PTT/Tencel/Cotton 친환경 MVS 혼방사 편성물의 물성에 관한 연구 (II) - 사 구조에 따른 편성물의 물성 -

김현아[†]

한국패션산업연구원

Wearing Performance of Garment for Emotional Knitted Fabrics Made of PTT/Tencel/Cotton MVS Blended Yarns (II) - Physical property of knitted fabric according to yarns structure -

Hyun Ah Kim[†]

Korea Research Institute For Fashion; Daegu, Korea

Abstract : This paper investigated the wearing performance of knitted fabrics made of air vortex yarns using PTT/tencel/cotton fibres in comparison with ring and compact yarns for emotional garment. Wicking property of knitted fabric made of MVS yarns was worse than those by ring and compact yarns, however, drying property of knitted fabric made of MVS yarns was better than those by ring and compact yarns, which was explained as more water vapor transport due to larger openness between fibres in the MVS yarns than those in the ring and compact yarns. Thermal conductivity of knitted fabric made of MVS was lower than those of ring and compact yarns and maximum heat flow(Q_{max}) at the transient state of MVS knitted fabric was lower than those of ring and compact yarns, which may be attributed to MVS yarn structure that has parallel fibres in the core part of the yarn and fasciated fibre bundles on the sheath part with roughness on the yarn surface. However, pilling of MVS knitted fabric was better than those by ring and compact yarns, which was caused by less and shorter hairy fibres protruded from MVS yarn surface than those of ring and compact yarns. It was observed that tactile hand of MVS yarn knitted fabrics was stiffer than those of ring and compact yarns knitted fabrics. It was explained by low extensibility and compressibility and high bending and shear rigidities of the MVS yarn knitted fabrics, which resulted in bad wearing performance of MVS knitted fabric.

Key words : wearing performance(착용성능), FAST(패스트), KES-FB(가와바타 시스템), wicking rate(흡수율), drying rate(건조율), thermal conductivity(열전도도), relaxation shrinkage(완화수축)

1. 서 론

친환경 tencel 소재가 대중화되면서 tencel/cotton 복합사의 물성 및 이들 직·편성물 소재 특성에 대한 많은 연구가 되어 왔다. 최근, ring 방적사의 구조를 가지면서 높은 생산성과 우수한 품질을 가지는 복합사 생산설비인 MVS(Murata Vortex System)가 생산현장에 투입되면서 tencel/cotton 소재를 사용한 MVS사, ring사, 그리고 compact사 및 이들의 직·편성물 물성 비교에 대한 연구가 발표되어 왔다. 한편, 최근 탄성회복성이 우수한 PET 계열의 PTT(polytrimethylene terephthalate) 섬유가 생산되면서 PTT 필라멘트의 스포츠 의류 적용사례에 대한 연구도 많이 발표되었다. 그러나 PTT 스테이플 섬유를 천연섬유인 cotton, wool 그리고 modal 등의 친환경 섬유와의 복합사 및 이들의 직·편성물 물성에 대한 제품화 및 연구는 아직

초기단계에 있다고 할 수 있다. Lee et al.(2012)은 PET/PTT 혼방직물이 PET/rayon 혼방직물보다 신축성이 큰 값을 보였으며 의복 형성 성능도 우수하다고 발표하였다. Zhao et al.(2011)은 PTT, wool, tencel, cotton 그리고 흡수속건 PET와의 복합사 및 이들의 편성물을 만들어 착용 물성을 측정하였으며 PTT/wool/tencel과 PTT/bamboo 편성물의 착용 물성이 우수하며 PTT/wool/modal 편성물이 나쁜 착용 물성을 보인다고 연구하였다. Suzuki et al.(2013)은 rayon vortex사 편성물의 역학특성과 촉감특성을 연구하였다. 이들은 air vortex, ring, open-end 방적사로 만든 편성물의 역학특성을 KES-FB system으로 측정하고 이들 특성치를 사의 역학특성치와의 상관성을 연구하였다. 특히, 편성물의 촉감특성을 주관적으로 측정하고 사의 역학특성과의 상관성을 연구하였다. 이들의 연구결과 rayon vortex사의 압축특성이 ring사보다 soft하며 굽힘특성은 더 stiff하나 편성물에서는 사의 특성이 보이지 않았으며 주관적 촉감 평가에서는 air vortex사 편성물이 ring사 편성물보다 덜 부드럽다는 결과를 발표하였다. 한편 사 표면의 모우가 적

[†]Corresponding author; Hyun-Ah Kim
Tel. +82-53-721-7459, Fax. +82-53-986-6341
E-mail: ktufl@krifi.re.kr

은 air vortex의 특성 때문에 cotton/rayon 편성물의 필링이 적게 발생한다는 연구(Beceran & Nergis, 2008; Erdumlu et al., 2009; Unal, 2010)와 air vortex사 PET/wool 직물의 형태안정성과 역학특성에 관한 연구(Li et al., 2008)도 발표되었다. Unal et al.(2010)은 100% 면사를 MVS, ring, 그리고 rotor 정방기에서 제조하고 이들의 역학특성을 측정하여 MVS 사 직물이 ring사 직물보다 stiff하며 특히, 굽힘특성치는 MVS 사 직물이 가장 stiff함을 확인하였다. Li et al.(2008)은 wool과 PET 혼방사를 air vortex와 ring 정방기에서 제조하고 이들 직물의 응력완화수축(relaxation shrinkage)과 하이그럴 익스팩션(hygral expansion)이 air vortex사 직물이 더 큰 값을 가지므로써 air vortex사의 형태안정성이 불량하며 또한 air vortex사 직물의 착용 촉감이 ring사 직물보다 더 stiff하다는 연구결과를 발표하였다. 이들은 air vortex 직물이 ring 직물보다 두께, 무게 등이 더 큰 값을 가지며 전단특성도 더 큰 값을 보였으며 이러한 특성들이 더 딱딱한 촉감을 가진다는 연구결과를 발표하였다. 그러나 탄성이 뛰어난 소재인 PTT 스테이플 섬유와 면섬유를 사용하여 최신 방직 설비인 MVS 설비에서 만든 복합사 직 · 편성물의 의류물성에 관한 연구는 발표된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 (I)보(submitted)에 이어서 최근 친환경, 고감성 의류용으로 많이 사용되는 PTT/tencel/cotton 복합사를 ring, compact 그리고 MVS정방기에서 생산한 후 이들 편성물의 역학특성과 수분 및 열이동 특성을 측정 · 분석하여 의류의 착용성능에 복합사가 미치는 영향을 연구하였다.

2. 실험

2.1. 시료

1) 복합사 제조

복합사 시료는 PTT/tencel/cotton 원료를 30/50/20의 혼합비로 하였으며 MVS(Murata, MVS 861), compact(Toyota, RX 300), ring정방기(Zinser, MAT 670)에서 20, 30, 40Ne를 방직하였다. 이들의 실과 원료 특성을 Table 1에 나타내었다.

2) 편성물 시료 제조

편성물 시료는 20Ne와 30Ne는 2합, 40Ne는 3합 시료를 reel winder에서 준비하였다. 그리고 횡편기(Sima NSSG 14-122sv)에서 14gauge로 평편 조직으로 편직하였다. 편성물 시료의 특성을 Table 2에 나타내었다.

2.2. 편성물 물성 측정

1) 역학 물성 측정

FAST와 KES-FB system에서 편성물 시료의 역학량을 측정하였으며 이들 역학량에서 복합사 편성물의 촉감과 착용특성을 비교 · 분석하였다.

① FAST

• Compression(FAST-1)

2gf/cm²와 100gf/cm² 압축하에서 직물의 두께를 측정하였으며 이 값의 차이를 표면두께(mm, ST)로 정의하여 압축성으로 하였다.

Table 1. Characteristics of fibres and yarn specimens

Blended fibres	Blend ratio (%)	Fineness (d)	Fibre length (mm)	Yarn linear density (Ne)	Twist multiplier (tpi/√NE)	Spinning system
PTT	30	1.20	40*	20, 30, 40	3.8	MVS
Tencel	50	1.17	38			Compact
Cotton	20	1.40	28			Ring

* : MVS : 38mm

Table 2. Specification of knitted fabric specimens

Specimen no.	Spinning method	Yarn linear density(Ne)	Density	Stitches density (Stitches/in ²)	Structure
			CPI × WPI		
1	Air vortex	20	22 × 29	638	Plain stitch
2		30	25 × 27	675	
3		40	23 × 26	598	
4	Compact	20	22 × 29	638	
5		30	24 × 33	792	
6		40	23 × 25	575	
7	Ring	20	22 × 30	660	
8		30	24 × 30	720	
9		40	22 × 26	572	

- Extension(FAST-3)

13cm × 5cm 시료를 준비하여 5, 20, 100gf/cm에서 늘어난 길이의 원시료 길이의 비율(%)을 extensibility로 하였으며 경사와 위사 방향으로 각각 측정하였다.

- Bias extension(FAST-3)

경사와 위사에 대해 45° 방향으로 13cm × 5cm의 시료를 준비한 후 5gf/cm에서의 bias 방향으로의 늘어난 길이를 원시료 길이에 대한 비(%)를 EB5로 하고 $G(N/m)=123/EB5$ 식에서 시료의 전단강성(G , shear modulus)으로 계산하였다.

- Bending(FAST-2)

Cantilever 방법에 의한 굽힘 실험으로 bending length(C , mm)를 측정하고 $B=W \times C^3 \times 9.81 \times 10^6$ 식에서 굽힘강성(B , bending rigidity, $\mu N \cdot m$)을 계산하였다. 여기서 W 는 직물 무게(g/m^2)이다.

② KES-FB

편성물 시료의 역학특성을 KES-FB system(Kato Tech Co, Ltd, 일본)을 이용하여 인장특성, 굽힘특성, 전단특성, 표면특성, 압축특성, 두께, 중량의 6가지 특성에 대한 역학량을 측정하였다.

2) 편성물의 치수안정성 실험

편성물의 치수안정성은 응력완화수축(relaxation shrinkage) 실험을 실시하였으며 FAST 실험표준(Brady, 1995; CRIRO, 1990)을 따라서 실시하였다.

3) 필링(pilling)특성

편성물의 필링실험은 Martindale abrasion and pilling 시험기(NU-Martindale, James H. Heal Co. UK)를 사용하여 ISO 5470에 의거하여 실시하였다.

4) 편성물시료의 수분이동 및 열적특성

① Wicking test

Wicking특성은 Bireck method(KS K 0815)에 의해 실험하였다. 20cm × 2.5cm 스트립 시료를 준비하여 시료의 한쪽 끝단을 27±2°C의 증류수가 담겨있는 수조에 두어 10분 후의

Fig. 1. Schematic diagram of wicking tester.

Fig. 2. Schematic diagram of drying tester.

wicking된 길이(mm)를 측정하였다. Fig. 1에 wicking 측정장치의 모식도를 나타내었다.

② Drying test

KS K 0815A 법에 의해 측정하였다. 27±2°C 증류수가 담겨있는 수조에 40cm × 40cm 시료를 침지시켜 충분히 흡수시켰다가 꺼내어 물방울이 더 이상 떨어지지 않을 때 측정장치에 시료를 걸고 표준상태에서 자연 건조될 때까지 시간(min)을 센서장치가 장착된 계측기(INTEC. Co. LTD, Japan)로 측정하였다. Fig. 2에 drying test 측정장치를 나타내었다.

③ Thermal property

KES-F7(Thermolabo II, Kato Tech. Co., Ltd., Japan)을 이용하여 아래식에 의해 열전도도(thermal conductivity, K)와 최대열흐름량(maximum heat flow, Q_{max})을 측정하였으며 항온항습실(실내온도 22±1°C, 70±5% RH)에서 측정하였다. 열전도도는 5cm x 5cm 시험편 3개를 준비하여 정상상태(steady state)에서의 열손실을 측정하여 열전도도(K)를 측정하였으며, Q_{max} 는 과도기 상태(transient state)에서 최대 열흐름량을 측정하였다. Fig. 3에 KES-F7 측정장치를 나타내었다.

$$K = \frac{W \cdot D}{\Delta T}$$

where, W : 열손실(W/cm^2)

D : 시험편의 두께(cm)

ΔT : 시료의 온도차이(°C)

Fig. 3. Schematic diagram of Thermolabo II.

Table 3. Mechanical properties of knitted fabric specimens

Specimens			Compression (mm)	Bending rigidity ($\mu\text{N}\cdot\text{m}$)	Extensibility(%)		Shear modulus (N/m)
					E5	E20	
1	Vortex	20's	0.2820	26.3	4.85	12.95	18.13
2		30's	0.2730	23.25	11.65	14.80	9.71
3		40's	0.2726	21.60	13.10	16.10	9.80
4	Compact	20's	0.3040	27.55	6.45	14.75	11.60
5		30's	0.3132	22.55	11.30	17.50	9.80
6		40's	0.3102	23.95	12.65	17.65	9.65
7	Ring	20's	0.2900	23.50	6.90	14.40	15.00
8		30's	0.2862	22.95	13.85	17.95	7.66
9		40's	0.3790	20.45	14.15	17.75	8.47

3. 결과 및 논의

3.1. 복합사의 특성에 따른 편성물의 역학특성

Table 3에 3가지 복합사 편성물의 FAST 역학특성을 나타내었다.

Fig. 4에 Table 3의 역학량을 도시하였다. Fig. 4(a)에서 볼 수 있듯이 air vortex사 편성물보다 ring사 편성물의 압축성이 큰 값을 보이며 또한 compact사 편성물도 air vortex사 편성물보다 더 큰 압축성을 보였다. 이것은 air vortex사의 중앙에 평행한 다발 상태의 섬유 배향이 ring사의 나선구조 배향보다 압

축력에 대한 변형이 더 적게 일어남으로써 낮은 값의 압축성을 보인 것으로 사료된다. 이 결과는 면섬유를 사용한 MVS사의 압축성이 ring사 보다 낮은 값을 보인다는 Seo et al.(2004)의 선행 연구 결과와 동일한 결과를 나타냈다. 그러나 이는 Li et al.(2008)의 PET/wool air vortex 복합사 편성물이 ring사 편성물보다 더 큰 압축성을 보인다는 결과와는 상반된 결과를 보였으며 이는 PET/wool 복합사에 사용된 장섬유들의 섬유장이 본 연구에서 사용된 PTT/tencel/cotton 복합사에 사용된 단섬유들의 섬유장보다 긴 섬유의 크럼프가 있는 wool 섬유가 측면방향의 압축력에 대해 평행하게 배향된 섬유들이 더 큰 압축탄성

(a) Compressibility

(b) Bending rigidity

(c) Extensibility

(d) Shear modulus

Fig. 4. Mechanical properties of knitted fabrics according to spinning method.

변형을 보였기 때문에 사료된다. Rayon air vortex사 및 편성물의 역학특성을 연구한 결과(Suzuki & Sukigara, 2013)에서도 Li et al.(2008)의 연구와 동일한 결과를 보였다. 이 역시 레이온 섬유의 섬유장이 본 연구에서 사용한 28mm, 38mm 그리고 40mm의 단섬유장보다 긴 장섬유 방적에 필요한 60mm 이상의 섬유장을 사용하였으며 따라서 wool과 폴리에스터 섬유를 사용한 Li et al.(2008)의 연구와 유사한 결과를 보인다고 생각되며 레이온의 장섬유장과 크립프 특성이 air vortex사 및 편성물의 압축탄성 물성에 더 영향을 주어 ring사 보다 더 큰 압축성을 보인 것으로 사료된다.

Fig. 4(b)에서는 air vortex사 편성물의 굽힘강성이 ring사 편성물보다 더 큰 값을 보임으로서 더 stiff하다는 것을 알 수 있다. 이 결과는 wool과 레이온 등 다른 소재를 이용한 선행연구(Li et al., 2008; Suzuki & Sukigara, 2013)와 동일한 결과를 보이고 있으며 air vortex사 내부의 core 부분을 형성하고 있는 섬유다발들이 평행하게 배열함으로서 나선구조를 하고 있는

ring과 compact사 편성물보다 더 큰 굽힘강성치를 보인다고 사료된다.

Fig. 4(c)에서 air vortex사 편성물이 ring사 편성물보다 인장성(extensibility)이 더 작은 값을 나타내어 신축성이 나쁜 것을 알 수 있으며 이는 air vortex사 내의 평행한 다발 상태의 구조 보다 ring사의 나선 구조의 섬유배향이 더 큰 구조가 더 높은 신축성을 보여 주는 것으로 사료된다. Fig. 4(d)에서 air vortex사 편성물의 전단강성이 ring사 편성물의 전단강성치 보다 더 큰 값을 나타내어 더 stiff한 촉감을 보여주었다. 이 역시 선행연구결과(Li et al., 2008; Seo et al., 2004; Unal et al., 2010)와 유사한 결과를 보여주었다.

Fig. 5에 air vortex, compact, ring사의 SEM 사진을 보인다. 그림에서 볼 수 있듯이 air vortex사가 compact, ring사 보다 더 불균제한 것을 볼 수 있으며 사 내의 중앙에 섬유들이 평행하게 다발로 형성되어 있고 꼬임이 중간중간에 꼬여져 있음을 볼 수 있다. 이러한 구조가 측면 방향으로 압축에 대한

Fig. 5. SEM photographs of yarn specimens.

탄성이 stiff하게 되며 사의 길이 방향으로 인장과 굽힘에 대한 변형도 더 rigid하며 또한 실과 실사이의 마찰력도 불균제한 air vortex사가 더 커서 전단 변형에 대한 저항을 나타내는 전단강성도 air vortex사 편성물이 더 큰 값을 보여 딱딱한 촉감 특성을 보이는 것으로 사료된다. 반면 ring과 compact사는 섬유들이 나선형의 구조를 나타내었다. 즉 PTT/tencel/cotton을 혼합한 air vortex사의 사구조가 편성물의 역학물성에서 낮은 신축성과 압축특성을 보였으며 반면 높은 굽힘강성 및 전단강성치를 나타내어 ring사, compact사 편성물 보다 딱딱한 촉감을 보였다.

3.2. 복합사 특성에 따른 편성물의 착용촉감 특성

Table 4에 세 가지 방법에 따른 20Ne 복합사 편성물의 KES-FB system에서 측정된 역학량을 나타내었다. 이들 역학량을 ring 방적사 편성물을 기준으로 compact와 air vortex사 편성물의 역학량을 상대적 원그래프로 도시한 것을 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6에서 볼 수 있듯이 air vortex사 편성물의 신축성이 ring사, compact사 편성물보다 떨어지며 또한 압축성도 낮은 값을 나타내어 착용촉감 특성이 air vortex사가 불량함을 예측할 수 있다. 이는 Fig. 5에서 볼 수 있듯이 air vortex사의 구조가 core부에 평행한 섬유다발을 볼 수 있고 중간중간에 다발형태의 꼬임구조를 가져 이러한 사구조가 편성물의 신축성과 압축성을 낮게 하여 착용촉감을 나쁘게 하는 것으로 판단된다. 굽힘특성과 전단특성은 air vortex사 편성물이 ring, compact사 편성물보다 더 높은 값을 보여 stiff한 촉감에 의해 착용성이 더 불량함이 예측된다. Compact사 편성물의 역학물성이 ring과 air vortex사 편성물 대비 상대적으로 높은 압축성과 신축회복성 그리고 낮은 굽힘과 전단특성치를 나타내어 촉감 및 의류 착용특성이 가장 우수한 것을 알 수 있다. 이러한 사실은 compact사 방적 시스템이 ring방적 시스템을 개량한 것으로 사표면의 모우가 다소 적으면서 실은 꼬임이 더 가지런하여 압축과 신축성이 우수하며, 굽힘과 전단특성은 낮은 값을 보이는 것으로 판단된다. Fig. 5에서 compact사의 꼬임구조가 스프링처럼 가지런하게 들어가 있는 것을 확인할 수 있다. 그리고 이들 역학량의 방적법에 따른 경향은 앞에서 보인 FAST 역학량과 비슷한 경향성을 보였다.

3.3. 복합사 특성에 따른 편성물의 쾌적물성

일반적으로 섬유상 물질의 흡수성은 wetting, wicking 그리고 water vapor transmission의 3단계로 이론화(Pan & Gibson,

Fig. 6. Comparison diagram of mechanical properties of knitted fabrics according to different kinds of yarns.

2006) 되어있다. 실험적으로는 수직방향의 wicking length 측정방법과 transverse wicking에 기초한 GATS(Gravimetric Absorption Test System)방법이 사용되고 있다(Gurudatt et al., 2010). 한편, air vortex사의 별기한 구조특성과 열의 이동을 차단하는 특성이 compact, ring사와 차이가 있는가는 의류의 쾌적 물성에는 중요한 점이 된다. 본 연구에서는 PTT/tencel/cotton 원료 섬유 특성이 MVS, compact, 그리고 ring system에서의 사의 구조 특성과 편성물의 wicking, 건조 그리고 열적 쾌적 특성에 미치는 영향에 대해 분석하였다.

Table 5에 세 가지 복합사 편성물의 wicking, drying, 열전달 특성에 관계된 물성치를 나타내었다. Fig. 7에 복합사 편성물의 흡수속건 실험값을 도시하였다.

Fig. 7(a)에서 볼 수 있듯이 수분 흡수성은 air vortex사 편성물이 compact, ring사 편성물보다 낮은 값을 보여 흡수성이 떨어지는 것을 알 수 있다. 반면 Fig. 7(b)에서 건조시간이 air vortex사 편성물이 compact, ring사 편성물보다 짧아 건조성이 우수함을 알 수 있다. 이는 air vortex사의 구조에서 설명될 수 있다. Air vortex사의 내부에 평행화된 섬유다발과 air vortex사 표면의 다발형태의 꼬임구조로 인한 큰 roughness와 air vortex사 내부의 큰 기공들이 흡수된 땀액체를 포집하여 capillary 효과에 의한 위쪽으로는 수분이동을 막기 때문에 air vortex 편성물이 ring과 compact사 편성물보다 낮은 wicking성을 보인다고

Table 4. Mechanical properties of knitted fabrics according to different kinds of yarns(20's)

Specimen	EM	RT	B	2HB	G	2HG	WC	RC	MIU	T	W
Air vortex yarn	22.620	34.190	0.058	0.079	0.660	0.950	0.059	43.130	0.174	0.962	18.460
Compact yarn	26.890	37.620	0.039	0.055	0.410	0.630	0.098	54.430	0.191	1.131	20.620
Ring yarn	30.140	34.140	0.057	0.082	0.490	0.850	0.064	45.280	0.175	1.039	19.280

Table 5. Experimental data on the water and heat transports of knitted fabrics

Specimens	Wicking rate(mm)	Drying rate(min)	Thermal property	
			$Q_{\max}$ (J/cm ² ·sec)	Thermal conductivity (W/m°C)
1	20's	49.5	375	0.088
2	30's	51.0	380	0.084
3	40's	43.5	365	0.081
4	20's	59.0	510	0.101
5	30's	64.5	525	0.094
6	40's	57.0	470	0.090
7	20's	53.5	435	0.092
8	30's	57.0	430	0.092
9	40's	58.0	425	0.090

사료된다. 이 결과는 선행연구(Hsieh, 1995; Ito & Muraoka, 1993; Pack, 1995)등에서 설명되고 있다. 이들의 연구에서는 직물의 모세관 wicking이 발생하기 위해서는 어느 정도의 섬유 수와 꼬임이 필요하며 섬유의 수가 적을 때는 꼬임을 주어 섬유들 사이의 접촉정도가 일정 한도가 되어야 하며 이 때 꼬임이 너무 많거나 섬유들의 packing이 너무 높으면 수분전달이 감소한다고 하였다. 또한 섬유사이의 기공의 크기가 작고 균일하게 포집될 때 수분이 빠르게 퍼지며 기공체적이 크면 흡수된 수분의 보유능력이 커져 모세관 흡수가 낮아진다는 연구결과는 본 연구에서 air vortex사 편성물의 낮은 wicking성을 보인 것과 유사한 결과를 보였다. Air vortex사 편성물의 건조특성이 ring, compact사 편성물보다 우수한 결과를 나타낸 것은 air vortex사의 섬유사이의 공극이 ring, compact사 보다 크며 diffusion에 의한 수증기의 이동이 많아져서 건조시간이 짧아진 것으로 보인다. 이와 같은 결과는 소재는 다르지만 면과 아크릴 섬유를 혼합한 방적사의 흡수, 건조에 관한 선행연구(Das et al., 2009; Mhetre & Parachuru, 2010; Ozturk et al., 2011)에서도 동일한 결과를 보였다. Fig. 8은 복합 방적사 편성물 시료들의 열적특성을 도시한 것이다.

Fig. 8(a)에서 열전도도는 air vortex사 편성물이 compact, ring사 편성물보다 더 낮은 값을 보여 열전도성이 낮았다. 냉감 특성을 나타내는 Fig. 8(b)의 $Q_{\max}$ 값은 air vortex사 편성물이 compact, ring사 편성물보다 낮은 값을 보여 냉감특성이 낮아 하절기용 소재에는 ring, compact 편성물 소재가 더 사용성이 우수함을 알 수 있다. 열적특성이 이와 같은 결과를 보이는 것은 air vortex사의 core부의 평행한 섬유다발과 사 표면의 불균 제한 꼬임에 의한 표면의 roughness가 실의 openness를 크게 하고 이들 기공내의 갇혀진 공기가 열흐름을 방해하여 air vortex사의 열전도도가 낮은 값을 보이며 과도기의 열흐름을 나타내는 $Q_{\max}$ 값이 낮은 값을 나타낸 것으로 사료된다. 이와 같은 결과는 면과 아크릴 혼방 벌크사에 관한 선행연구(Das et al., 2009; 2007b; Das & Ishtiaque, 2004)에서 100% 면사보다 Acryl/cotton 벌키 혼방사의 열전도도가 더 낮은 값을 보임으로서 PTT와 tencel이 면과 혼합한 본 연구의 air vortex사에서와 유사한 결과를 보임을 알 수 있다.

3.4. 복합사 특성에 따른 치수안정성 및 필링특성

PTT 섬유의 T_g 가 45°C 정도로써 열에 대한 수축특성이 민

Fig. 7. Wicking and drying rates of knitted fabric specimens.

Fig. 8. Thermal property of knitted fabric specimens.

감하며 열수축에 따른 형태안정성은 편성물에 있어서 대단히 중요한 물성이다. 그리고 탄성회복특성이 우수한 PTT 섬유 특성이 편성물의 필링에는 어떠한 영향을 미치며 또한 이들 특성이 air vortex, compact, ring사의 구조와 관련하여 어떠한 차이가 있는지는 분석되어야 할 의류 착용 성능이 된다. Table

6에 편성물 시료의 응력 완화 수축률과 필링값을 나타내었다. Table 6에서 볼 수 있듯이 air vortex사 편성물의 응력 완화수축률이 3.6-6.7%의 값을 보인 반면 ring사 편성물은 4.5-5.5% 그리고 compact사 편성물은 1.3-4.5%의 분포를 나타내어 air vortex사 편성물이 높은 값을 나타내었다. 이는 air vortex사의

Table 6. Dimensional and pilling of knitted fabrics according to spinning method

Specimens No.	Air vortex			Compact			Ring		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	20Ne	30Ne	40Ne	20Ne	30Ne	40Ne	20Ne	30Ne	40Ne
Relaxation shrinkage(%)	3.61	6.70	6.14	1.30	4.35	4.49	4.53	5.68	5.53
Pilling(grade)	4	4	4	1-2	2	2	2-3	3	3-4

Fig. 9. Microscopy photographs on pilling of knitted fabric specimens.

습열수축률이 ring사 보다 큰 값을 보이는 선행연구 결과(Erdumlu et al., 2009; Li et al., 2008)와 일치하였으며 air vortex사의 구조가 벌키하여 습열에 의한 열응력이 섬유들의 재배열 변형을 크게 함으로써 응력 완화 수축이 더 큰 값을 보이는 것으로 생각된다. Fig. 9에 보인 필링 실험 결과에서 air vortex사 편성물이 ring과 compact사 편성물보다 더 우수한 결과를 보였다. 이는 Fig. 5에서 보인 세 가지 방적사 표면의 SEM사진에서 air vortex사 표면의 모우가 ring사와 compact사 보다 짧고 개수도 적어 마찰시 발생하는 필(pill)의 수가 적음을 예측할 수 있다. 이러한 결과도 선행연구(Beceran & Nergis, 2008; Erdumlu et al., 2009)와 유사한 결과를 보여주었다.

4. 결 론

탄성이 우수한 PTT 섬유의 감성 의류에의 적용 가능성을 알아보고 최신 방적기술인 MVS 정방기의 적용 가능성을 알아보기 위해 PTT/tencel/cotton 소재를 혼합하여 air vortex 방적사와 편성물의 의류 착용 물성을 조사하였으며 ring사, compact사 및 이들의 편성물의 물성과도 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) FAST 역학 특성 분석 결과 PTT/tencel/cotton 혼합 air vortex사 편성물의 압축특성과 신축성이 ring사 편성물보다 낮은 값을 가지며 굽힘과 전단특성은 더 높은 값을 가져 착용촉감이 MVS사가 ring사 대비 불량하였다.

2) KES-FB 역학특성에 의한 의류착용특성도 air vortex사 편성물이 ring사, compact사 편성물보다 더 stiff함을 보였다.

3) Air vortex사 편성물의 wicking성은 compact사, ring사 편성물보다 낮은 값을 보였으며 반면 건조특성은 더 우수한 결과를 보였다. 이는 air vortex사 core부의 평행한 섬유다발과 사표면의 간헐적인 다발형태의 꼬임구조에 기인되었다.

4) Air vortex사 편성물의 열전도성과 Q_{max} 값이 compact, ring사 편성물보다 낮은 값을 보였으며 이러한 현상도 air vortex사의 core부의 평행한 섬유다발과 표면의 roughness로 인한 사구조가 실 내부의 공극을 증가시켜 열흐름이 방해받기 때문으로 사료된다.

5) Air vortex사 편성물의 열수축률은 ring사, compact사 편성물보다 더 큰 값을 보였으며 pilling성은 더 우수한 결과를 보여주었다. 이는 air vortex사의 벌키한 사구조와 사표면의 모우가 ring사 대비 상대적으로 적은 것에 기인하였다.

본 연구에서 PTT 섬유와 cotton의 blend 원료를 air vortex system에서 적용 가능성을 확인할 수 있었으며 air vortex사는 낮은 열전도도와 낮은 wicking성 때문에 하절기용 보다 동복용 의류에 더 적합함을 알 수 있었다. Air vortex사의 다소 불안정한 형태 안정성과 우수한 pilling 특성을 고려하여 용도에 적합한 의류설계를 하는 것이 요구될 것으로 생각된다.

References

- Beceran, Y., & Nergis, B. U. (2008). Comparison of the effects of cotton yarns produced by new, modified and conventional spinning systems on yarn and knitted fabric performance. *Textile Research Journal*, 78(4), 297-303. doi: 10.1177/0040517507084434
- Das, A., & Mal, R. D. (2009). Studies on cotton-acrylic bulked yarns produced from different spinning technologies. Part I : Yarn characteristics, *Journal of the Textile Institute*, 100(1), 44-50. doi:10.1080/00405000701692379
- Das, A., Zimmiewska, M., & Mal, R. D. (2009). Studies on cotton-acrylic bulked yarns produced from different spinning technologies. Part II : Fabric characteristics. *Journal of the Textile Institute*, 100(5), 420-429. doi:10.1080/00405000701865009
- Das, A., & Ishtiaque, S. M. (2004). Comfort characteristics of fabrics containing twist-less and hollow fibrous assemblies in weft. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 3(4), 1-7.
- Das, A., Kothari, V. K., & Balaji, M. (2007a). Studies on cotton acrylic bulked yarns and fabrics : Part I - Yarn characteristics. *Journal of the Textile Institute*, 98(3), 261-267. doi:10.1080/00405000701550163
- Das, A., Kothari, V. K., & Balaji, M. (2007b). Studies on cotton acrylic bulked yarns and fabrics : Part II - Fabric characteristics. *Journal of the Textile Institute*, 98(4), 363-376. doi:10.1080/00405000701550098
- Erdumlu, N., Ozipek, B., Oztuna, A. S., & Cetinkaya, S. (2009). Investigation of vortex spun yarn properties in comparison with conventional ring and open-end rotor spun yarns. *Textile Research Journal*, 79(7), 585-595. doi:10.1177/0040517508093590
- Gurudatt, K., Nadkarni, V. M., & Khilar, K. C. (2010). A study on drying of textile substrates and a new concept for the enhancement of drying rate. *Journal of the Textile Institute*, 101(7), 635-644. doi:10.1080/00405000902732776
- Hsieh, Y. L. (1995). Liquid transport in fabric structure. *Textile Research Journal*, 65(5), 299-307. doi:10.1177/004051759506500508
- Ito, H., & Muraoka, Y. (1993). Water transport along textile fibres as measured by an electrical capacitance technique. *Textile Research Journal*, 62(7), 414-420. doi:10.1177/004051759306300706
- Lee, D. H., Choi, K. L., Na, M. H., & Cha, H. C. (2012). Mechanical properties of PET/PTT/Rayon staple blended fabrics. *Textile Science and Engineering*, 49(2), 126-132. doi:10.12772/TSE.2012.49.2.126
- Les, M. S., Armand, V. C., Carole, W., & Howard, S. (2013). Identification of the most significant comfort factors for textiles from processing mechanical, handfeel, fabric construction, and perceived tactile comfort data. *Textile Research Journal*, 83(1), 34-43. doi:10.1177/0040517512438121
- Li, Q., Brady, P. R., Hurren, C. J., & Wang, X. G. (2008). The dimensional and mechanical properties of wool/polyester fabrics made from vortex and ring-spun yarns. *Journal of the Textile Institute*, 99(6), 561-568. doi:10.1080/00405000701692411
- Mhetre, S., & Parachuru, R. (2010). The effect of fabric structure and yarn-to-yarn liquid migration on liquid transport in fabrics. *Journal of the Textile Institute*, 101(7), 621-626. doi:10.1080/00405000802696469
- Ozturk, M. K., Banu, N., & Cevza, C. (2011). A study of wicking

- properties of cotton-acrylic yarns and knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 81(3), 324-328. doi:10.1177/0040517510383611
- Pack, S. L. (1995). Effect of yarn type and twist on air permeability, absorbancy, and hand properties of open-end and ring-spun yarn fabrics. *Journal of the Textile Institute*, 86(4), 581-589. doi:10.1080/00405009508659036
- Pan, N., & Gibson, P. (2006). *Thermal and moisture transport in fibrous material*. Cambridge: Woodhead Pub.
- Seo, A. K., Takahashi, M., Nakajima, M., Matsuo, T., & Matsumoto, T. (2004). Structure and properties of MVS yarns in comparison with ring yarns and open-end rotor spun yarns. *Textile Research Journal*, 74(9), 819-826. doi:10.1177/004051750407400911
- Suzuki, Y., & Sukigara, S. (2013). Mechanical and tactile properties of plain knitted fabrics produced from rayon vortex yarns. *Textile Research Journal*, 83(7), 740-751. doi:10.1177/0040517512467132
- Unal, P. G. (2010). Investigation of some handle properties of fabrics woven with two folded yarns of different spinning systems. *Textile Research Journal*, 80(19), 2007-2015. doi:10.1177/0040517510369410
- Yanilmaz, M., & Kalaoğlu, F. (2012). Investigation of wicking, wetting, and drying properties of acrylic knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 82(8), 820-831. doi:10.1177/0040517511435851
- Zhao, L., Hu, H., & Wang, S. H. (2011). Fuzzy-intergrative judgement on the end-use performance of knitted fabrics made with polytrimethylene terephthalate blended yarns. *Textile Research Journal*, 81(17), 1739-1747. doi:10.1177/0040517511410103

(Received 5 October 2015; 1st Revised 27 October 2015;
2nd Revised 1 November 2015; Accepted 15 November 2015)