

〈研究論文(學術)〉

Solo-spun 방적에서 섬유의 거동과 사의 물리적 성질(1)

¹박수현 · 김승진*

섬유패션기능대학
*영남대학교 섬유패션학부
(2001년 6월 1일 접수)

The Fiber Behavior in Yarn Formation and the Physical Properties of Solo-spun Yarn(1)

¹Soo Hyun Park and Seung Jin Kim*

Department of Textile Development, Korea Textiles and Fashion Institute
*School of Textiles and Fashion, Yeungnam University, Kyeongsan, Korea

(Received June 1, 2001)

Abstract—This study surveys the fiber behavior in yarn formation and the physical properties of Solo-spun yarn. The specimens were made by six types of Solo-spun rollers with fixed twist multiplier. The physical properties such as yarn count, evenness, strength, and breaking elongation of these yarns were compared with the properties of ring spun yarns and analysed with the mechanism of Solo-spun yarn formation. The grooves on the surface of Solo-spun roller divide the web and interfere the twist propagation. These phenomena cause the uneven draft and the fly of fiber, so the Solo-spun yarn becomes finer than ring-spun yarn and the yarn breaking strength and elongation deteriorate, but these demerits can be improved with rounding the protruded edge of Solo-spun roller grooves.

1. 서 론

솔로 스펀(Solo-spun)방적법은 The Wool Mark Company가 개발하여, 1997년 국내 산업계에 보급하기 시작하였다. 당시에는 Weavable Single Twist Yarn이라 불렀으나, 1999년 파리의 ITMA에서는 솔로 스펀으로 소개하였다. 소모사의 내마모성을 획기적으로 감소시켜서 링 방적사를 바로 제직에 사용할 수 있으며, 그 방적법도 일반적으로 사용하고 있는 링 정방기를 간단히 개조할 수 있고, 한 추에 한 가닥의 로빙을 공급하여 한 가닥

의 단사만 방출하므로 소모 방적업계에 큰 관심을 불러 일으켰다¹⁾.

솔로 스펀 방적은 Fig. 1과 같이 링 정방기의 프론트 보텀 롤러에 Fig. 2와 같은 형상의 솔로 스펀 롤러를 부착시켜서 방적한다.

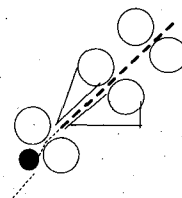


Fig. 1. The position of Solo-spun roller on ring spinning frame.

¹Corresponding author. Tel.: +82-53-589-2098; Fax.: +82-53-584-2098; e-mail: suheon@mail1.tpc.ac.kr

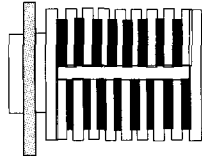


Fig. 2. The front view of Solo-spun roller.

솔로 스펀 방적법에서 솔로 스펀 롤러에 있는 많은 홈은 트라벨러에 의한 꼬임이 프론트 롤러 낚 포인트까지 전파되는 것을 방해하고, 연신된 섬유를 보다 가는 섬유 가닥들로 나눈다. 나누어진 섬유 가닥들은 위치별로 다른 꼬임에 의하여 다양한 각도와 비율로 뭉쳐진 구조가 된다. 가는 섬유가닥들은 섬유 군내 및 군간에서 이웃 섬유가닥에 붙거나 이동하여서 섬유들이 포집되기 때문에 큰 안정성을 갖게된다. 롤러는 정전기 방지 부가제를 혼합한 고무화된 플라스틱으로 만들어 졌다.^{2,3)}

소모 방적법에서 단사를 경사용으로 사용할 수 있는 것으로는 사이로 스펀(Siro-spun)법도 있는데, 솔로 스펀이 솔로 스펀 롤러에 의해 여러 가닥으로 나누어진 후 합쳐져서 실을 형성하는 데 비하여 사이로 스펀법은 정방기의 프론트 롤러로부터 방출되는 두 가닥의 섬유가닥이 합쳐져서 실을 형성하므로 프론트 롤러 이후에 섬유가닥들이 합쳐져서 실을 형성한다는 면에서 유사한 면이 있다. 한편, 사이로 스펀의 장치와 실의 구조와 성질을 조사한 결과는 다음과 같다.

사이로 스펀법은 일반 링 정방기에서 한 개의 스펀들에 두 가닥의 로빙이 공급되도록 크릴을 개조하고, 리세스(recess) 롤러의 홈은 섬유가 미끄러지며 드래프트되도록 폭 25 mm, 깊이 1 mm로 개조해야 하며, 두 개의 공급 가이드, 섬유 속의 간격을 정해주는 중앙 로빙 가이드, 연신 지역 내 새로운 두 열의 콘덴서와 B.O.D. (break out device) 등을 설치하여야 한다⁴⁾.

Nigel⁵⁾에 의하면 사이로 스펀 실의 구조는 i) 프론트 롤러 낚에서 나온 두 가닥의 섬유 속은 합쳐져서 단사 형태의 둥근 단면을 가지지만, 각각의 영역이 있으며, 부분적으로 합사같은 단면 형태도 있고, 표면 섬유만이 다른 섬유 속의 표면으로 미끄러진 경우도 있다. ii) 섬유 결속 밀도는 실의 길이 방향에 따라 변한다. 이는 두 가닥간의 결속 밀도가 다르거나, 결속 밀도가 방사형 분포(radial distribution)를 하기 때문이거나, 섬유속(strand) 및 합쳐진 실의 연수와 결속 밀도간의 상호 관계 때문이다. iii) 실의 모우를 감소시키는 섬

유 결속이 있다. iv) 개개 섬유들은 각 섬유속 내에서 연속적으로 방사(radical)방향으로 이동하며, 때로는 집단적인 이동을 한다. 이 거동은 섬유 결속 형성에 영향을 준다.

Dinkelmann⁶⁾에 의하면 사이로 스펀 실의 형성 원리는 두 가닥의 실이 합쳐지는 지점에서 두 가닥은 각을 이루며 합쳐진 실이 꼬일 때 각 가닥에는 나선형 변형이 일어나며, 이 때 굽힘 모멘트와 꼬임 모멘트가 생기고, 모멘트는 인장장력과 권취 직경의 함수이며, 실의 축에 대하여 평형을 이룬다고 하였고, Plate⁷⁾는 Fig. 3과 같은 평형상태에서 굽힘 모멘트가 무시될 때 힘의 평형관계식을 표현하였다.

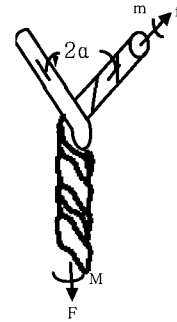


Fig. 3. The equivalent state of tension and torque in Siro-spinning

$$f = F / (2 \cos \alpha), \quad m = (M - F R \tan \alpha) / (2 \cos \alpha)$$

where, F, M: yarn tension and elastic torque

f, m: strand tension and elastic torque

2α : angle between the two strands

R: the yarn diameter

Plate⁸⁾는 섬유가닥 꼬임이 실에 내마모성을 갖게 하며, 합연되는 지점에서의 꼬임 평형은 신밀도와 방적시 장력의 변화와 같은 자연 인자들에 의한 꼬임 분포로 이루어진다고 했는데, 이는 CSIRO의 발표⁴⁾와도 같다.

Miao 등⁹⁾도 소모 방적에 사용되고 있는 사이로 스펀 방적법을 면방적에 적용하기 위한 연구에서 연신된 두 개의 섬유가닥이 꼬임을 가짐을 사진으로 확인하였다. Plate⁴⁾는 낚 라인에서 나온 두 개의 섬유가닥들에 있는 꼬임의 방향은 단사로 전환되는 점(두 가닥이 만나서 합쳐지는 지점)을 중심으로 가연(假燃)이 생기는 것이며, 각 가닥의 꼬임이 랜덤하게 방향이 바뀐 실이 되어 제조되는 것이라 하였다. 그러나, 단사의 꼬임을 풀어라도 확인은 되지 않는 것이라 하며, 또, 가닥 꼬임은 두 가닥간의 거리에 영향을 주로 받아서 외관상으

Table 1. The characteristics of wool tops used for rovings

symbol	composition (%)	fineness (μm)	length				grease content
			mean (mm)	cv (%)	$\% \leq 25\text{mm}$	$\% \leq 30\text{mm}$	
A	wool=100	19.11	67.3	42.1	5.5	34.28	0.39
D	wool=100	20.54	71.2	41.2	5.2	32.75	0.44
G	wool=100	22.02	76.4	36.7	2.1	25.1	0.56
M	wool=60	18.62	68.3	43.0	6.2	34.8	0.38
	mohair=40	26.05	86.0	49.1	3.5	-	0.90

로는 단사로 보이더라도 가닥 꼬임이 랜덤하게 변화하며 표면 섬유를 포집하여 실이 생성되어 마모 저항이 크고, 모우도 적은 것이라 하였다. 또, 마모 저항과 모우는 두 가닥 간의 거리의 함수이고, 거리가 넓을수록 개선된다고 하였다. 이는 Dinkelman⁶⁾도 확인하였다.

Nigel⁵⁾은 가닥 꼬임을 시험하고 가닥은 하나의 통합체로서 표면 섬유가 포집된 형태이면서 한 가닥 내에서 생기는 섬유 집합 이동 형태라고 하였다. Miao 등⁹⁾은 사이로 스펀사가 방적되는 상태를 촬영한 사진을 확대하여 각 가닥의 꼬임수를 조사하였는데, 그는 “두 가닥이 합쳐지는 지점(이하 “합일점”이라 함)의 위쪽에 있는 가닥의 꼬임은 아래 쪽 실의 꼬임 보다 적고, 기계 설정 조건에 따라 달라진다고 하였다. Subramanian¹⁰⁾ 등은 일반적으로 가닥간의 거리를 넓히면 실의 모우는 감소된다고 하였다.

그러나, 솔로 스펀 실은 불균제도가 높으며, 제직중 모우가 발생하여 제직 효율이 저하하는 경우가 발생하기도 하는데, 홈의 폭과 형태가 실의 구조에 미치는 영향에 대한 메카니즘이 발표되지 않고 있어서, 이에 대한 연구가 필요하다.

2. 실험

2.1 원료

실험에 사용한 양모 톱(tops)의 특성치는 Table 1과 같다. 이 톱으로 제조된 로빙을 취하고 로빙 간의 균제도 차이를 해소하기 위하여 보빈너(bobbinner)에서 1개 헤드(head)만 사용하여 로빙을 재방출하였다.

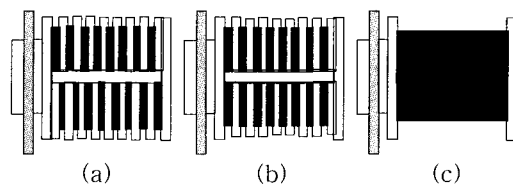
2.2 변형 롤러의 제작

솔로 스펀 롤러의 홈의 형태와 폭이 미치는 영

향을 알아보기 위하여 Table 2와 같이 변형된 롤러들을 제작하였다. 이들 롤러의 형태는 Fig. 4와 같이 하였다.

Table 2. The specifications of the modified Solo-spun rollers

roller code	solo spun roller	modified roller				ring spun
	100	200	300	400	500	
slot width (mm)	0.4	0.5	0.8	1.2	no slot	no roller
slot depth (mm)	2	2	2	2	2	
material	ruberized plastic	bronze				

**Fig. 4.** The front view of Solo-spun rollers; (a) original roller, (b) roller code “200”, “300” and “400”, (c) roller code “500”.

2.3 실의 제조

링 정방기는 Zinser 319를 사용하였다. 링 직경은 50mm이고, 스펀들 회전수는 7300rpm으로 하였으며, 연계수는 $120(\text{TPM}/\sqrt{Nm})$ 으로 하고, 예비시험을 통하여 균제도의 유의차가 없는 6개의 추를 선택하여 방적하였다.

2.4 실의 물성 시험

실은 콕(cop)상태로 표준 조건(RH 65%, $20 \pm 1^\circ\text{C}$)

Table 3. Spinning plan with the twist multiplier $120(TPM/\sqrt{Nm})$

fineness (μm)	yarn count (Nm)	solo-spun roller	modified roller					ring spun
		100	200	300	400	500		
19.0	1/30	W100	W200	W300	W400	W500	N3	
	1/40	X100	X200	X300	X400	X500	N11	
20.5	1/30	Y100	Y200	Y300	Y400	Y500	N16	
22.0	1/30	Z100	Z200	Z300	Z400	Z500	N21	
20.8	1/30	M100	M200	M300	M400	M500	N26	

에서 48시간 방치한 후에 시료로 사용하였다. 번수 시험은 둘레가 1m인 검척기를 사용하여 실100m를 준비하고 일본 A.N.D.사의 FA 200저울로 계량하여 구하고, 각 로트(lot)별로 6회씩 실시하였다.

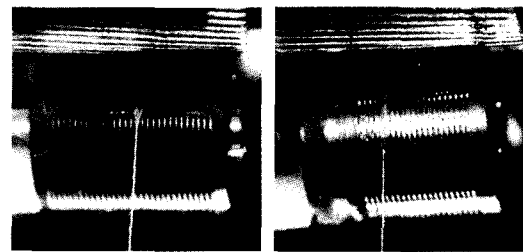
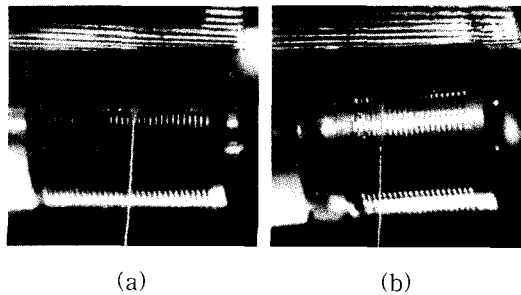
불균제도는 Uster tester 3으로 시험하였으며, 속도는 200m/분으로 하고 로트별로 1분간 4회씩 측정하였다.

강신도는 Zellweger사의 Uster tensorapid 3으로 시험하였으며 시료의 길이는 50cm로 하였고, 인장속도는 500m/min으로 하여 로트별로 50회씩 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

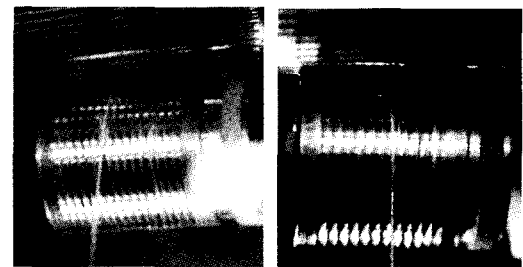
3.1 롤러 형상이 실의 번수에 미치는 영향

Fig. 5는 정방기의 각 롤러에서 방출되어 나오는 섬유의 모습을 정방기의 뒷면에 설치한 거울을 통하여 촬영한 것이다. Fig. 6은 별도의 검은 실과 흰실을 준비하고 이를 교대로 배열한 총 6본의 실을 정방기의 프론트 롤러에 바로 공급하여 방출되는 모습을 촬영한 것이며, Fig. 7은 실의 번수 시험 결과이다. Table 4는 번수 시험 결과를 분산 분석한 것인데, 롤러의 형상이 번수에 미치는 영향은 유의차 1%로 매우 높은 유의성을 가진다.



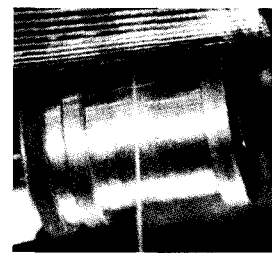
(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

Fig. 5. Yarn formation appearance with different rollers ; (a) roller 100, (b) roller 200, (c) roller 30, (d) roller 400, (e) roller 500.

Fig. 5 (a), (b), (c), (d)에서 정방기의 프론트 롤러에서 방출되는 섬유들은 롤러의 홈에 의하여 몇

가닥으로 나뉘어 방출됨을 알 수 있다.

그리고 Fig. 5 (e)와 같이 롤러에 홈이 없으면 방출된 섬유들은 1 가닥으로 방출되었으므로 홈은 정방기의 프론트 롤러로부터 방출된 섬유 웹을 몇 가닥으로 나누는 기능을 가진다. 그리고 방적 중 이 부위에서 섬유의 비산량(飛散量)이 링 방적보다 많음이 관찰되었다. 이러한 현상의 요인은 솔로 스펀의 홈이 섬유 웹을 나눌 때 홈의 돌출부위들이 일부 섬유들을 웹으로부터 이탈시켜서 비산시키기 때문으로 생각된다.

Fig. 6 (a)에서는 스펀들에 의한 꼬임은 홈이 없는 롤러를 지나 프론트 롤러까지 전달됨을 알 수 있으며, Fig. 6 (b)와 (c)에서 꼬임은 롤러에 의하여 꼬임의 전파가 저지되어 프론트 롤러까지는 전달되지 못함을 알 수 있다.

이상에서 프론트 롤러에서 방출된 섬유 웹은 스펀들에서 발생된 꼬임을 전달받지 못한 상태로 솔로 스펀 롤러의 홈에 다다르며 솔로 스펀 롤러의 홈의 돌출부위에 의하여 웹은 나누어져서 솔로 스펀 롤러의 홈사이로 진행된다고 할 수 있겠다.

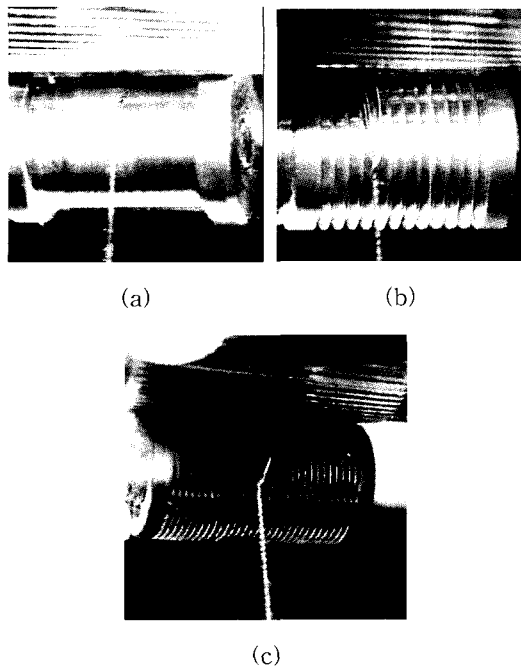


Fig. 6. The twist propagation in Solo-spun with different rollers ; (a) roller 500, (b) roller 300, (c) roller 100.

롤러의 형태에 따른 변수의 변화를 Fig. 7에서

살펴보면 먼저 롤러 “200”부터 롤러 “400”까지는 홈의 폭이 넓을수록 태변수화되는 경향이 있다. 이는 홈이 프론트 롤러에서 방출된 섬유들의 사이를 침투할 때 홈의 폭이 넓을수록 비산되는 량이 적고, 또한 홈 폭이 넓으면 홈 내부에서 섬유 가닥과 홈 벽간의 마찰로 인한 부정 드래프트도 적기 때문으로 생각된다.

롤러 “100”에서 방출된 실의 변수는 유사한 홈 폭을 가진 롤러 “200”에서보다 태변수이다. 이는 롤러 “100”에는 홈이 없는 지역이 롤러 표면의 4 곳에 있는 데 이 홈이 없는 지역에서 섬유들이 홈에서 뜨기 때문에 마찰로 인한 부정 드래프트가 적을 뿐만 아니라 홈의 돌출 부위가 섬유를 비산시키는 량도 적기 때문이라고 생각된다.

롤러 “500”의 경우 변수는 링 방적의 경우와 거의 같은 수준인데 이는 롤러의 표면에 홈이 없기 때문이라고 생각된다.

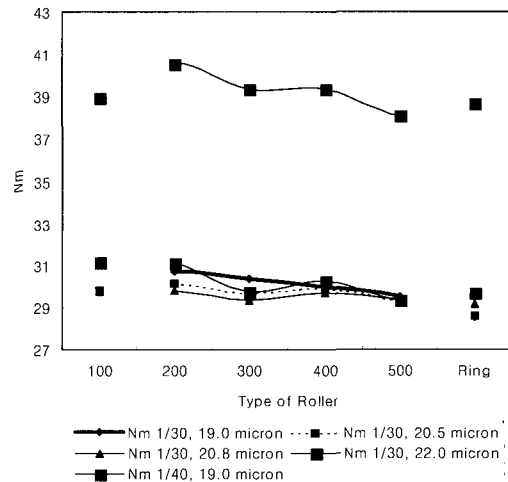


Fig. 7. The influence of roller type on the yarn counts(Twist multiplier=120, N=180).

Table 4. ANOVA of yarn counts test results (Nm1/30, Twist multiplier 120)

	S	d.f.	V	Fo	F
roller	26.54	7	3.791	5.635**	F(7,120,1%)=2.79
finess	7.28	3	2.426	3.607*	F(3,120,5%)=2.68
r×f	23.79	21	1.132	1.683*	F(21,120,5%)=1.66
error	107.64	160	0.672		
Total	165.25	191			

(where, r=roller, f=fineness)

3.2 롤러 형상이 실의 불균제도에 미치는 영향

Fig. 8은 방적된 실의 불균제도를 측정 한 결과 이며 Table 5는 분산 분석 결과로 롤러의 형상이 실의 불균제도에 미치는 영향은 위험율 1%로 매우 높은 유의성을 가진다.

Fig. 8에서 실의 불균제도를 살펴보면, 롤러 "200"일 때 실의 불균제도가 롤러 "100"일 때의 불균제도보다 높으며 롤러 "200"부터 롤러 "400"까지로 홈의 폭이 점점 넓어지면 실의 불균제도는 낮아지고 있음을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 3.1항의 롤러의 형상이 변수에 미치는 영향과 같은 경향이다. 이러한 현상은 홈이 프론트 롤러로부터 방출된 웨브의 일부 섬유들을 밀어낼 때 발생하는 불균일한 드래프트가 홈 폭이 좁을 때보다 넓을 때 적어지기 때문이라고 생각된다. 또한 홈 폭이 좁을 때 홈과 섬유간의 마찰이 증가함에 따라서 불균일한 드래프트가 증가되기 때문이라고 생각된다. 그리고 홈이 없는 롤러 "500"에서 방출된 실의 불균제도가 링 방적사보다도 불균제도가 높은 이유는 프론트 롤러로부터 스네일 와이어 (snail wire) 사이에 있는 솔로 스펀 롤러로 인하여 섬유 가닥의 진행이 굴곡되므로 장력이 증가하여 불균일한 드래프트가 발생하기 때문이라고 생각된다.

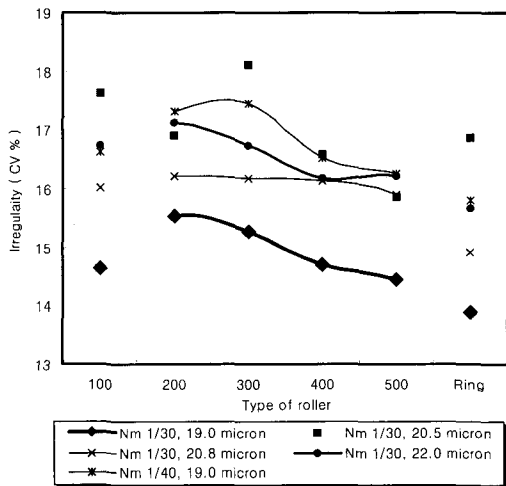


Fig. 8. The effect of roller types on yarn irregularity(Twist multiplier=120, N=180).

3.3 롤러 형상이 실의 강력에 미치는 영향

Fig. 9에 롤러의 형상을 변화시키며 측정 한 실

의 강력을 나타낸다. Table 6은 이의 분산분석표이다.

분산 분석 결과에서 롤러의 형상이 실의 강력에 미치는 영향은 위험율 1%에서 매우 높은 유의성을 가진다.

Table 5. ANOVA of yarn irregularity according to the roller types

	S	D.F.	V	Fo	F
roller	29.951	7	4.279	16.317**	F(7,127,1%)=2.73
finess	113.284	3	37.761	144.003*	F(3,128,1%)=3.95
r×f	12.889	21	0.613	2.341*	F(21,128,5%)=2.03
error	33.565	128	0.262		
Total	189.689	159	1.193		

(where, r=roller, f=fineness)

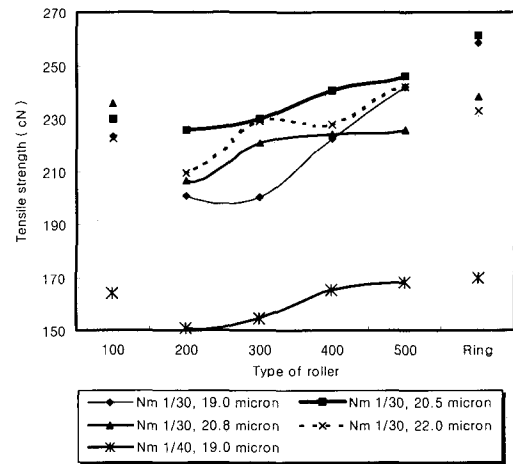


Fig. 9. The influence of roller type on the tensile strength of Solo-spun yarns(Twist multiplier=120).

Table 6. ANOVA of the tensile strength according to the roller types(Nm 1/30)

	S	D.F.	V	Fo	F
roller	173260.4	5	34652.08	37.88**	(5,1170,1%)=3.10
finess	40839.74	3	13613.25	14.88*	(3,1170,1%)=3.80
r×f	63529.94	15	4235.33	4.66*	(15,1170,1%)=2.10
error	1070292	1170	914.78		
Total	1347922	1199	1124.21		

(where, r=roller, f=fineness)

Fig. 8에서 롤러 "100"일 때와 홈 폭이 유사한 롤러 "200"일 때의 강력을 비교하면 롤러 "100"일 때가 우수하다. 또한 롤러 "200"~롤러 "500"에서는 홈 폭이 넓어질수록 강력이 증가한다. 또한 롤러 "500"일 때 실의 강력은 링 방적사의 강력보다도 낮다. 이러한 현상은 전향의 롤러의 형상이 실의 번수나 불균제도에 미치는 영향에서와 같은 결과로 생각된다.

3.4 롤러의 형상이 실의 신도에 미치는 영향

절단 신도 시험 결과를 Fig. 10에 나타내며, Table 7에 분산 분석 결과를 나타낸다. 분산 분석 결과를 보면 롤러의 형상이 절단 신도에 미치는 영향은 위험을 1%로 높은 유의성을 가지며, Fig. 10의 결과를 보면 그 경향이 강력에서와 같다. 이러한 현상도 3.2항과 3.3항의 이유와 같다고 생각된다.

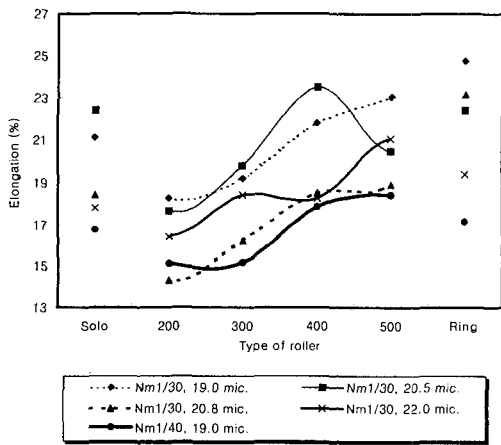


Fig. 10. The influence of roller type on the breaking elongation of Solo-spun yarns(Twist multiplier=120).

Table 7. ANOVA of the breaking elongation according to roller type

	S	D.F	V	F	F ₀
r	4112.98	5	822.59	21.86**	(5,1170,1%)=3.02
f	2394.78	3	798.26	21.22**	(3,1170,1%)=3.78
r×f	1355.30	15	90.35	2.40**	(15,1170,1%)=2.04
error	44017.71	1170	37.62		
total	51880.78	1199	43.27		

(where, r=roller, f=fineness)

4. 결 론

솔로 스펀 방적에서 솔로 스펀 롤러가 사를 형성하는 과정과 실의 성질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 솔로 스펀 롤러 원형과 변형한 롤러 4개를 제작하고 이를 사용하여 링 방적과 비교·관찰하고, 방직한 실의 번수, 불균제도, 강력과 신도를 시험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 솔로 스펀 롤러의 홈은 프론트 롤러에서 방출된 섬유들을 나누는 기능과 스펀들로부터 전파되어오는 꼬임을 저지하는 기능을 가진다.
2. 솔로 스펀 롤러의 홈 폭이 좁으면 방적중 섬유의 비산이 증가되며 불균일한 드래프트가 증가되어 세번수화되고 불균제도는 악화되며 또한 강력과 신도도 저하되는 경향이다.
3. 솔로 스펀 롤러의 원형처럼 롤러 표면에 홈이 없는 구간이 있으면 실의 세 번수화 경향은 감소하며 실의 불균제도, 강력, 그리고 신도는 향상된다.

감사의 글

본 연구는 RRC(과제명 : 의류용 천연/PET 복합사 및 직물개발을 위한 최적생산 조건 연구)의 연구 결과의 일부로서 관계기관에 감사의 뜻을 전한다.

참고문헌

1. W. Oxenham, "ITMA Review In Spinning" (1999).
2. The Wool Mark Company, "Solospun 技術概要" (1999).
3. The Wool Mark Company, "Solospun 紡績技術과 絲性能" (1999).
4. D. Plate, *Textile Horizons*, 2(2), 34(1982).
5. Nigel A. Johnson and Michael D. Young, *T. R. J.* 58(8), 477(1988).
6. F. Dinkelmann, *Melliand English Edition*, 11(7), 5(1982).
7. A. Emmanuel and D. Plate, *J. Textile Institute*, 74(4), 320(1983).
8. Plate and Lappage, *J. Textile Institute*, 73(2), 99(1982).
9. M. Miao, Z. Cai and Y. Zhang, *T.R.J.*, 63(2), 116(1993).
10. V. Subramanian and A. P. Mohamed, *J. Textile Institute*, 82(3), 333(1991).