

Solo-spun 사의 특성에 따른 직물의 물리적 성질

¹박수현 · 오봉호 · 김승진*

섬유패션기능대학

*영남대학교 섬유패션학부

(2001. 7. 6. 접수/2001. 9. 18. 채택)

The Physical Properties of Solo-spun Fabrics Related to The Yarn Characteristics

¹Soo Hyun Park, Bong Hyo Oh, and Seung Jin Kim*

Department of Textile Development, Korea Textiles and Fashion Institute

*School of Textiles and Fashion, Yeungnam University, Kyeongsan, Korea

(Received July 6, 2001/Accepted September 18, 2001)

Abstract—This study surveys the physical properties of Solo-spun fabrics related to the characteristics of Solo-spun yarns, which were described in previous reports^{1,2)}. For this purposes, 6 kinds of fabrics were woven on the pilot loom. 3 kinds of Solo-spun yarns with the 3 level of twist multiplier of Nm 1/30 and 3 kinds of conventional ring-spun yarns with the same levels of twist multipliers of the same yarn counts. The fabrics were of 2/2 twill and clear-cut finished. The physical properties were surveyed by means of KES-FB system.

Solo-spun fabrics seemed to be stiffer than ring spun fabrics as showing the lower extensibility with higher tensile energy, the higher bending rigidity, and the higher shear rigidity. Solo-spun fabrics showed the lower value in surface friction coefficient and surface roughness. For fabric abrasion tests, Solo-spun fabrics showed the higher pill resistance.

Keywords : solo-spun yarn, weavable single yarn, worsted spinning, pill, worsted fabrics

1. 서 론

Solo-spun 방적사는 Fig. 1 과 같이 링 정방기의 보통 프론트 롤러에 Fig. 2와 같은 형태의 Solo-spun 롤러를 접촉시켜서 방적한다. 프론트 롤러에서 방출된 섬유속은 Solo-spun 롤러의 홈에 들어갈 때 여러 가닥으로 나뉘어지며, 홈에서 벗어나면서 스핀들에서 전파되는 꼬임에 의해 합

쳐져서 실을 형성하게 된다. 여러 가닥으로 나뉘어진 섬유 가닥들이 합쳐질 때는 각 가닥들의 굵기에 따라서 합쳐지는 순서가 변하게 되는 데, 가늘수록 먼저 합쳐짐은 전보¹⁾에서 보고한 바와 같으며, 먼저 합쳐진 섬유가닥들은 실에서 랩핑섬유가 되는 것도 전보²⁾에서 보고한 바와 같다. 또한 Solo-spun 롤러에는 홈이 없는 지역 4곳이 롤러의 표면에 균일한 간격으로 배치되어 있고, 이 지역에서는 일반 링 방적사와 같은 구조를 가지게 되어서 Solo-spun 사는 두 가지의 구조로 되어 있다 하겠으며 Fig. 3에 두 가지의 구조를 보인다

¹Corresponding author. Tel. : +82-53-589-3151 ; Fax. : +82-53-589-3153 ; e-mail : suheon@tpc.ac.kr

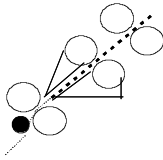


Fig. 1. The position of Solo-spun roller on ring spinning frame.

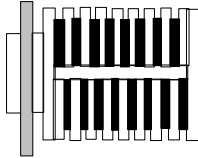


Fig. 2. The front view of Solo-spun roller.

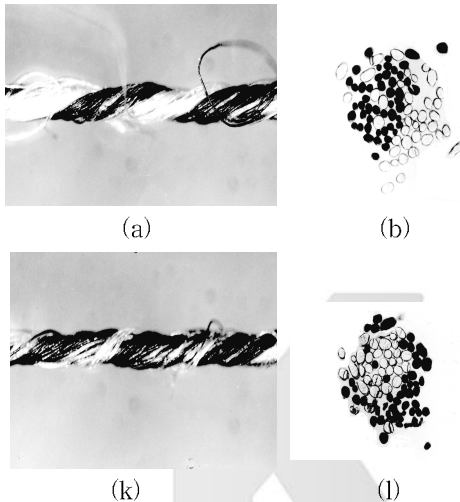


Fig. 3. The 2 kinds of yarn structure in a Solo-spun yarn ; (a), (b) the structure similar with ring-spun yarn, (k), (l) the structure shown the wrapping fibers.

이와 같은 구조로 인하여 Solo-spun 방적사는 링 방적사보다 내 마모성이 큰 장점이 있다.

그러나 정방기의 드래프트 넘 라인부터 Solo-spun 롤러까지의 구간에서 섬유속은 무연이며 이 구간에서 섬유속이 롤러의 홈에 침투하는 과정에서 부정 드래프트가 발생하여 사의 불균제도가 링 방적사보다 악화되는 단점도 있으나 이러한 단점은 롤러의 돌출 부위를 둥글게 하면 개선될 수 있음을 전보²⁾에 보고하였다.

이상과 같이 일반 링 방적사와는 그 구조와 특성이 다른 Solo-spun 방적사가 직물의 역학적 특성에 미치는 영향이 어떠한가를 조사하고자 한다.

2. 실험

2.1 원사와 직기

원사는 Solo-spun실과 Ring-spun실 모두 번수는 Nm 1/30의 한 가지로 하고, 연계수(TPM, Nm)는 100, 120, 140으로 하여 총 6가지로 하였다. 사용된 wool top의 섬도는 19 μ m이다.

직기는 직물 디자인 개발용인 소형직기 (선영기 계사 제작)를 사용하였다. 직기의 사진을 Fig. 4에 나타낸다.

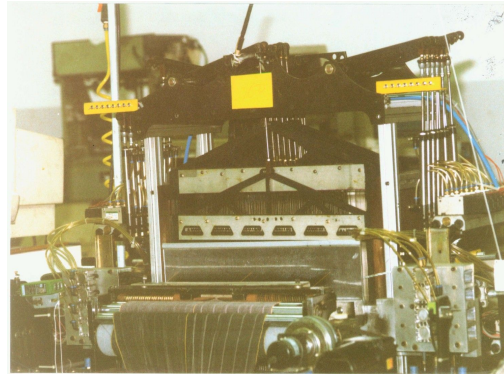


Fig. 4. A mini weaving loom of rapier type with RPM 20 and maximum width of 14 inch.

이 소형직기는 최대 성폭이 14인치이고, 회전수는 분당 20회로 매우 낮으며, 위사는 압축공기를 사용하는 피스톤으로 자동 공급이 되며, 컴퓨터와 연결하여 공기 압력으로 개구운동을 하게 되는데, 특히 경사와 위사 모두에 장력이 적게 작용되므로 실의 특성이 잘 발현될 것으로 생각된다. 통상적으로는 직물의 디자인과 촉감을 검토할 목적으로 사용되고 있으며, 대량 생산된 직물과 비교할 때 실에 장력이 적게 작용되기 때문에 직물에서는 별 키성이 많은 경향이다.

2.2 제직 조건

제직한 직물의 조직은 경사와 위사의 교차 도수가 같고, 실의 특성이 잘 나타날 수 있는 2/2 능직을 선정하였고, 제직 밀도는 Bona Basilio³⁾의 경험식을 발전시킨 Eugenio Ramella⁴⁾의 아래 식을 적용하여 산출하였다.

$$R = K \times \sqrt{T} \times N / (N + n) \times C \times PA_s / PA_w$$

위 식에서 R은 미터당 실의 울수, K는 실의 강성에 따라 변하는 상수로서 일반 링 방적사의 경우는 주로 양모의 섬도에 따라 변하며 $K=425-$

10×(μ-18)의 관계식에 따른다. 본 실험에서 양모의 섬도는 19μ이므로 415로 하였고, T는 실의 미터 식 변수로서 본 실험에서는 30이며, N은 직물 순환 조직에서 실의 올수로서 본 실험에서는 2/2 능직이므로 4이며, n은 1순환조직에서의 교착도수로서 본 실험에서는 2이며, C는 조직계수로서 능직인 본 실험에서는 1.9이다. PA_s는 기준 직물의 성폭이고, PA_w는 적용할 직물의 성폭인데, 본 실험에서는 두 값이 모두 172이다. 각 값을 대입하면, 아래 식과 같고, 실제 설계 조건은 Table 1과 같다.

$$\begin{aligned} \text{밀도} &= 415 \times \sqrt{30} \times 4 / (4+2) \times 1.9 \times 172 / 172 \\ &= 2879 (\text{올/미터}) \end{aligned}$$

Table 1. The loom setting condition on mini weaving loom

Density (yarns/inch)	Width (inch)	Structure	Grey fabric weight(g/yard)
72×72	14	2/2 twill	69.84

2.3 가공 방법

생지를 가정용 세탁기에 넣고, 50℃의 물에 가정용 세제를 용해시킨 후, 20분 세탁하였다. 이후, 50℃의 물에 직물 상단부의 양끝을 잡고 담근 후 들어올리기를 20회 반복하였다. 이는 가공의 open 세움 공정을 모방하면서 직물에 마찰작용을 최소로 하여 균일한 부품성(bulk성)을 가하기 위함이다. 그리고, 망사 직물 위에 편편히 펼친 후 실내에서 72시간동안 자연건조를 하고, 장력이 없는 스템 처리기(Biella Shrunk제작)를 통과시켰다. 그리고 full decatizing기에서 0.8 bar의 압력으로 6분간 스티밍하고 6분간 cooling 하였다.

2.4 직물의 역학적 특성 시험

시료의 크기는 20×20cm의 크기이며, 이를 KES-FB system⁵⁾을 이용하여 가공지의 역학적 특성치를 측정하고 신사용 동복지에 준한 감각 평가치를 계산하였다. 역학적 특성의 평가항목은 Table 2와 같으며 측정 결과치는 경사와 위사의 평균치로 하였다. 이는 제직 중에 실의 장력이 일반 직기에 비하여 매우 낮고 가공 중에도 일반 가공 공정처럼 경사에 장력이 부과되지 않게 자연 건조를 하였으며, 또한 경사와 위사간에 장력차이에 의한 역학적 특성의 변화가 있을 경우에는 실의 크립프 상호교환 현상이 발생하므로 실의 특성

이 직물의 특성에 미치는 영향은 경사와 위사의 물리적 특성을 구분하여 비교하는 것보다 평균치로 평가하는 것이 더 타당한 것으로 생각되기 때문이다.

또 생지의 경우에는 제직 중의 장력이 실의 내부에 응력으로 작용하여 경사와 위사 간의 결합력을 높이기 때문에 일반적으로 실의 특성이 직물의 특성에 미치는 영향을 고찰함에는 제직에 의한 내부 응력이 해소된 가공지만으로 고찰하는 것이 타당하다고 생각된다.

Table 2. The mechanical properties of fabrics in KES-FB System

Property	Symbol	Characteristic value	unit
Tensile	EM	Extensibility, strain at 500gf/cm of tensile load	-
	LT	Linearity	-
	WT	Tensile energy	gf cm/cm ²
	RT	Resilience	%
Bending	B	Bending rigidity	gf cm ² /cm
	2HB	Hysteresis	gf cm ² /cm
Shear	G	Shear stiffness	gf cm/deg
	2HG	Hysteresis at Φ=0.5	gf/cm
	2HG5	Hysteresis at Φ=5	gf/cm
Compression	LC	Linearity	-
	WC	Compressional energy	gf cm/cm ²
	RC	Resilience	%
Surface	MIU	Coefficient of friction	-
	MMD	Standard deviation of MIU	-
	SMD	Geometric roughness	micron
Weight	W	Weight per unit area	mg/cm ²
Thickness	T	Thickness at 0.5gf/cm ²	mm

3. 결과 및 검토

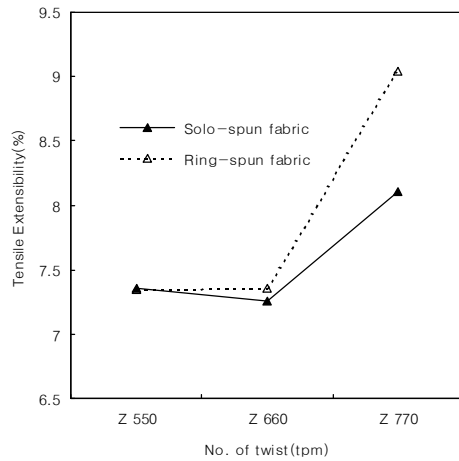
3.1 인장 특성

Fig. 5에 500gf/cm의 하중 하에서 인장 시험의 결과를 보인다.

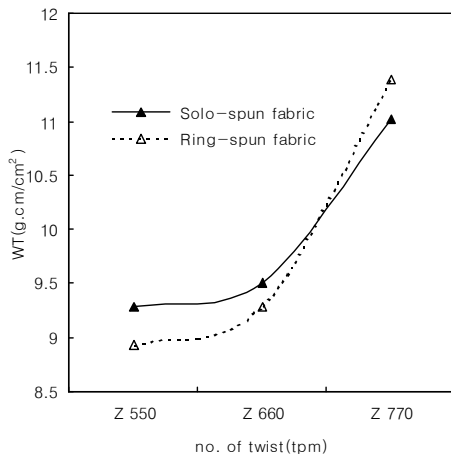
Fig. 5(a)에서 볼 수 있듯이 직물의 신장성(EM)은 연계수가 100(Z550), 120(Z660)으로 낮을 때는 두 직물간 차이를 볼 수 없으나, 연계수가 140(Z770)으로 높을 때는 링 방적사 직물이 약 1% 정도로 더 높은 신장성을 보인다. 이것은 연계수가 140수준으로 높으면 링 방적사가 구조적으로 더 안정된 헤리컬 코일 형태를 가지므로 사의 인장 탄성률이 낮아져 더 높은 신장성을 가지는 것으로 생각

된다. 한편 Solo-spun 사의 구조는 sub-strand가 내재하고, 이 sub-strand의 굵기는 균일하지 않고 변동이 있고, 랩핑 섬유도 존재하기 때문에 사 내 섬유간 마찰력이 커서 초기 신장률이 높다고 사료된다. 이러한 사실로 인하여 연계수가 100, 120으로 낮을 때 비록 초기 신장성은 거의 같지만 인장에너지(WT)는 Solo-spun 직물이 큰 값을 보이게 되고 또한 링 방적사 직물에 비해 stiff하게 됨을 알 수 있다. 연수가 Z770으로 높아지면 섬유 평행도가 좋은 링 방적사의 초기 신장률이 클 뿐만 아니라 섬유간 마찰력도 증가하여 work done은 Solo-spun보다도 더 크게 되며 직물의 신축성도 Solo-spun 직물보다 다소 크게 됨을 알 수 있다.

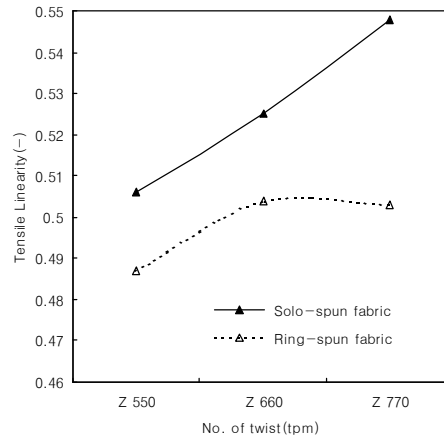
또, Solo-spun의 초기 신장률이 높기 때문에 tensile linearity와 resilience도 링 방적사 직물보다 높다고 사료된다.



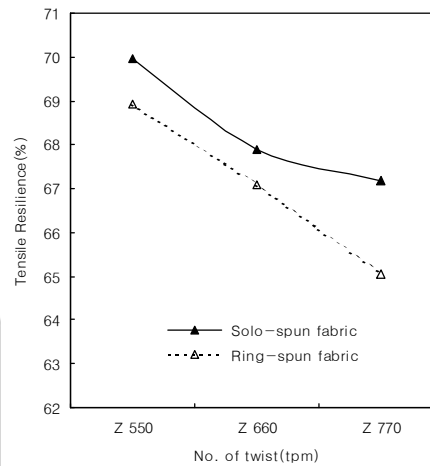
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 5. Tensile properties of the fabrics woven with Solo-spun yarns and Ring-spun yarns respectively ; (a) Tensile extensibility, (b) Tensile energy, (c) Tensile Linearity, (d) Tensile Resilience.

3.2 직물의 굽힘 특성

굽힘 특성의 시험 결과치를 Fig. 6에 보인다. 굽힘 저항과 굽힘 히스테리시스 모두 Solo-spun 직물과 링 방적사 직물간에 차이는 적지만, Solo-spun 직물이 조금 높은 값을 보이므로 Solo-spun 직물이 stiff함을 알 수 있다. 이는 Solo-spun 사의 구조가 링 방적사 보다 안정된 헤릭스 구조를 가지지 못 하므로서 인장 탄성율이 높기 때문에 굽힘 변형시 더 stiff한 거동을 보이는데 기인된다고 보여진다.

또한 굽힘 변형에 따른 섬유간 마찰이 Solo-spun사가 커져서 굽힘 히스테리시스는 Solo-spun

직물이 더 큰 값을 보인다고 사료된다. 이러한 사실은 Solo-spun의 꼬임 구조에 의한 것이라고 판단된다.

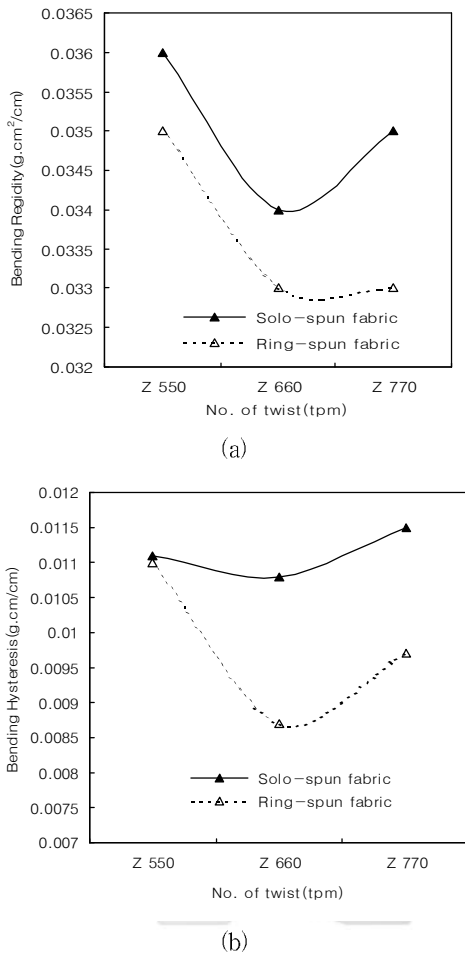


Fig. 6. Bending properties of the fabrics woven with Solo-spun yarns and ring-spun yarn respectively ; (a) Bending rigidity, (b) Bending hysteresis.

3.3 전단 특성

전단 특성의 시험 결과를 Fig. 7에 보인다. 전단 강성과 전단 히스테리시스 모두 Solo-spun 직물이 링 방적사 직물보다 높다. 이는 모든 꼬임 영역에서 링 방적사가 더 안정된 꼬임 구조를 가짐으로서 직물에 전단 변형이 가해 질 때 더 탄성적인 성질을 보임으로서 낮은 전단 강성치를 보이며 마찰 거동에 의한 에너지 손실이 더 낮기 때문에 전단 히스테리시스도 낮은 값을 보임을 알 수 있다. 그리고 이러한 현상은 연계수가 증가할수록 더 큰 값을 보인다.

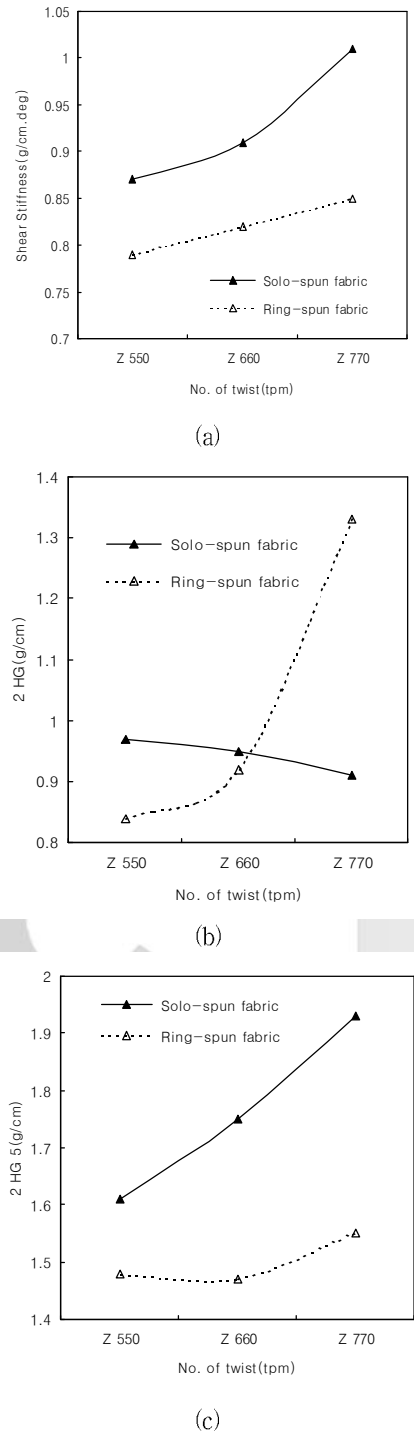
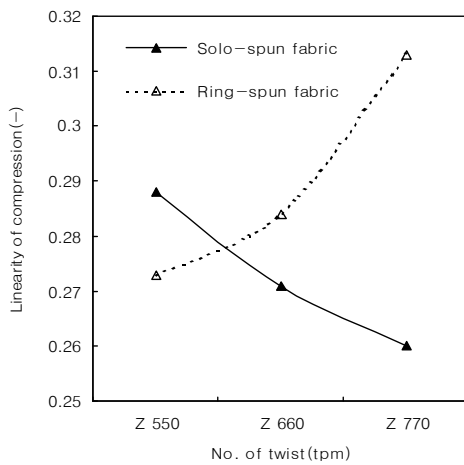


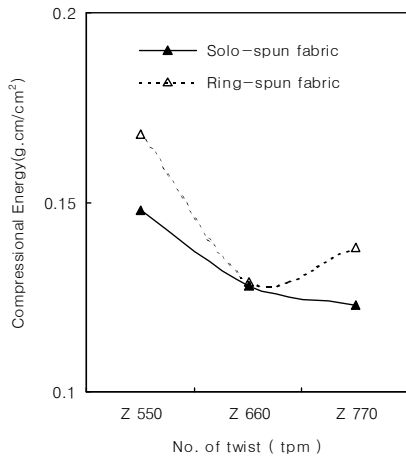
Fig. 7. Shear properties of the fabrics woven with Solo-spun yarns and Ring-spun yarns respectively ; (a) Shear stiffness, (b) Shear hysteresis at $\Phi=0.5$, (c) Shear hysteresis at $\Phi=5$.

3.4 압축 특성

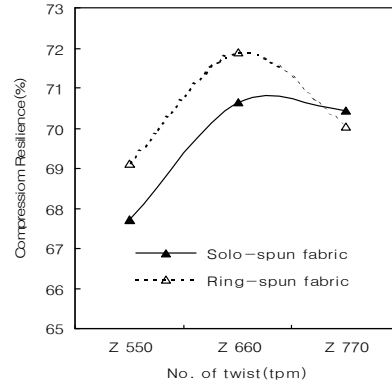
압축 특성의 결과를 Fig. 8에 보인다. 연계수가 100 (Z550)으로 낮은 수준일 때 Solo-spun 직물은 링 방적사 직물보다 compressional linearity가 낮고, compressional energy도 낮으며 compressional resilience도 낮다. 이와 같은 현상에서 Solo-spun사가 실의 인장 방향뿐만 아니라 측면 방향의 탄성도 링 방적사 보다 떨어진다고 할 수 있겠다. 이러한 사실은 링 방적사가 Solo-spun사 보다 더 안정된 헤리컬 구조를 가지므로 실의 측면 방향의 압축에 따른 압축 에너지가 더 큰 값을 보여 주며 압축시 더 탄성적인 현상을 보여 줌으로서 압축 회복도도 더 큰 값을 보이는 것으로 해석된다.



(a)



(b)



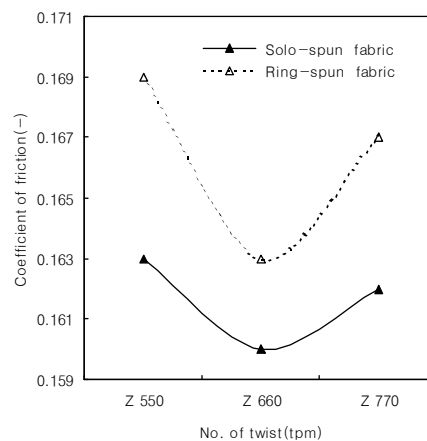
(c)

Fig. 8. compressional properties of the fabrics woven with Solo-spun yarns and Ring-spun yarns respectively ; (a) Compressional linearity, (b) Compressional energy, (c) Compressional resilience.

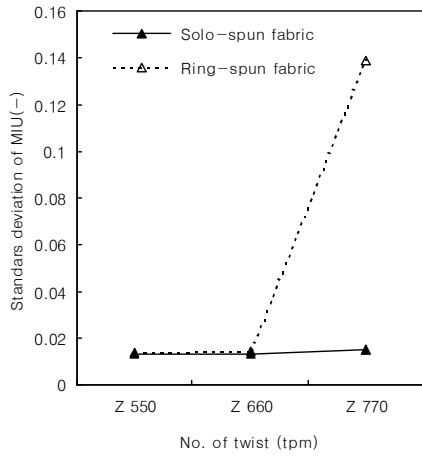
그리고, 연계수가 높아지면서 안정적 헤리컬 구조를 가진 링 방적사의 compressional linearity, compressional energy, compressional resilience가 모두 Solo-spun보다 상대적인 증가율이 높아져서 Solo-spun보다 모두 높은 값을 갖게 된다. 그리고 Solo-spun 직물은 연계수 120(Z660)에서 compressional energy는 낮은 수준이고 compressional resilience는 최대값을 보인다. 이것은 역시 연계수가 120일 때 Solo-spun 직물이 가장 부드러운 직물이 만들어진다고 하겠다.

3.5 표면 특성

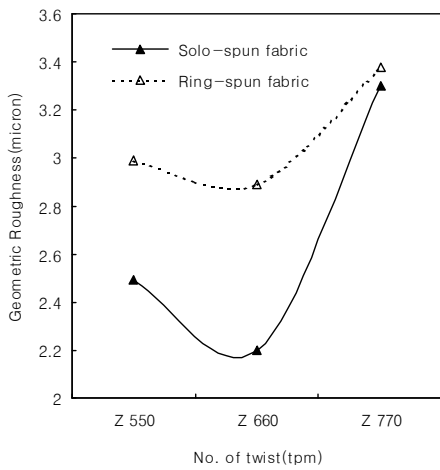
표면 특성 시험 결과를 Fig. 9에 보인다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 9. Surface properties of the fabrics woven with Solo-spun yarns and Ring-spun yarns respectively ; (a) Coefficient of friction, (b)Standard deviation of MIU, (c) Geometric roughness.

표면 마찰 계수, 마찰 계수의 표준 편차, 기하학적 거칠기 모두에서 링 방적사 직물이 Solo-spun 직물보다 높다. 이러한 현상은 역시 링 방적사가 Solo-spun사 보다 더 안정된 헤리컬 구조를 가짐으로서 실 표면에 섬유 노출이 적고 compact함으로서 더 큰 마찰계수와 표면 요철도를 가지는 것으로 사료된다. 그리고 꼬임수가 550에서 660 그리고 770으로 증가함에 따라 세 가지 특성 모두 감소하다가 증가하는 현상을 보인다. 이러한 사실

은 Z 660(연계수 120)에서 직물 표면은 가장 부드럽고 표면이 매끄러운 직물이 만들어진다는 것을 말해 준다.

3.6 Pilling 성

Pilling 시험 결과를 Fig. 10에 보인다. 링 방적사로서 연계수가 140인 직물보다도 Solo-spun사로서 연계수가 100인 직물의 pill수가 적다.

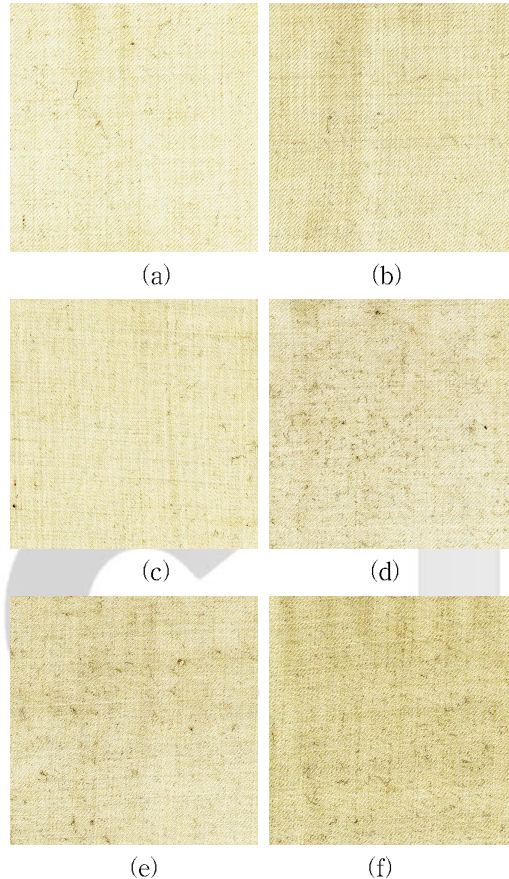


Fig. 10. The pilling tested fabrics woven with Nm 1/30 ; (a) Solo-spun twist Z550, (b) Solo-spun twist Z660, (c) Solo-spun twist Z770, (d) ring-spun twist Z550, (e) ring-spun twist Z660, (f) ring-spun twist Z770.

이것은 Solo-spun사의 내마모성이 링 방적사보다 탁월함을 말해 준다고 하겠다. 이러한 사실은 실의 내마모성 시험 결과에서 Solo-spun사가 링 방적사보다 우수함과 일치하는 것이며 그 이유는 Solo-spun사의 구조에 기인하는 것이라 할 수

있겠다.

4. 결 론

Solo-spun 직물과 ring-spun 직물의 역학적 특성을 조사하기 위하여 Solo-spun 사와 ring-spun 사 모두, 변수는 Nm 1/30로 하고 연계수 (TPM, Nm)는 100, 120, 140로 하여 총 6가지를 사용하여 2/2 능직을 샘플 제작용 직기에서 제작하고 가공한 후 KES-FB 시스템으로 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) Solo-spun 직물이 ring-spun 직물보다, extensibility는 낮고 인장 work done 은 큰 값을 보이고, 굽힘 강성과 굽힘 히스테리시스도 큰 값을 보이며, 또한 전단 강성과 전단 히스테리시스에서 다소 높은 값을 보임으로서 Solo-spun 직물이 ring-spun 직물보다 stiff한 특성을 가진다.
- 2) 직물의 압축 에너지와 압축 회복도는 Solo-spun 사 직물이 ring-spun 사 직물 보다 더 작은 값을 보임으로서 압축 탄성도는 Solo-spun 사 직물이 ring-spun 사 직물 보다 다소 떨어지며 직물의 부드러움이 링 직물비 다소 부족함을 알 수 있다.
- 3) 직물의 표면 특성에서는 Solo-spun 직물이 ring-spun 직물보다 표면 마찰 계수와 표면 요철도에서 낮은 값을 보임으로서 표면이 다소 매끄러운 감을 보인다.
- 4) 직물의 pilling 시험 결과는 Solo-spun 사 직물이 ring-spun 사 직물 보다 우수하다.

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. S. H. Park and S. J. Kim, The Fiber Behavior in Yarn Formation and the Physical Properties of Solo-spun Yarn(1), *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **13**, 346-352(2001).
2. S. H. Park and S. J. Kim, The Fiber Behavior in Yarn Formation and the Physical Properties of Solo-spun Yarn(2), *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **13**, 428-434(2001).
3. M. Bona, F. A. Isnardi, and S. L. Straneo, "Manuale Di Tecnologia Tessile", E.S.A.C., Roma, pp.481-484(1988).
4. E. Ramella, "Tessuti Per Abbigliamento Cardati E Pettinati Di Pura Lana e Misti Lana"(Edizione Gariazzo), Vigliano, pp.217-250(1999).
5. S. Kawabata, "The standardization and analysis of hand evaluation", (2nd edition), The Textile Machinery Society of Japan, Osaka, Japan, pp.28-51(1980).