

## 중공 복합사 특성이 고감성 의류용 직물의 쾌적성에 미치는 영향

Effect of Hollow Composite Yarn Characteristics to the Comfort Property of Fabrics  
for High Emotional Garment

김현아†

Hyun-Ah Kim†

한국패션산업연구원 연구개발본부

Korea Research Institute For Fashion Industry

### Abstract

Composite draw textured yarns(DTY) and air jet textured yarns(ATY) with hollow PET filament have been used for making high emotional fabrics including light weight sports wear garments. This study investigated effect of hollow composite yarns and fabric structural parameters to the comfort properties related to the moisture and thermal transport phenomena for the composite fabrics made of DTY and ATY with hollow PET filament. Wicking property of hollow composite fabric was superior at the high pore size fabric and was not influenced by fabric cover factor. Wicking property of the fabric with ATY was better than that of the fabric with DTY. On the other hand, drying rate of fine pore sized fabric was shorter than that of large pore sized fabric and drying rate of high multi yarn fabric with low cover factor and small pore size was superior than that of hollow composite fabric. The pore size of the fabric was dominant factor in the air permeability and thermal conductivity of hollow composite fabric. High pore sized fabric showed high air permeability and thermal conductivity of hollow composite fabric was nonlinearly inversely proportional to pore size of the fabric.

**Key words:** air jet texturing, aramid/nylon hybrid ATY, aramid ATY, protective garments, physical properties

### 요약

PET 중공필라멘트 복합 DTY(Draw Textured Yarns)와 ATY(Air-jet Textured Yarns)는 경량의 스포츠 의류를 포함한 고감성 의류용으로 많이 사용되고 있다. 본 연구는 중공섬유 복합 DTY와 ATY 복합사 직물의 수분 및 열 이동에 관계되는 쾌적특성에 중공 복합사 및 직물의 구조 특성이 어떠한 영향을 미치는가에 대한 분석이다. 기공의 크기가 큰 중공 복합 직물의 흡수성이 우수하였고 커버팩터는 영향을 미치지 않았다. 또한 ATY사 직물이 DTY사 직물에 비해 흡수성이 우수하였다. 반면, 건조특성은 기공 사이즈가 미세한 직물이 기공사이즈가 큰 직물보다 건조시간이 짧았으며 낮은 커버팩터와 기공 사이즈가 작은 하이멀티사 직물이 중공 복합직물에 비해 건조특성이 우수하였다. 직물의 기공 사이즈는 공기투과도와 열전도도 특성에 가장 중요한 인자였다. 직물의 큰 기공도는 중공 복합 직물의 기공도와 열전도도에 비선형적인 반비례 상관관계를 나타냈다.

**주제어:** 중공사, 흡수성, 건조율, 공기투과도, 열전도도, 기공크기

\* 본 연구는 2013 글로벌전문기술개발사업(랜덤구조 방직기술을 접목한 천연복합소재를 이용한 신축성, 항균, 흡한속건, 자외선차단 다기능 천연감성 의류제품 개발, 과제번호 : 10044536)의 연구결과 일부임.

† 교신저자 : 김현아(한국패션산업연구원 연구개발본부)

E-mail: ktufl@krifi.re.kr

TEL: 053-721-7456

FAX: 053-986-6341

## 1. 서론

의류의 착용 쾌적성은 인체와 직물 사이에서의 수분 및 열의 이동특성과 착용시의 신체가 의류로부터 받는 압박에 영향을 주는 직물의 역학 특성에 의해 크게 지배된다. 이러한 섬유제품의 쾌적성에 관한 review 논문은 일찍이 Clulow(1987)에 의해 발표된 이후 많은 논문이 지금까지 발표되어 왔다. 최근에는 폴리에스터와 나일론 등의 중공섬유가 쾌적스포츠 의류용 소재로 사용되면서 이들의 수분 및 열이동 쾌적성 및 촉감과 의류착용 특성에 관한 연구(Cubric et al., 2013; Khoddami et al., 2009a, 2011b; Matsudaira & Kondo, 1996; Varshney et al., 2010)가 많이 수행되어 왔다. 이들의 연구에서는 섬유의 섬도와 단면형상이 착용특성에 가장 중요한 인자라는 연구결과를 발표하였다. 또한 최근에는 섬유, 실 그리고 직물구조 특성과 직물의 열전도 특성과의 상관성을 연구한 많은 논문(McGregor & Naebe, 2013; Naebe et al., 2013; Sztandera et al., 2013; Tashkandi et al., 2013)이 발표되었다. 한편 섬유 단면형상이 wicking성, wettability 등의 쾌적성에 미치는 영향을 연구한 논문(Eskin et al., 2011; Varshney et al., 2010)도 발표되었다. 이들 연구결과 중에서 중공섬유의 의류쾌적성에 관한 연구들은 다음과 같다. Khoddami et al.(2011a, 2009b) 등은 흡습쾌적성, 부드러운 촉감과 착용쾌적성이 우수한 고급 의류용 소재로 사용하기 위해서 wool 섬유와 중공 폴리에스터 섬유를 혼합한 방적사 직물소재의 water vapor permeability, thermal properties와 KES-FB system에 의한 직물 촉감 특성을 연구하였다. Matsudaira and Kondo(1996)의 연구는 중공 폴리에스터 섬유의 열적특성을 연구하였고 폴리에스터 섬유에 의한 보온특성은 열전도도를 감소시키는 섬유 내부의 흡수 또는 중공도가 증가할 때 그 값이 증가한다는 연구결과를 발표하였다. 이들의 연구에 의하면, PET 중공섬유를 혼합한 직물의 구김회복성, 투습성 그리고 공기 투과도는 PET 섬유의 특성보다 직물구조에 의해 더 많이 영향을 받으며 단지 직물의 열전도도는 일반 PET 섬유보다 중공 PET 혼합직물이 더 낮은 값을 보였다고 보고하였다. 또한 Sztandera et al.(2013) 등은 군용 보호복에 사용되는 여러 가지 섬유소재들의 역학특성과 구조인자 특성이 착용쾌적성에 미치는 영향을 통계

적인 분석방법을 이용하여 연구하였다. 이들은 군용 보호복의 착용 쾌적성을 직물의 역학특성에 의해 영향 받는 착용시의 안락함에 대한 실험을 KES-FB system을 사용하여 분석하였다. 이들은 48가지 시료 직물의 객관적인 역학량을 측정하고 이들값을 주관적인 패널들의 촉감 측정치와 회귀분석 방법을 이용하여 비교·분석 하였다. 그리고 Cubric et al.(2013) 등은 water vapor resistance에 섬유, 실, 직물 파라메타의 영향을 연구하였다. 이들은 면 100%, 면/모달(50%/50%), 비스코스 100%, 라이오셀 100%, 그리고 폴리에스터 100% 방적사 편물 34가지를 사용하여 이들의 투습저항에 영향을 미치는 인자를 분석하여 니트의 두께, 무게, 그리고 타이트니스(tightness) 팩터가 주요인자임을 확인하였다.

그러나 이들 연구 대부분은 천연소재 혹은 화학섬유 그리고 이들의 혼합방적사를 사용한 직·편물의 쾌적특성에 대한 연구가 대부분이다. 그러나 최근에 스포츠용 의류 등에 많이 사용되는 중공 필라멘트와 이들의 복합사로 만들어진 직·편물의 착용 쾌적성에 관한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 최근 스포츠 의류용으로 많이 사용되는 PET 중공필라멘트와 PET hi-multi 필라멘트와의 복합사를 DTY(Draw Textured Yarns)와 ATY(Air-jet Textured Yarns)형태로 제조하고 이들 복합사를 경사와 위사에 사용하여 고감성 직물을 제조하여 이들의 착용 쾌적특성을 분석하여 DTY와 ATY와 같은 복합사 구조 등이 직물의 착용 쾌적성에 미치는 영향을 연구하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 중공섬유 방사

POY 80d/48f, 100d/72f의 두 가지 PET 중공섬유를 방사하였다. 방사온도 285℃, Godet roller 속도 3,120m/분, 권취속도 3,100m/분으로 POY를 국내 연구기관에 설치된 방사기에서 conjugated spinning 방사를 실시하였다.

### 2.2. 복합가연사 DTY 제조

방사기에서 방사된 중공 PET POY 80d/48f를 가연시

켜 50d/48f로 만들고 이것과 PET hi-multi 65d/192f를 복합가연기(AIKI, Japan)에서 복합시켜 DTY 115d/240f를 제조하였다. 한편 방사기에서 제조한 POY 100d/72f를 가연시킨 중공 PET 60d/72f와 PET hi-multi사 65d/192f를 복합가연시켜 DTY 125d/264f를 제조하였다. Table 1에 이들 두 가지 DTY 복합사의 공정조건을 보인다.

Table 1. The physical properties of materials used for specimens

Composite DTY	Process condition				
	Heater temp. (°C)	Velocity ratio (VR)	Yam speed (m/min)	Winder angle (°)	Friction disk
115d/240f	180	1.43	500	12	1:5:1
125d/264f	180	1.43	500	12	1:5:1

note : VR : Yam speed/Disk speed

### 2.3. 에어젯트 가연사(ATY) 제조

방사기에서 방사한 중공섬유 PET POY 80d/48f를 가연한 중공사 50d/48f와 PET 45d/24f를 ATY 기계(AIKI, Japan)에서 air-jet texturing을 실시하여 PET 중공 ATY 복합사 95d/72f를 제조하였다. 또한 PET 중공사 100d/72f를 가연한 60d/72f와 PET 45d/24f를 air-jet texturing하여 PET 중공 ATY 복합사 105d/96f를 제조하였다. Table 2에 두 가지 ATY 복합사 제조 공정조건을 보였으며, Table 3에 본 연구에서 제조한 실의 특성을 보인다.

Table 2. Process condition of composite ATY specimens

Composite ATY	Process condition			
	Core	Effect	Yam speed (m/min)	Nozzle angle (°)
95d/72f	50d/48f	45d/24f	300	85
105d/96f	60d/72f	45d/24f	300	85

Table 3. Specification of yarn specimens

Yam specimen no.	Yam name	Composition
1	DTY 115d/240f	PET hollow(50d/48f) + PET(65d/192f)
2	DTY 125d/264f	PET hollow(60d/72f) + PET(65d/192f)
3	ATY 95d/72f	PET hollow(50d/48f) + PET(45d/24f)
4	ATY 105d/96f	PET hollow(60d/72f) + PET(45d/24f)

### 2.4. 직물시료의 제조

직물시료는 PET 50d/144f hi-multi를 경사로 사용하고 Table 3에 보인 복합 DTY와 ATY실을 위사로 사용하여 제작한 직물시료와 이들 복합 DTY와 ATY를 각각 경사와 위사로 사용한 모두 여섯 가지 직물시료를 air-jet 직기(Toyota, T-610, Japan)에서 제작하였다. 기공도를 달리하기 위해 조직과 밀도를 변화시켜 제작하였으며 성통폭 65인치, 가공폭은 60인치로 하여 동일한 염색·가공을 실시하였다. Table 4에 제작한 직물시료의 특성을 보인다.

Table 4. Specification of fabric specimens

Fabric specimen no.	Yam linear density		Fabric density		Weave pattern
	Wp	Wf	Wp (ends/in)	Wf (picks/in)	
1	PET hi-multi	DTY 115d/240f	240	96	Twill
2	DTY 50d/144f	ATY 95d/72f	240	106	Twill
3	DTY 125d/264f	DTY 1 25d/264f	168	120	Plain
4		ATY 105d/96f	168	120	Plain
5	ATY 105d/96f	DTY 125d/264f	168	120	Plain
6		ATY 105d/96f	168	120	Plain

### 2.5. 원사 및 직물시료의 물성 측정

#### 2.5.1 원사 물성 측정

##### 1) 인장특성

KS K 0416 필라멘트사의 강도 및 신도 시험 방법에 의거하여 Testometric Co.(England) Model MICRO 350을 이용하여 시료 길이 100mm, 인장속도 100mm/min의 조건으로 절단강도, 절단신도, 초기탄성률을 10회 실험하여 평균치를 사용하였다.

##### 2) SEM 측정

원사의 단면은 FE-SEM(S-4100, Hitachi co., Japan)을 사용하여 측정하였다.

## 2.5.2 직물 물성 측정

### 1) 직물의 구조인자 측정

경사와 위사에 사용된 실의 선밀도(KS K ISO 2060), 직물밀도(KS K 0511), 직물두께(KS K 0506), 직물무게(KS K 0514)를 측정하였다. 이들 측정치에서 아래식에 의해 cover factor를 계산하였다. 직물의 단면 사진은 FE-SEM(S-4100, Hitachi co., Japan)을 사용하여 측정하였다.

$$Cover\ factor\ (C_f) = D_1d_1 + D_2d_2 - D_1d_1D_2d_2$$

where, D<sub>1</sub> : 경사밀도(ends/in)

D<sub>2</sub> : 위사밀도(picks/in)

d<sub>1</sub> : 경사직경(cm)

d<sub>2</sub> : 위사직경(cm)

### 2) Wicking성

Wicking특성은 Birec method(KS K 0815)에 의해 실험하였다. 20cm x 2.5cm 스트립 시료를 준비하여 시료의 한쪽 끝단을 27±2℃의 증류수가 담겨있는 수조에 두어 10분 후의 wicking된 길이(mm)를 측정하였다.

### 3) 건조특성

KS K 0815A 법에 의해 측정하였다. 27±2℃ 증류수가 담겨있는 수조에 40cm x 40cm 시료를 침지시켜 충분히 흡수시켰다가 꺼내어 물방울이 더 이상 떨어지지 않을 때 측정장치에 시료를 걸고 표준상태에서 자연건조 될 때까지 시간(min)을 건조율(drying rate)로 측정하였다.

### 4) 공기투과도

공기투과도(air permeability, R, cm<sup>3</sup>/sec/cm<sup>3</sup>)는 KS K ISO 9237법에 의해 Fx 3300(TEXTEST, 스위스) 계측기를 사용하여 시료크기 30cm x 30cm를 5개 준비하여 시험하였다. 공기압력 100 pa.을 공기투과면적 20cm<sup>2</sup>에 가한 후 아래식에 의해 공기투과도 R을 측정하였다.

$$Air\ permeability\ (R) = \frac{Q}{A} \times 167$$

where, Q : 유량의 산술평균(cm<sup>3</sup>/min)

A : 시험편의 면적(cm<sup>2</sup>)

167 : 환산상수

### 5) 열전도 특성

KES-F7(Thermolabo II, Kato Tech. Co., Ltd., 일본)을 이용하여 열전도도를 측정하였으며 항온항습실(실내온

도 22±1℃, 70±5% RH)에서 측정하였다. 5cm x 5cm 크기의 직물시료를 3개 준비하여 정상 상태에서의 열손실을 측정하여 아래식에 의해 열전도도(thermal conductivity, K, W/cm<sup>2</sup>°C)를 측정하였다.

$$= Thermal\ conductivity\ (K) = \frac{W \cdot D}{\Delta T}$$

where, W : 열손실(W/cm<sup>2</sup>)

D : 시험편의 두께(cm)

ΔT : 시료의 온도차이(°C)

### 6) 직물의 기공 크기 특성

직물시료의 기공 크기(porosity size, μm)는 Capillary Flow Porometer(CFP-1200AE, PMI, USA)를 사용하여 아래의 식으로 계산하였다. 아래의 식에서 얻어지는 유량과 압력 그래프에서 중간값을 평균기공의 크기로 계산하여 시료의 기공도로 하였다.

$$porosity\ (D) = \frac{c\tau}{p}$$

where, c : 상수

τ : 액체 표면 장력(dyne/cm)

p : 압력(lb/(in)<sup>2</sup>)

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 원사물성과 직물구조특성

Table 5에 네 가지 가공사의 실측변수와 역학물성을 나타내었다. Table 5에서 볼 수 있듯이 중공섬유 60d/72f와 함께 가연된 시료인 2번과 4번 복합사가 중공섬유 50d/48f로서 가연된 1번과 3번 복합사 보다 절단강도와 전단신도가 낮은 값을 보임을 알 수 있다. 이는 DTY와 ATY 제조시 복합되는 중공섬유가 2번과 4번 시료는 60d/72f이며 1번과 3번 시료에 사용된 중공섬유 50d/48f 보다 세테니어이면서 중공율도 더 높아서 절단강도와 절단신도가 낮은 값을 보이는 것으로 사료된다. Figure 1에 두 가지 중공섬유 단면과 네 가지 복합사의 SEM 단면 사진을 나타내었다. Figure 1(a)와 (b)에서 볼 수 있듯이 50d/48f 중공사와 60d/72f 중공사의 중공을 확인할 수 있다. Figure 1(c)와 (d)에서는 중공섬유와 일반 PET와의 DTY 복합된 단면을 확

인할 수 있으며 Figure 1(e)와 (f)에서는 중공섬유와 이형단면 PET와의 ATY 복합된 단면을 확인할 수 있다.

Table 6은 여섯 가지 직물 시료의 실측한 경사와 위사의 실의 변수와 직물의 밀도를 나타냈다. 이들 실측한 실의 변수와 직물 밀도값에서 계산된 cover factor를 보인다.

Table 5. Details of measured yarn physical properties

Yarn no.	Specification	Measured yarn linear density(d)	Tensile property		
			Tenacity (gf/d)	Breaking strain(%)	Modulus (gf/d)
1	DTY 115d/240f	123.4	3.64	10.12	56.55
2	DTY 125d/264f	145.9	3.11	4.10	101.36
3	ATY 95d/72f	100.6	3.68	7.39	69.01
4	ATY 105d/96f	103.6	3.05	5.03	68.50

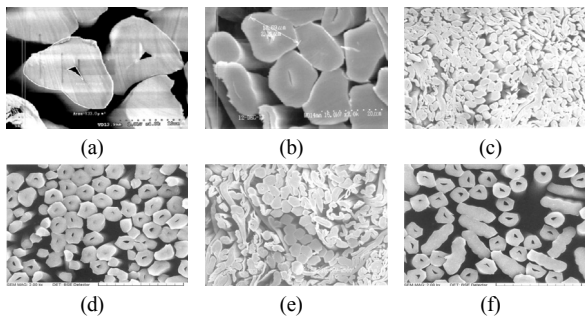


Figure 1. Scanning electron microscope on the cross section of yarns.

note: Hollow yarn 50d/48f(x4000) (a), Hollow yarn 60d/72f(x4000) (b), DTY 115d/240f(x500) (c), DTY 125d/264f(x2000) (d), ATY 95d/72f(x500) (e), and ATY 105d/96f(x2000) (f).

Table 6. Details of measured fabric physical properties

Specimen no.	Measured yarn linear density(d)		Measured fabric density		Cover factor	Weight (g/m <sup>2</sup> )	Thickness (mm)
	Wp	Wf	Wp (ends/in)	Wf (picks/in)			
1	51.2	123.4	260	108	0.963	131.2	0.20
2	51.2	100.6	259	118.35	0.962	133.8	0.20
3	145.9	145.9	183.33	136.42	1.017	103.3	0.28
4	145.9	103.9	183.33	136.42	1.029	103.3	0.27
5	103.9	145.9	183.33	136.42	0.984	109.3	0.22
6	103.9	103.9	183.33	136.42	0.974	111.7	0.21

### 3.2. 복합사 직물의 wicking 특성

Table 7에 여섯 가지 직물시료의 쾌적물성치를 나타내었다. Figure 2는 여섯 가지 직물 시료의 경사와 위사

방향의 wicking 특성을 나타내었다. Figure 2에서 볼 수 있듯이 위사만 중공섬유 복합사를 사용한 1번, 2번 시료보다 경사와 위사를 모두 중공섬유 복합사를 사용한 3번, 4번, 5번 그리고 6번 시료의 수분흡수 길이가 평균 6배에서 8배까지 훨씬 길어서 흡수성이 뛰어난 것을 알 수 있다. 이러한 사실은 Table 7의 porosity data에서도 알 수 있듯이 1번과 2번 시료는 기공 size가 1.74에서 1.65인 반면 3번에서 6번 시료의 경우 2.15에서 11.32까지의 높은 값을 나타내어 수분 흡수성이 뛰어난 것을 알 수 있다. 경사와 위사방향의 평균 흡수성이 4번 직물시료가 가장 높은 값을 보였으며 Table 7에서 볼 수 있듯이 이 시료가 기공도가 가장 높은 11.32를 나타내어 수분을 흡수 할 수 있는 공간이 가장 커서 capillary의 효과에 의해 수분 흡수도가 가장 큰 것으로 사료된다. 직물의 cover factor는 4번 시료가 가장 높은 값을 보이기는 하지만 시료간의 cover factor값 차이가 크지 않아서 열 수분이동 특성과 cover factor의 상관성은 적을 것으로 판단된다. 그러나 사의 구조 측면에서 본다면 경사와 위사 밀도가 동일한 3번에서 6번 시료에서 위사에 ATY시료를 사용한 4번 시료와 경사에 ATY를 사용한 5번 시료의 위사와 경사의 흡수성이 높은 것을 볼 수 있으며 이는 ATY의 벌키한 사의 구조가 wicking성에 직물의 cover factor보다 더 영향을 주는 것에 기인된 것으로 판단된다. Figure 3에 여섯 가지 직물시료의 위사방향의 SEM 단면 사진을 보였다. 4번 시료의 위사와 5번 시료의 경사가 다른 시료 대비 벌키한 사 구조를 볼 수 있다.

Table 7. Physical properties of fabric specimens

Specimen no.	Wicking (mm/min)		Drying rate (min)	Air permeability (cm <sup>3</sup> /sec/cm <sup>2</sup> )	Thermal conductivity (W/m°C)	Porosity size (µm)
	Wp	Wf				
1	13	14	45	0.8	0.046	1.74
2	13	12	40	0.6	0.045	1.65
3	82	62	110	875	0.006	7.75
4	70	95	115	694	0.002	11.32
5	80	64	85	160	0.015	2.15
6	77	53	65	158	0.005	6.94

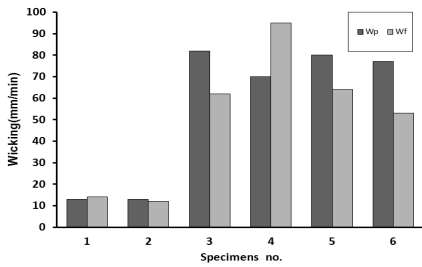


Figure 2. Wicking length of fabric specimens.

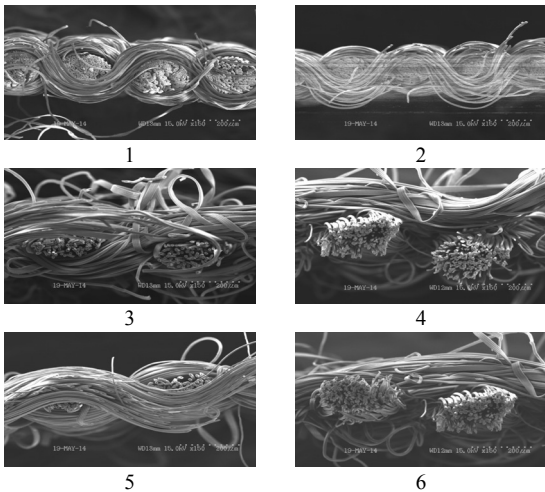


Figure 3. Scanning electron microscope of weft section of fabric specimens.

### 3.3. 복합사 직물의 건조특성

Figure 4에 Table 7에 보인 여섯 가지 직물시료의 건조율을 도시하였다. Figure 4에서 볼 수 있듯이 위사만 중공섬유 복합사를 사용한 1번과 2번 시료보다 경사와 위사 모두 중공섬유 복합사를 사용한 3번에서 6번 시료의 건조율이 더 높은값, 즉 건조시간이 더 걸리므로 건조성이 나쁜 결과를 보였다. 이러한 현상은 앞에서 설명된 wicking 결과와 반대의 결과를 보이며 중공섬유내 혹은 섬유와 섬유 그리고 실과 실 사이의 공간이 작을수록 흡수된 수분의 양이 적어서 건조시간이 짧다는 것을 말해준다. 그리고 1번과 2번 시료의 건조특성이 우수한 것은, 흡수된 수분이 증발에 의해 빠져나갈 때에는 cover factor가 낮을수록 기공사이즈가 미세할수록 증기압에 의한 수분의 이동이 저항을 적게 받아서 건조시간이 짧음을 알 수 있다.

한편 5번과 6번 시료가 3번과 4번 시료보다 건조율이 우수함을 알 수 있고 Table 6에서 알 수 있듯이 ATY 복합사 직물인 5번과 6번 시료의 cover factor는

DTY 복합사 직물인 3번과 4번 시료보다 낮은 값을 가지며 기공사이즈도 3번과 4번 시료보다 더 작은 값을 가져서 건조성이 더 우수함을 알 수 있다. Figure 3에서 보인 1번부터 6번 직물 시료의 두께방향 SEM 사진을 보면 1번과 2번 시료가 3번에서 6번 시료보다 더 compact 하나 cover factor는 낮으며 낮은 기공도를 보임을 알 수 있으며, 또한 5번과 6번 시료가 3번과 4번 시료보다 섬유와 섬유, 실과 실 사이의 기공사이즈가 더 작음을 볼 수 있다.

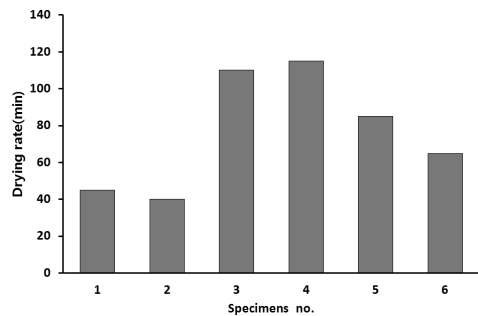


Figure 4. Thermal shrinkages of ATY specimens.

### 3.4. 복합사 직물의 공기투과도 특성

Figure 5는 여섯 가지 직물시료의 공기투과도 특성을 나타내었다. 경사에 hi-multi사를 사용하고 위사에 중공섬유 복합사를 사용한 1번과 2번 시료의 공기투과도는 거의 없는 반면 경사에 DTY를 사용하고 위사에 중공섬유 복합사인 DTY와 ATY를 각각 사용한 3번과 4번 시료의 공기투과도는 700에서 875의 높은 값을 보였다. 반면에 밀도가 높은 경사에 중공섬유 ATY 복합사를 사용하고 위사에 중공섬유 복합사인 DTY와 ATY를 각각 사용한 5번과 6번 시료의 공기투과도는 160과 158을 나타내어 3번과 4번 시료보다 낮은 값을 보인다. 이는 앞에서 보인 직물 SEM 단면 사진인 Figure 3에서 볼 수 있듯이 1번과 2번 시료의 cover factor가 다른 시료 대비 낮은 값을 보였으나 경사의 hi-multi사 사용 때문에 기공사이즈가 다른 시료에 비해 작은 값을 보였기 때문으로 해석된다. 특히, 3번과 4번 시료의 공기투과도가 큰 값을 보이는 것은 기공의 사이즈가 다른 시료대비 큰 값을 보임으로써 공기투과도에는 cover factor보다 기공도가 가장 중요한 인자임을 확인할 수 있었다.

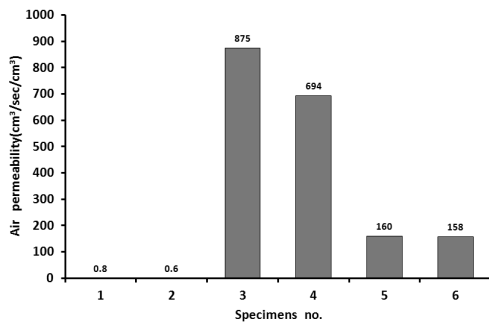


Figure 5. Air permeability of fabric specimens.

### 3.5. 복합사 직물의 열전도도 측정

Figure 6은 Table 7에 보인 여섯 가지 직물시료의 열전도도를 도시한 것이다. 경사에 hi-multi사를 사용한 1번과 2번 시료가 경사와 위사에 중공섬유 복합사인 DTY와 ATY를 각각 사용한 3번과 4번 시료보다 훨씬 큰 값을 보였다. 그리고 3번과 5번 시료가 4번과 6번 시료보다 더 높은 열전도도를 보였다. 이는 Table 7에 보인 porosity 결과와 상관성이 높은 것으로 설명될 수 있다. Figure 7에 여섯 가지 직물의 porosity와 열전도도의 상관관계를 나타내었다. 즉, 기공 size가 큰 값을 보인 시료가 열전도도가 낮은 것을 보였다. 즉, hi-multi사 직물(1번, 2번 시료)보다 중공섬유 복합사인 DTY와 ATY 직물(3번~6번 시료)의 기공도가 크며 기공내의 공기가 열의 이동을 차단함으로써 열전도도가 낮아지는 것을 알 수 있다. 또한 복합사의 변수가 굵은 실이면서 중공섬유와의 사구조가 DTY 보다 ATY사로 제작된 직물시료인 4번과 6번 시료의 열전도도가 3번과 5번 시료보다 더 낮은 값을 보였다. 특히 중공섬유와 복합한 DTY 복합사보다 ATY사 구조가 실 내의 기공도가 큰 값을 가짐으로써 기공내의 공기가 열의 이동을 차단함으로써 열전도도가 낮은 값을 보이는 것으로 사료된다. Figure 8에 여섯 가지 직물시료의 경사방향 단면 SEM 사진을 나타내었다. 1번, 2번 시료보다 3번과 5번이, 그리고 이들보다 4번과 6번이 기공도가 더 크고 기공의 크기가 큰 것을 확인할 수 있다.

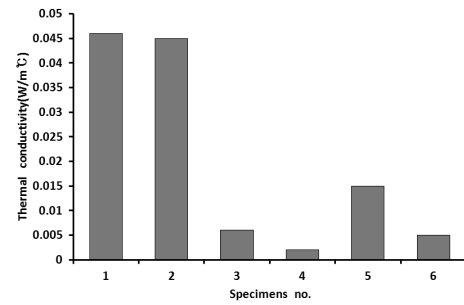


Figure 6. Thermal conductivity of fabric specimens.

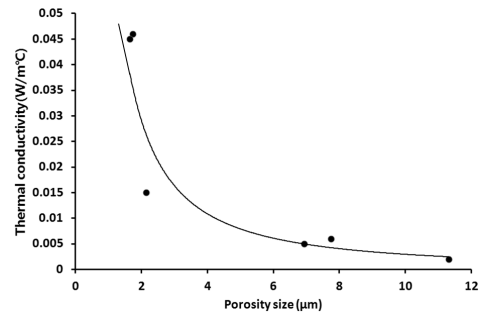


Figure 7. Diagram between porosity size and thermal conductivity of fabric specimens.

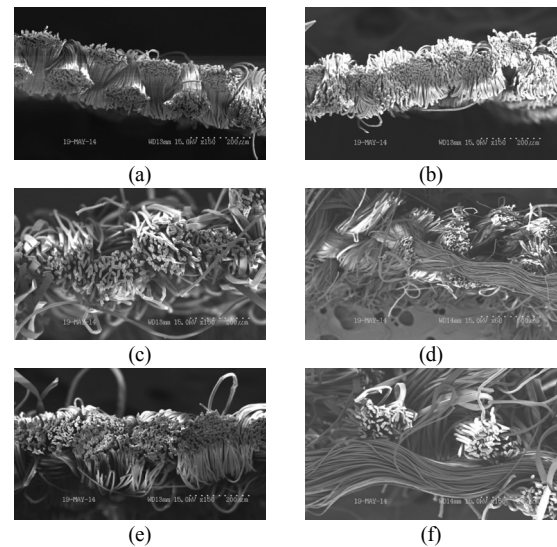


Figure 8. Scanning electron microscope of warp section of fabric specimens.

## 4. 결론

중공섬유 복합 DTY와 ATY 복합사 직물의 수분 및 열이동에 관계되는 쾌적특성에 중공 복합사 및 직물의 구조 특성이 어떠한 영향을 미치는 가에 대한 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) Wicking 특성은 경·위사에 모두 중공 복합사를 사용하여 직물의 기공 size가 큰 직물이 우수하였고 cover factor는 상관성을 보이지 않았으며 사의 구조 측면에서는 DTY보다 bulky한 ATY사 직물에서 높은 wicking성을 보였다.
- 2) 건조특성은 wicking성과 반대 현상을 보였으며 이는 중공 복합직물의 경우 중공섬유내 섬유와 섬유, 그리고 실과 실 사이의 공간이 작은 ATY 복합직물이 기공사이즈가 미세하여 증기압에 의한 수분의 이동저항이 적으며 흡수된 수분의 양도 적어서 DTY 복합직물보다 건조시간이 짧다는 것을 알 수 있다. 그리고 cover factor가 낮고 기공의 size가 작은 하이멀티 직물이 중공 복합직물보다 건조성이 더 우수하였다.
- 3) 공기투과도는 cover factor보다 기공도가 가장 중요한 인자이며 기공도가 낮은 hi-multi사 직물의 공기투과도는 낮은 값을 보였고 기공도가 높은 복합직물의 공기투과도는 높은 값을 보였다. 그리고 DTY 복합직물의 공기투과도가 ATY 복합 직물보다 더 큰 값을 보였다.
- 4) 기공도가 낮은 hi-multi사 직물의 열전도도가 높은 값을 보였으며 기공도가 높은 중공 복합직물의 열전도도는 낮은 값을 보였다. 그리고 DTY 복합직물보다 ATY 복합직물의 기공도가 큰 값을 가짐으로써 기공내의 공기가 열의 이동을 차단함으로써 열전도도가 낮은 값을 보였다.

## REFERENCES

- Acar, M., & Wray, G. R. (1986). An analysis of the air-jet yarn-texturing process part : The effect of wetting the yarns, *Journal of The Textile Institute*, 77(6), 359-370.
- Cubic, I. S., Skenderi, Z., & Havenith, G. (2013). Impact of raw material, yarn and fabric parameters, and finishing on water vapor resistance, *Textile research journal*, 83(12), 1215-1228.
- Clulow, E. E. (1987). The assessment of comfort. *J. Text. Inst.*, 78(4), 322-323.
- Eskin, B., Ucar, N., & Demir, A. (2011). Water vaporabsortion properties of a novel filament composed of maleic anhydride polypropylene, polypropylene and super absorbent polymer, *Textile research journal*, 81(14), 1503-1509.
- Khoddami, A., Carr, C. M., & Gong, H. (2009a). Effect of hollow polyester fibres on mechanical properties of knitted wool/polyester fabrics, *Fibers and polymers*, 10(4), 452-460.
- Khoddami, A., Soleimani, M., & Gong, H. (2011b). Effect of finishing on the mechanical and thermal properties of fabrics from wool and hollow polyester fibres, *Textile research journal*, 81(19), 2006-2016.
- Matsudaira, M., & Kondo, Y. (1996). The effect of a grooved hollow fibre on fabric moisture-and heat-transport properties. *J. Text. Inst.*, 87(3), 409-416.
- McGregor, B. A., & Naebe, M. (2013). Effect of fibre, yarn and knitted fabric attributes associated with wool comfort properties. *J. Text. Inst.*, 104(6), 606-617.
- Naebe, M., Lutz, V., McGregor, B. A., Tester, D., & Wang, X. (2013). Effect of surface treatment and knit structure on comfort properties of wool fabrics. *J. Text. Inst.*, 104(6), 600-605.
- Sztandera, L. M., Cardello, A. V., Winterhalter, C., & Schutz, H. (2013). Identification of the most significant comfort factors for textiles from processing mechanical, hand feel, fabric construction, and perceived tactile comfort data. *Textile research journal*, 83(1), 34-41.
- Tashkandi, S., Wang, L., & Kanesalingam, S. (2013). An investigation of thermal comfort properties of Abaya woven fabrics. *J. Text. Inst.*, 104(8), 830-837.
- Varshney, R. K., Kothari, V. K., & Dhamija, S. (2010). A study on thermophysiological comfort properties of fabrics in relation to constituent fibre fineness and cross-sectional shapes. *J. Text. Inst.*, 101(6), 495-505.
- 원고접수: 2014.11.17  
수정접수: 2014.12.04  
게재확정: 2014.12.08