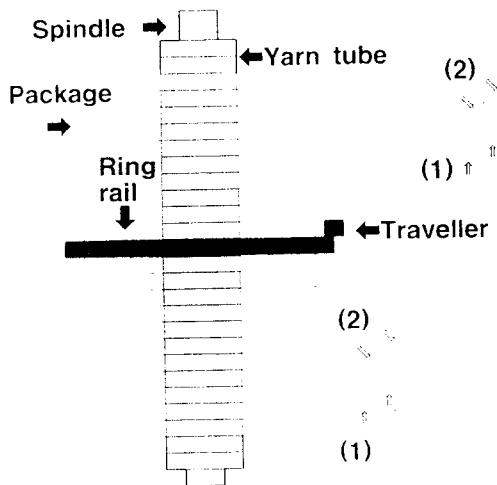
(stroboscope), Model DS-4A를 사용하여 트래블러의 회전수를 측정하였다.

2.3.5 전자현미경

Hitachi사의 전자현미경 Model S-4100을 사용하여 방적사의 단면을 촬영하였으며 배율은 100배로 하였다. 그 결과를 통하여 실의 지름과 비체적을 구하였다.

2.3.6 링 레일의 상하운동에 따른 코일수

Fig. 1은 링 레일의 상하운동을 보인 것으로 이에 따른 코일수는 하강코일이 1~15코일이며 상승코일이 16~45코일이다.



- (1) Ascending of ring rail(16~45 coils)
- (2) Descending of ring rail(1~15 coils)

Fig. 1 Schematic diagram of ring rail movement.

3. 결과 및 고찰

3.1 단사의 번수가 공정 특성에 미치는 영향

3.1.1 단사의 번수에 따른 강력의 변화

Fig. 2는 단사의 번수에 따른 강력의 변화를 나타낸 것으로 꼬임상수를 4.78 및 5.39로 한 경우에 대해 각각 그 변화를 서로 비교한 그림이다. 이 그림에서 실이 세번수일수록 강력이 저하됨을 알 수 있고, 또 꼬임상수가 4.78인 경우가 5.39인 경우보다 강력이

더 낮음을 알 수 있다.

이 그림에서 강력의 감소는 꼬임상수와 관계없이 상당히 유사한 경향을 보이고 있음을 알 수 있다. 그러나 꼬임상수가 작은 경우에는 충분한 응집력이 섬유간에 주어지지 못하여 강력이 감소하였고, 번수가 커질수록 방적사를 구성하는 섬유의 울수가 감소하므로 꼬임상수가 일정한 경우 강력이 감소하였다.

S를 강력(breaking strength, gf)이라 하고 N을 영국식 면사번수(Ne : English cotton count)라 하면 이 그래프의 3차 회귀식은 꼬임상수가 4.78인 경우 다음의 (1)식과 같이 주어진다.

$$S = -4.845 \times 10^{-4} N^3 + 0.122 N^2 - 11.2 N + 444.2 \quad (1)$$

한편, 꼬임상수가 5.39인 경우에는 다음의 (2)식과 같이 주어진다.

$$S = +9.945 \times 10^{-4} N^3 + 0.0225 N^2 - 18.4 N + 662.8 \quad (2)$$

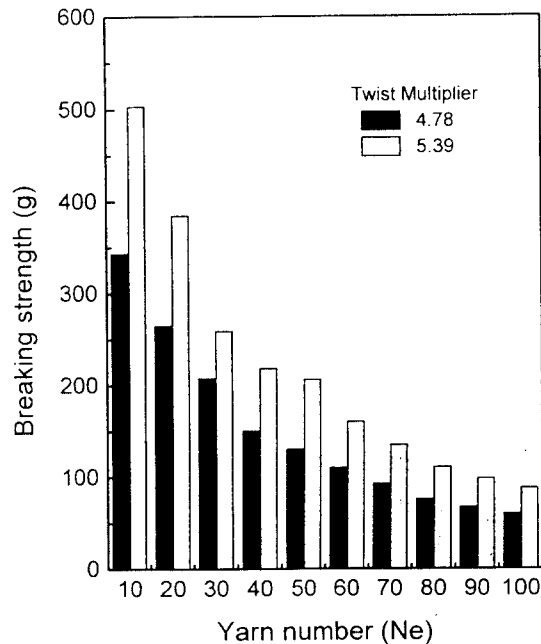


Fig. 2 Effect of yarn number on yarn breaking strength.

3.1.2 단사의 번수에 따른 절단신도의 변화

Fig. 3은 단사의 번수에 따른 절단신도의 변화를 나타낸 것이다. 꼬임상수는 4.78 및 5.39로 하였으며, 각각에 대하여 실의 번수의 영향을 서로 비교하였다.

절단신도는 실의 굵기가 가늘수록 즉, 세번수일수록 감소함을 보이고 있다. 이는 세번수일수록 섬유간의 응집효과가 더 커져 실의 비체적이 작아졌기 때문으로 사료된다. 3.1.3에서 이에 대해 더 고찰하기로 한다. E를 절단신도(breaking elongation)라 하고 N을 영국식 면사번수(Ne)라 하면, Fig. 3에서 꼬임상수가 4.78인 경우의 3차 회귀식은 다음의 (3) 식과 같이 주어진다.

$$E = +1.38889 \times 10^{-6} N^3 + 6.7879 N^2 - 9.77 N + 7.24 \quad (3)$$

꼬임상수가 5.39인 경우의 회귀식은 다음의 (4) 식과 같이 주어진다.

$$E = 4.75136 \times 10^{-6} N^3 + 13.3473 N^2 - 13.90 N + 8.56 \quad (4)$$

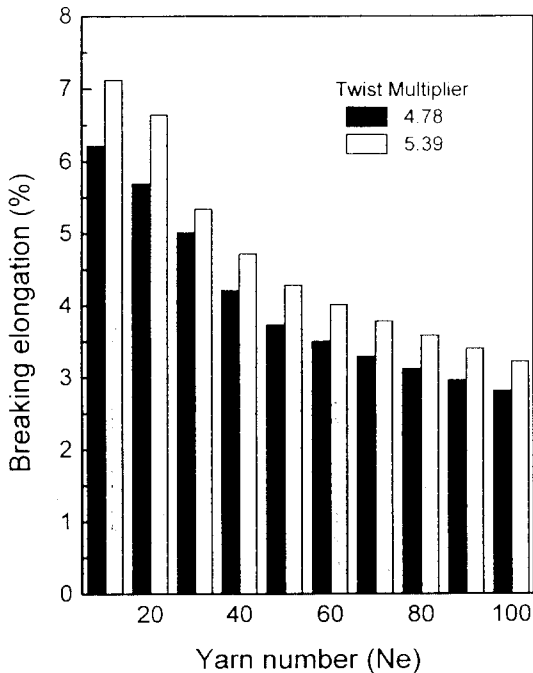


Fig. 3 Effect of yarn number on yarn breaking elongation.

3.1.3 단사의 번수가 비체적에 미치는 영향

Fig. 4는 단사의 번수에 따른 비체적의 변화를 나타낸 것이다. 단사의 비체적은 전자현미경 사진을 이용하여 얻은 실의 지름을 이용하여 구하였다. Peirce는 방적사의 지름을 구하는 공식에서 비체적을 1.1로 두었으나, 본 실험 결과에서는 번수가 Ne 40 이하인 경우 실험치가 그보다 더 높은 값을 보였다.

Ne 50~70 사이에서 Peirce의 공식과 잘 일치하였으나 Ne 80 이상에서는 실험치가 오히려 낮았다.

이 실험에서 보여주듯이 단사의 비체적은 번수의 변화에 영향을 받으며 이로 말미암아 단사의 물성이 변화함을 알 수 있다. 3.1.2에서 단사의 번수에 따른 절단신도의 변화도 이러한 영향을 받은 결과로 보여진다. 따라서 단사의 물성을 연구함에 있어서 단사의 번수에 따른 비체적의 변화를 고려하여야 함을 말해주는 것이다.

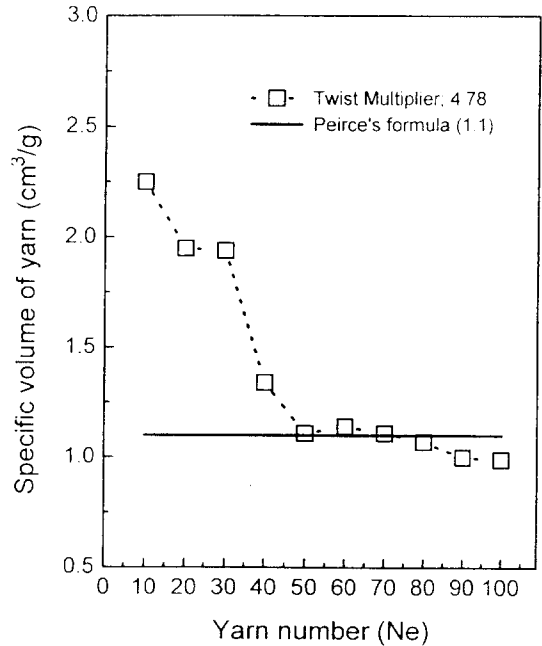


Fig. 4 Relation between yarn number and specific volume of yarn.

3.1.4 번수의 제곱근의 역수와 실의 지름과의 관계

Fig. 5는 항증식인 영국식 면사번수에 대한 제곱근의 역수와 전자현미경 사진을 이용하여 구한 실의 지름과의 관계를 나타낸 그림이다. 이 그림에서 실험치와 Peirce의 방적사 지름 구하는 식을 비교하였다. 이 그림에서 제곱근의 역수가 0.14 이하인 경우에는 Peirce의 식과 실험치가 잘 일치함을 보여주고 있다. 그러나 제곱근의 역수가 0.15 이상일 경우에는 그 값이 증가할수록 실험치가 더 커짐을 알 수 있다. 이처럼 실험치가 더 큰 이유는 단사의 번수가 작아짐에 따라 비체적이 증가한 Fig. 4의 결과임을 보인 것이다.

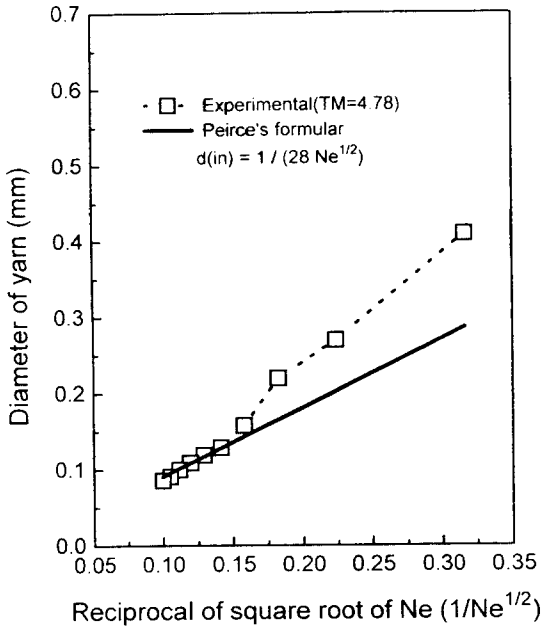


Fig. 5 Relation between reciprocal of the square root of yarn number and diameter of yarn.

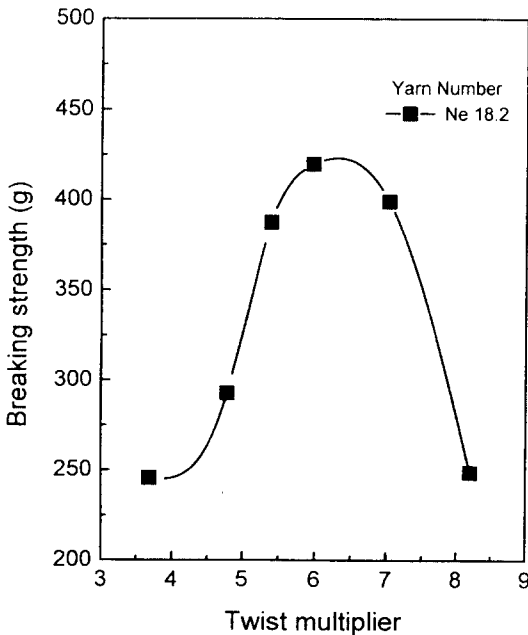


Fig. 6 Effect of twist multiplier on yarn breaking strength.

3.2 단사의 꼬임 상수가 공정특성에 미치는 영향

3.2.1 단사의 꼬임상수에 따른 강신도의 변화

Fig. 6은 단사의 꼬임상수의 증가에 대한 강력의 변화를 나타낸 것이다. 단사의 변수는 Ne 18.2로 하였다. 이 그림에서 일정범위까지는 꼬임상수가 커짐에 따라 강력도 증가하며, 꼬임상수가 5.8~6.0 범위일 때에 최대의 강력을 나타내고 있다. 그러나 그 범위 이상에서는 강력이 오히려 감소하는 현상을 보여주고 있다.

이는 이 그림에서 강력이 증가하는 범위에서는 응집력의 효과가 지배적이고 감소하는 범위에서는 실축에 대한 섬유축의 기울기가 증가함에 따른 섬유유의 강력에 대한 기여도의 감소가 지배적이기 때문이다.

S를 강력(breaking strength, gf)이라 하고 TM을 영국식 면사변수식 꼬임상수(twist multiplier)라 하면, 3차 회귀식(order=3)은 다음의 (5)식과 같이 주어진다.

$$S = +10.247TM^3 + 150.5853TM^2 - 650.919TM + 110.7389 \quad (5)$$

4차 회귀식(order=4)은 다음의 (6)식과 같이 주어진다.

$$S = +6.9262789TM^4 - 174.93811TM^3 + 4580.7348TM^2 - 6014.55TM + 8419.83 \quad (6)$$

Fig. 7은 단사의 꼬임상수의 증가에 대한 절단신도의 변화를 나타낸 것이다. 단사의 변수는 Ne 18.2로 하였다. 이 그림에서 일정범위까지는 꼬임상수가 커짐에 따라 절단신도도 증가하며, 꼬임상수가 6.0~6.5 범위일 때에 최대의 절단신도를 나타내고 있다. 그러나 그 범위 이상에서는 절단신도가 오히려 감소하는 현상을 보여주고 있다.

E를 절단신도(breaking elongation)라 하고 TM을 영국식 면사변수식 꼬임상수(twist multiplier)라 하면, 3차 회귀식(order=3)은 다음의 (7)식과 같이 주어진다.

$$E = +0.095726814TM^3 + 1.0683067TM^2 - 1.7928054TM + 0.5304143 \quad (7)$$

4차 회귀식(order=4)은 다음의 (8)식과 같이 주어진다.

$$E = 0.0090347113TM^4 - 0.31055128TM^3 + 2.9338088TM^2 - 8.7891849TM + 10.068845 \quad (8)$$

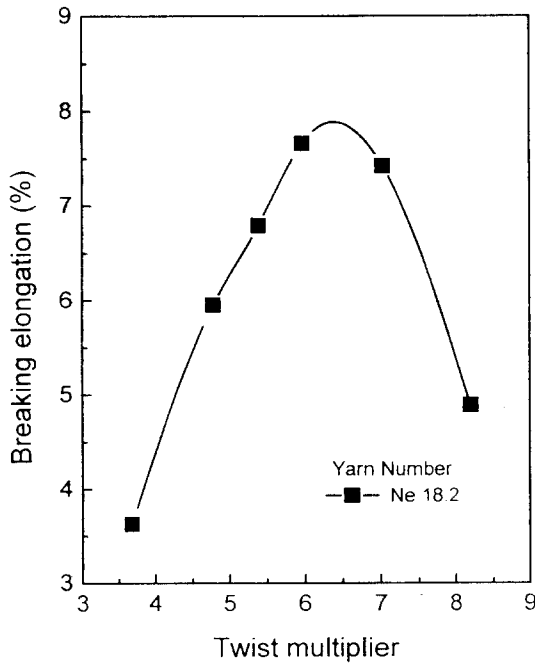


Fig. 7 Effect of twist multiplier on yarn breaking elongation.

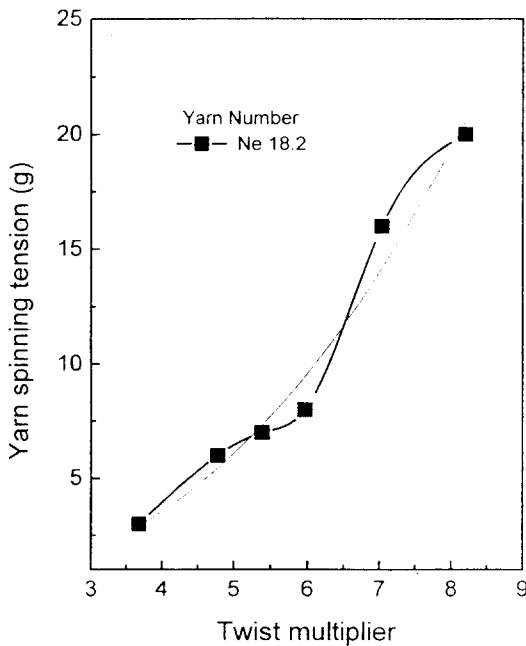


Fig. 8 Effect of twist multiplier on yarn spinning tension for a yarn number of Ne 18.2.

3.2.2 단사의 꼬임상수에 따른 방적장력의 변화

Fig. 8은 단사의 꼬임상수에 따른 방적장력의 변화를 나타낸 것이다. 단사의 방출변수는 Ne 18.2였다. 이 그림에서 꼬임상수가 4.0~6.0의 범위에서는 장력이 서서히 증가함을 보여주고 있다. 그러나 그 이상의 범위에서는 급격하게 상승함을 보여주고 있다. 이는 꼬임상수의 증가에 따른 꼬임수의 증가에 기인한 것으로, 프런트 롤의 공급속도에 대한 스핀들의 회전의 비가 증가함으로 공급속도에 대한 트래블러의 회전비가 커져서 장력이 증가한 것이다.

T를 단사의 방적장력(yarn spinning tension, gf)이라 하고 TM을 영국식 면사변수식 꼬임상수(twist multiplier)라 하면, 꼬임상수의 증가에 대한 방적장력의 변화를 1차 회귀식(linear regression)으로 표시하면 다음의 (9)식과 같다.

$$T = 3.9TM - 13.0 \tag{9}$$

이를 2차 회귀식으로 표시하면 다음의 (10)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$T = 0.47TM^2 - 1.72TM + 2.85 \tag{10}$$

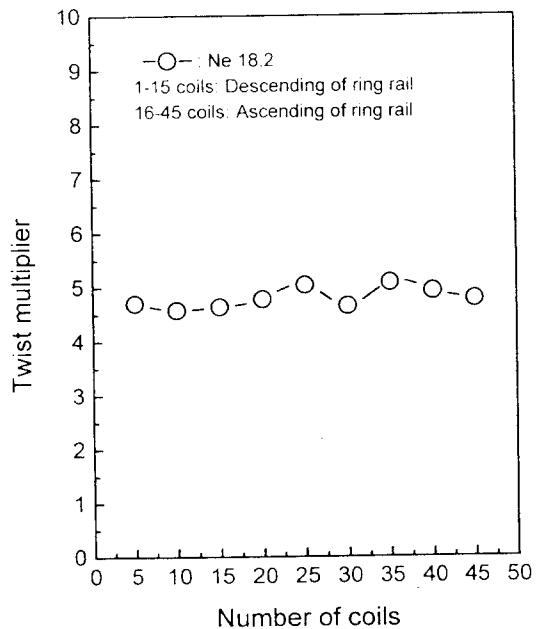


Fig. 9 Relation between number of yarn coils and twist multiplier for a yarn number of Ne 18.2.

3.3 권취 코일수의 변화가 공정 특성에 미치는 영향

3.3.1 권취 코일에 따른 꼬임상수의 변화

Fig. 9는 코일수에 따른 꼬임상수의 변화를 나타낸 것이다. 이 그림에서 보듯이 꼬임상수는 코일수에 그다지 영향을 받지 않음을 알 수 있다.

여기에서 1~15 코일은 링 레일이 하강하는 경우이고, 16~45 코일은 링 레일이 상승하는 경우이다. 따라서 링 레일의 상승과 하강에 관계없이 꼬임상수는 거의 일정한 값을 유지한다고 말할 수 있다.

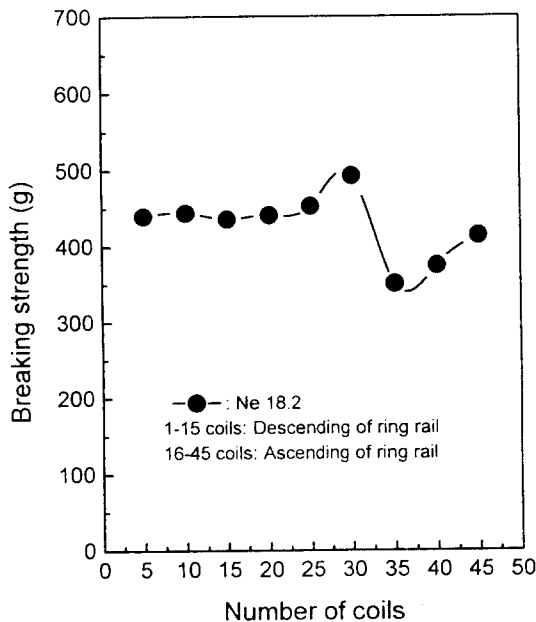


Fig. 10 Relation between number of yarn coils and breaking strength for a twist multiplier of 4.78.

3.3.2 권취 코일수에 따른 강력의 변화

Fig. 10은 권취 코일수에 따른 강력의 변화를 보여준 그림이다. 이 그림에서 코일수에 대한 강력의 변동은 코일수에 그다지 영향을 받지 않는다고 말할 수 있다. 1~15 코일은 링 레일이 하강하는 경우이고, 16~45 코일은 링 레일이 상승하는 경우이므로, 링 레일의 상승과 하강에 큰 영향이 없이 거의 일정한 강력을 갖고 있음을 알 수 있다. 이러한 현상은 권취 코일수에 따라 꼬임상수의 변화가 크지 않음을 보

여준 Fig. 9의 결과에 따라 강력도 큰 변화를 받지 않았음을 말해 준 것으로 설명할 수 있다.

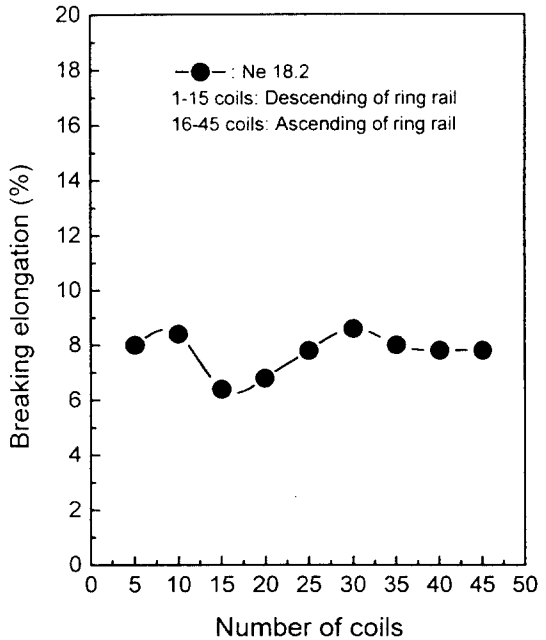


Fig. 11 Relation between number of yarn coils and breaking elongation for a twist multiplier of 4.78.

3.3.3 권취 코일수에 따른 절단신도의 변화

Fig. 11은 권취 코일수에 따른 절단신도의 변화를 나타낸 것으로 코일수의 변화에 따라 절단신도는 큰 변화가 없다. 이는 권취 코일수에 따라 꼬임상수의 변화가 크지 않음을 보여준 Fig. 9의 결과에 따라, 강력의 변화와 마찬가지로, 링 레일의 상승과 하강에 관계없이 거의 일정한 절단신도를 갖고 있음을 보여주는 것이다.

3.3.4 권취 코일수에 따른 방적 장력의 변화

Fig. 12는 권취 코일수에 따른 장력의 변화를 나타낸 것이다. 이 그림에서 코일수가 1에서 15로 갈수록 장력이 급격히 감소하다가 코일수가 15일 때 가장 적은 값을 보여주고 있다. 또한 코일수가 15에서 45로 갈수록 장력이 급격하게 증가함을 보여주고 있다.

이와 같이 장력이 감소하다가 증가한 이유는 링

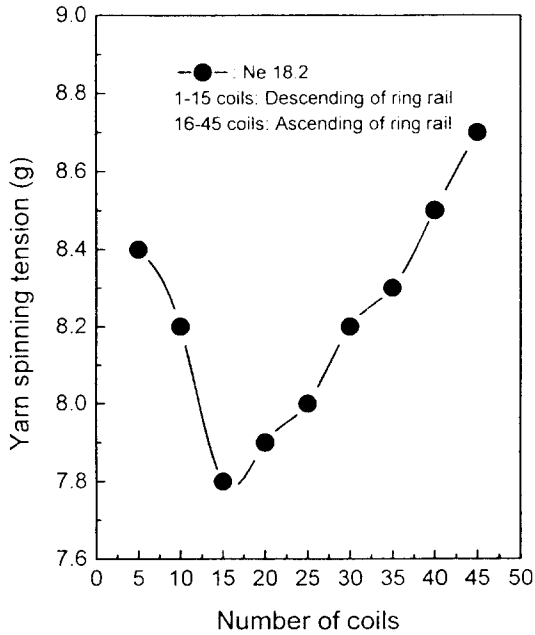


Fig. 12 Relation between number of yarn coils and yarn spinning tension for a twist multiplier of 4.78.

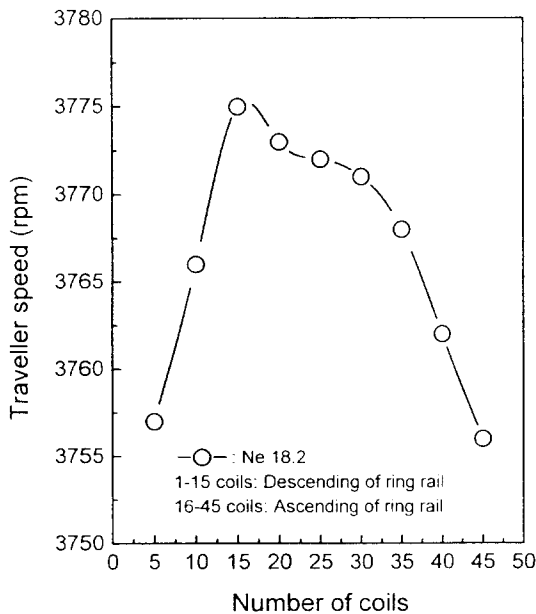


Fig. 13 Relation between number of yarn coils and traveller speed for a twist multiplier of 4.78.

레일의 하강구간에서는 코일수 1에서 15로 갈수록 권취반경이 커지고 트래블러의 속도가 빨라지는 경우이므로 장력이 감소한 것이며, 코일수 15에서 코일수 45로 갈수록 권취반경이 작아지고 트래블러의 속도가 느려지는 경우이므로 장력이 증가한 것이다.

3.3.5 권취 코일수에 따른 트래블러 회전수 변화

Fig. 13은 권취 코일수에 따른 트래블러의 회전수 변화를 나타낸 것으로, 코일수가 15일 때 트래블러 속도가 최고이며 코일수 15 전후로 속도가 감소함을 보여주고 있다. 그 이유는 코일수가 15일 때 3.3.4에서 밝혔듯이 링레일이 최하단 상태이고 이때 링레일의 위치는 사층의 직경이 제일 큰 상태에 도달한 부분에 위치할 것으로 이때 일정한 길이의 단사를 권취하기 위해 트래블러의 회전수가 최대로 빠르게 된 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 링 정방공정에 의한 방출단사의 변수와 꼬임상수 그리고 코일수 등의 여러 인자들이 장력과 강신도 등의 방적특성에 미치는 영향을 알아내기 위한 목적으로 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 링 정방공정을 이용하여 방직한 단사는 실의 굵기가 가는 세 번수일수록 그리고 꼬임상수가 적을수록 장력이 저하되며 신도 또한 현저하게 감소하였다. 실의 변수에 대한 비체적의 변화는 Ne 50~70의 범위에서는 Peirce의 공식과 잘 일치하나 그 범위보다 낮은 영역에서는 실험치가 더 크며 높은 영역에서는 오히려 작았다. 변수의 계곡관의 역수와 지름과의 관계는 그 값이 0.14 이하인 경우에는 Peirce의 공식과 잘 일치하였으나 그 이상의 범위에서는 실험치가 더 큰 값을 나타내었다.

2. 단사의 꼬임상수가 키짐에 따라 장력은 증가하나, 꼬임상수가 5.8~6.0에서 최대 장력을 나타내다가 그 이상에서는 오히려 장력이 저하하였다. 또한 꼬임상수가 증가함에 따라 신도도 유사한 경향을 보였으나 꼬임상수가 6.0~6.5일 때 최대의 신도를 나타내었다. 방직장력은 꼬임상수가 커짐에 따라 증가하였다.

3. 권취 코일수에 따라 꼬임상수와 강력 및 절단 신도 등은 대체로 큰 변화가 없었으나, 코일수에 따른 강력 변화는 사층의 직경이 최대일 때 가장 작으며, 트래블러의 속도는 그와 반대현상을 나타내었다.

참 고 문 헌

1. J. W. S. Hearle, and V. B. Merchant, *J. Textile Inst.*, 53, T537(1962).
2. B. S. Gupta, *Text. Res. J.*, 40, 15-24(1970).
3. J. W. S. Hearle, P. R. Lord, *Text. Res. J.*, 650-616(1972).
4. K. P. R. Pillay, *Textile Res. J.*, 45, 493-499 (1975).
5. J. W. S. Hearle and W. E. Morton, "Physical properties of textile Fibers", The Textile Inst., London, 314(1975).
6. A. K. Gupta, K. Ganesh, and T. A. Subramanian, *Text. Res. J.*, 47, 464-470(1977).
7. J. J. Thwaites, *J. Textile Inst.*, 9, 276(1978).
8. J. W. S. Hearle and S. R. Beech, *J. Textile Inst.*, 5, 225(1980).
9. D. Y. Cho, C. H. Park, and J. I. Raw, *J. Korean Soc. Text. Eng. Chem.*, 24, 639(1987).
10. Y. E. El-Mogahzy, *Text. Res. J.*, 58, 392(1988).
11. W. Y. Ryu, J. K. Lee and J. L. Woo, *J. Korean Fiber Soc.*, 27, 35(1990).
12. D. R. Lee and T. Matsuo, *J. Korean Fiber Soc.*, 31, 537(1994).
13. Y. E. El-Mogohzy and Y. Gowayed, *Text. Res. J.*, 65, 32(1995).
14. Y. E. El-Mogohzy and Y. Gowayed, *Text. Res. J.*, 65, 75(1995).
15. 이춘길, "방적공정", 제1장, 제5장, 동명사(1996).