한국의류산업학회지
제20권 제1호, 2018
<연구논문>

pISSN 1229-2060
eISSN 2287-5743
Fashion & Text. Res. J.
Vol. 20, No. 1, pp.83-92(2018)
https://doi.org/10.5805/SFTI.2018.20.1.83

습 · 건열 열고정 조건이 스트레치 직물의 역학특성과 의류형성성능에 미치는 영향

김현아† · 김승진[1)]
한국패션산업연구원 연구개발본부
[1)]영남대학교 파이버시스템공학과

Effect of Wet and Dry Thermal Setting Conditions of Stretch Fabric to Fabric Mechanical Property and Garment Formability

Hyun-Ah Kim† and Seung-Jin Kim[1)]
Korea Research Institute for Fashion Industry; Daegu, Korea
[1)]Dept. of Fiber System Engineering, Yeungnam University; Gyeongsan, Korea

Abstract : This paper investigated garment formability and fabric mechanical properties of one-way and two-way stretch fabrics according to the thermal treatment methods. One-way and two-way stretch fabrics were woven using 75d and 150d PET/spandex covering yarns and then these were wet thermal treated with four kinds of finishing machines. The fabric mechanical properties of these stretch fabrics specimens were measured and compared with the regular PET fabrics. The stretch ratio of one-way stretch fabric was ranged 12 to 26 percentage, 15 to 45 percentage for 2-way stretch fabrics and 4 to 10 percentage for regular fabrics. Garment formability of stretch fabric was superior than that of regular fabrics, in addition, 2-way stretch fabric was better than one-way. The garment formability of the stretch fabrics treated with CPB and Lava wet thermal machines showed the highest values, and the stretch ratio of these 2-way stretch fabrics was also the highest, which was ranged 20 to 45 percentage. This phenomenon was assumed to be due to high extensibility and bending rigidity with low shear modulus of the 2-way stretch fabric treated with CPB and Lava wet thermal machines. It was shown that the garment formability of stretch fabrics treated without dry thermal treatment was higher than that of dry thermal treated fabrics. It revealed that high stretch fabric was available under the condition of low process tension in the wet and dry thermal treatments of the finishing process, which makes high garment formability.

Key words : garment formability (의류형성성능), stretch fabrics (스트레치 소재), thermal treatment (열처리), finishing process (후가공), mechanical properties (역학특성)

1. 서 론

스트레치 소재의 개발은 피부와 같은 무하중하에서의 신축 기능을 가지는 쾌적의류를 추구하는 소비자의 요구에서 출발하였다. 1938년 나일론이 출시된 후 1955년경 가연(false twist) 가공사가 생산되기 시작하면서 신축성이 부여된 스트레치 소재가 생산되기 시작하였다. 그러나 이들 가연사는 신축성이 비교적 적은 저스트레치 영역에 한정되었고 스포츠용 의류와 같이 고스트레치 의류용에 사용되는 스트레치사는 1958년경 미국 듀퐁(Du Pont)에서 개발한 폴리우레탄(polyurethane) 탄성사인 라이크라(Lycra)가 발매가 되면서 1960년대부터 본격적으로 스트레치 소재가 시장에 등장하게 되었다(Tanie & Matusda, 1966). 라이크라를 커버링(covering) 기계에서 심사로 하고 바깥에 PET, 나일론, 면 그리고 울 섬유로 피복한 스트레치사는 고신축성 소재에 주로 사용되었으나 생산원가를 줄이면서 스트레치성을 부여한 제품으로 연신가연사(Draw Textured Yarn,, DTY)와 부분 배향사(Partially Oriented Yarn,, POY)를 복합시킨 이수축혼섬 스트레치사가 ITY(Interlaced Textured Yarn)기계에서 만들어지게 되면서 저스트레치 소재용으로 사용되어 왔다. 한편, 최근에는 복합방사 기술로 만들어진 신축사가 Z-10(Unitica, 일본), Espandy(Kanebo, 일본) 그리고 T-400(Du Pont, 미국)등의 브랜드로 상용화 되고 있다. 특히 T-400은 PTT(Poly Trimethylene Terephthalate)와 PET를 40%와 60% 복합시킨 이성분 방사기술에 의한 신축사로서 신축성이 뛰어나

†Corresponding author; Hyun-Ah Kim
Tel. +82-53-721-7459, Fax. +82-53-986-6341
E-mail: ktufl@krifi.re.kr
© 2018 (by) the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

신축소재에 많이 사용되고 있다. 그러나 의류의 신축성은 신축 정도에 따라 컴포트 스트레치(comfort stretch; 10~20% 스트레치율), 퍼포먼스 스트레치(performance stretch; 20~40% 스트레치율), 그리고 파워 스트레치(power stretch; 40% 이상)로 나누어지며 위에서 소개된 스트레치사 중에서 파워 스트레치 의류에서는 스판덱스 커버링사가 가장 많이 사용되고 있다. 드레스, 블라우스, 등의 루즈 핏(loose fit) 의류에는 10~20%의 스트레치율을 가진 comfort stretch 소재가 적당하며 T-shirts, 데님바지, 타이트 스커트와 같은 마일드 핏(mild fit) 의류는 40% 전후의 power stretch 소재가 요구된다(Tanaka, 1984; Komatsu, 1981). 그러나 스포츠 의류와 같은 타이트(tight) 의류에는 50% 이상의 높은 신축성이 요구되며 이러한 의류에는 스판덱스 커버링 신축사가 생산원가가 높지만 많이 사용되고 있다. 이러한 신축직물의 연구를 살펴보면 일찍이 신축성이 일반 PET보다 우수한 PTT섬유를 이용한 직물의 신축성을 연구한 논문으로서 Choi(2003)의 연구에서는 두 직물을 20% 신장 후 신장회복성이 경사와 위사방향 모두 PTT직물이 PET직물보다 우수함을 확인하였다. 한편 Lee et al.(2000)은 여성 의류용 스트레치 직물의 역학량을 측정하여 이들의 태 특성치와 드레이프 특성을 직물의 역학량과 비교하였으며 이들의 봉제성 평가를 역시 KES-FB 시스템에서 측정한 역학량에서 예측하여 스트레치 직물 특성과 비교하였다. 한편, 신축직물의 직물설계인자와 이들의 신축회복성 및 압축특성 등이 우수한 최적 직물제조 조건에 대한 연구(Maqsood et al., 2016), 신축직물의 공기투과도(Mourad et al., 2012), 열적성질과 함께 접촉 쾌적성(Rego et al., 2010) 그리고 데님 스트레치 직물의 가공공정의 기여(El-Ghezal et al., 2009) 등에 대한 연구 등이 발표되었다. 그러나 최근에 발표된 많은 연구들이 스판덱스 커버링사 면직물의 촉감(Al-Ansary, 2011; Varghese & Thilagavathi, 2015), 스트레치성(Gorjanc & Bulošek, 2008; Hirokazu et al., 2012; Ortlek & Ulku, 2007), 배깅(bagging)특성(Özdil, 2008) 등에 커버링사 제조조건이 어떠한 영향을 미치는 가에 대한 연구가 많이 수행되어 왔다. 그러나 이러한 커버링 신축사를 사용하여 신축소재를 제조하여도, 사제조 공정후의 직물설계조건과 염색과 가공등의 제조 공정조건에 따라 신축특성과 회복성 향상이 가능한 것으로 알려져 있고, 따라서 생산공정에서는 높은 신축성을 갖는 스트레치 직물의 습·건열고정 공정에서의 최적공정을 찾기위한 많은 노력을 기울이고 있다. 그러나 이들 조건에 따른 신축소재들의 신축 및 탄성회복에 대한 연구는 시료제조의 어려움 때문에 많이 연구가 되지 못하였다. 또한 이들 신축소재가 위사방향의 일축 신장(one-way stretch)과 경·위사 양방향의 이축 신장(two-way stretch)소재 간의 착용특성에 차이가 있는지에 대한 연구도 신축성이 없는 일반소재와 비교하여 데이터화 된 자료는 아직 발표된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 스판덱스/PET 커버링 신축사를 제조하고 이들을 사용하여 경·위사방향 실의 번수와 스판덱스 커버링사를 변화시켜 일축 그리고 이축 신장직물을 제조하였다. 또한 습열 열고정 조건을 4가지로 바꿔준 시료들 그리고 건열 열고정 처리 직물과 미처리 직물 시료들 간의 신축특성과 의류착용특성을 이들 시료의 역학량을 측정하여 예측하므로서 고기능성 신축 의류 직물물성에 관한 기초연구를 수행하고자 한다.

2. 실험 준비

2.1. 시료준비

2.1.1. 스트레치 직물 제직

본 연구를 위해 의류용으로 사용되는 PET 필라멘트 사는 75d와 150d 두 가지 번수로 준비하였고 75d PET는 스판덱스(spandex) 40d와 커버링사를 제조하였으며 150d PET도 스판덱스 40d를 사용하여 커버링사를 준비하였다. 이들 실을 사용하여 컨트롤 직물로 사용하기 위해 경사와 위사에 75d와 150d PET사로 제직한 직물을 레귤러 직물로 하였고 경사에 각각 75d와 150d PET사를 사용하고 위사에 75d PET/40d 스판덱스 커버링사, 150d PET/40d 스판덱스 커버링사를 각각 사용하여 제직한 일축 스트레치 직물 그리고 경사, 위사 모두 75d PET/40d 스판덱스 커버링사, 150d PET/40d 스판덱스 커버링사로 제직한 이축 스트레치 직물 등 3가지 직물군으로 레피어(Rapier) 직기(Picanol, 벨기에)에서 제직하였다. 직물조직은 2/2 능직으로 제직하였다.

2.1.2. 습열 열고정 조건을 변화시킨 가공직물 준비

이들 생지는 정련(scouring), 습열, 건조, 건열 텐터(tenter)처리, 염색, 건조공정을 거쳐 가공지로 제조하였다. 여기서 정련 습열 열고정 조건이 신축특성에 어떤 영향을 미치는 가를 보기위해 습열 열고정를 4가지 종류의 기계로 변화시켜주고 또한 건열 텐터에서의 세팅처리 유무에 따른 스트레치 특성을 알아보기 위해 2가지 군으로 시료를 준비하였다. Table 1에 이들 시료 48가지 직물 시료군을 보였다. 1번에서 24번까지는 건열 세팅시료이며 25번부터 48번까지는 non-setting시료이다. 그리고 1번에서 12번 시료는 75d이며 13번에서 24번 시료는 150d로서 75d 12개 시료는 3개군으로 나누어지며 일반직물(1번-4번, control시료), 일축 직물(5번-8번) 그리고 이축 직물(9번-12번)로 구분되며 150d역시 동일하게 3개군으로 12개 시료로 구성된다.

그리고 습열 전처리 기계 4가지의 특성을 Table 2에 나타내었다.

2.2. 직물 역학특성 측정

본 연구에서 사용된 직물시료의 역학물성은 KES-FB system(Kawabata's Evaluation System)과 FAST system(Fabric Assurance by Simple Testing System)을 이용하여 측정하였으며 각 측정방법에 따른 직물시료들의 의류형성성능을 계산하였다. Table 2에 이들 두 가지 역학량 측정장치의 각 역학량 측정 항목을 나타내었다.

Table 1. Structural parameters of the fabric specimens

Specimen number	Yarn linear density(d)		Fabric density		Thickness (mm)	Machine type	Specimen number	Yarn linear density(d)		Fabric density		Thickness (mm)	Machine type
	W_p	W_f	W_p(ends/in)	W_f(picks/in)				W_p	W_f	W_p(ends/in)	W_f(picks/in)		
1	PET 75d	PET75d	149	77	0° 219	CPB-rapid	25	PET 75d	PET75d	145	74	0° 297	CPB-rapid
2	PET 75d	PET75d	150	74	0° 209	Rope	26	PET 75d	PET75d	148	78	0° 298	Rope
3	PET 75d	PET75d	150	74	0° 193	Continuous	27	PET 75d	PET75d	149	72	0° 215	Continuous
4	PET 75d	PET75d	153	73	0° 188	Jiggar	28	PET 75d	PET75d	149	74	0° 215	Jiggar
5	PET 75d	PET75d+ Spandex40d	168	80	0° 453	CPB-rapid	29	PET 75d	PET75d+ Spandex40d	130	81	0° 183	CPB-rapid
6	PET 75d	PET75d+ Spandex40d	177	79	0° 466	Rope	30	PET 75d	PET75d+ Spandex40d	140	83	0° 718	Rope
7	PET 75d	PET75d+ Spandex40d	167	76	0° 392	Continuous	31	PET 75d	PET75d+ Spandex40d	158	73	0° 642	Continuous
8	PET 75d	PET75d+ Spandex40d	162	76	0° 272	Jiggar	32	PET 75d	PET75d+ Spandex40d	153	73	0° 409	Jiggar
9	PET75d+ Spandex40d	PET75d+ Spandex40d	168	85	0° 475	CPB-rapid	33	PET75d+ Spandex40d	PET75d+ Spandex40d	126	109	0° 224	CPB-rapid
10	PET75d+ Spandex40d	PET75d+ Spandex40d	175	87	0° 49	Rope	34	PET75d+ Spandex40d	PET75d+ Spandex40d	140	111	0° 746	Rope
11	PET75d+ Spandex40d	PET75d+ Spandex40d	165	72	0° 4	Continuous	35	PET75d+ Spandex40d	PET75d+ Spandex40d	146	78	0° 668	Continuous
12	PET75d+ Spandex40d	PET75d+ Spandex40d	161	68	0° 286	Jiggar	36	PET75d+ Spandex40d	PET75d+ Spandex40d	151	68	0° 541	Jiggar
13	PET 150d	PET150d	109	63	0° 315	CPB-rapid	37	PET 150d	PET150d	105	61	0° 297	CPB-rapid
14	PET 150d	PET150d	111	62	0° 285	Rope	38	PET 150d	PET150d	108	64	0° 376	Rope
15	PET 150d	PET150d	108	63	0° 265	Continuous	39	PET 150d	PET150d	110	58	0° 375	Continuous
16	PET 150d	PET150d	108	62	0° 249	Jiggar	40	PET 150d	PET150d	110	59	0° 279	Jiggar
17	PET 150d	PET150d+ Spandex40d	103	64	0° 434	CPB-rapid	41	PET 150d	PET150d+ Spandex40d	103	64	0° 242	CPB-rapid
18	PET 150d	PET150d+ Spandex40d	109	63	0° 427	Rope	42	PET 150d	PET150d+ Spandex40d	110	66	0° 657	Rope
19	PET 150d	PET150d+ Spandex40d	103	61	0° 369	Continuous	43	PET 150d	PET150d+ Spandex40d	99	58	0° 638	Continuous
20	PET 150d	PET150d+ Spandex40d	101	61	0° 313	Jiggar	44	PET150d+ Spandex40d	PET150d+ Spandex40d	101	57	0° 29	Jiggar
21	PET150d+ Spandex40d	PET150d+ Spandex40d	106	64	0° 474	CPB-rapid	45	PET150d+ Spandex40d	PET150d+ Spandex40d	107	85	0° 738	CPB-rapid
22	PET150d+ Spandex40d	PET150d+ Spandex40d	109	68	0° 52	Rope	46	PET150d+ Spandex40d	PET150d+ Spandex40d	123	83	0° 65	Rope
23	PET150d+ Spandex40d	PET150d+ Spandex40d	104	63	0° 4	Continuous	47	PET150d+ Spandex40d	PET150d+ Spandex40d	105	58	0° 463	Continuous
24	PET150d+ Spandex40d	PET150d+ Spandex40d	103	64	0° 329	Jiggar	48		PET150d+ Spandex40d	101	54	0° 313	Jiggar

Table 2. Characteristics of the scouring machinery

Machine type	Characteristics
CPB	• Cold pad batch • Scouring at room temperature with batch state ageing(12h~24h) affer dipping • Large scale production
Rope and continuous type	• Low tension • Italian and lava print type • Difficult for desizing
Continuous type scouring	• Scouring and washing(Continuously) • High tension • Ilsung machinery
Batch type scouring	• Jiggar machine • Scouring and washing(Bath type)

2.3. 의류형성성능(Formability) 평가

KES-FB system에서 측정된 F_{max}와 F_{max}에서의 변형률(EM) 그리고 굽힘강성(B) 값을 이용하여 직물의 의복형성성능(Formability), $F_{KE}S$를 (1)식에서 계산하였다(Shishoo, 1989; Shishoo & Choroszy, 1990). FAST system의 인장시험기에서 측정된 E_{20}, E_5 그리고 캔틸레버(Cantilever) 굽힘시험기에서 측정된 굽힘강성(B)치를 (2)식에서 계산하여 (3)식에 의해 의복형성성능 F_{FAST}를 계산(Ly & De, 1990; Postle & Dhingra, 1989)하였다.

$$F_{KES} = \frac{EM}{R_{max} \cdot LT} \cdot B \quad (1)$$

$$\left(LT = \frac{2WT}{EM \cdot F_{max}}\right)$$

where, F : fabric formability
F_{max} : 500gf/cm
EM : extension(%) at F_{max}
LT : tensile linearity
B : bending rigidity(gf·cm^2/cm)

$$B = W \times C^3 \times 9.807 \times 10^{-6} \quad (2)$$

where, B : bending rigidity(μN·m)
W : fabric weight(g/m^2)
C : bending length(mm)

$$F_{FAST} = \frac{(E_{20} - E_5) \cdot B}{14.7} \quad (3)$$

where, E_5 : extension(%) under 5gf/cm load
E_{20} : extension(%) under 20gf/cm load
B : bending rigidity(μN·m)

Table 3. The mechanical properties of the fabric measured by KES-FB and FAST system

(a) KES-FB system

Block of properties	Symbols	Characteristic	Unit
Tensile	LT	Linearity	-
	WT	Tensile energy	gf-cm/cm²
	RT	Resilience	%
Bending	B	Bending rigidity	gf-cm²/cm
	2HB	Hysteresis	gf-cm/cm
Shearing	G	Shear stiffness	
	2HG	Hysteresis at γ=0.5°	
	2HG5	Hysteresis at γ=5°	
Compression	LC	Linearity	-
	WC	Compressional energy	gf-cm/cm²
	RC	Resilience	%
Surface	MIU	Coefficient of friction	-
	MMD	Mean deviation of MIU	-
	SMD	Geometrical roughness	micron
Weight & thickness	W	Weight per unit area	mg/cm²
	T	Thickness at 0.5gf/cm²	mm

(b) FAST system

Instrument	Description	Symbols
FAST-1 Compression meter	Thickness at 2gf/cm^2	T(2)
	Thickness at 100gf/cm²	T(100)
	Relaxed thickness at 2gf/cm²	RT(2)
	Relaxed thickness at 100gf/cm²	RT(100)
FAST-2 Bending meter	Bending length	BL
FAST-3 Extension meter	Extensibility at 5gf/cm	E5
	Extensibility at 20gf/cm	E20
	Extensibility at 100gf/cm	E100
	Bias extensibility at 5gf/cm	Eb
	Extensibility at 5gf/cm	E5
FAST-4 Dimensional stability test	Relaxation shrinkage	RS
	Hygral expansion	HE
Physical properties	Weight per unit area	W
Calculated measurements	Surface thickness	ST
	Bending rigidity	BR
	Shear rigidity	G
	Formability	F

3. 결과 및 논의

3.1. 스트레치 특성에 따른 직물역학특성과 의류형성성능 변화

일축 신축직물 그리고 이축 스트레치 직물의 스트레치성이 레귤러 직물과 비교해서 신축특성이 어느 정도인가를 보기 위해 KES-FB와 FAST 시스템에서 측정한 신축특성을 분석하였다. Fig. 1은 레귤러, 일축, 이축 등 3가지 직물군의 각 16가지 직물시료의 신축특성 값을 도시한 것이다. KES-FB는 500gf/cm의 하중을 주었고 FAST 시스템은 100gf/cm의 하중을 주어 측정하였다. Fig. 1에서 볼 수 있듯이 레귤러 직물의 KES-FB시스템에서의 신축특성은 4%에서 10%범위를 보였으며 일축 스트레치 직물은 12%에서 26%, 그리고 이축 스트레치 직물에서는 15%에서 45%의 분포를 보였다. Komatsu (1981)에 의하면 컴포트 스트레치 직물의 스트레치율은 10%~20%인 경우이며 본 연구에서의 일축 스트레치 직물은 컴포트 스트레치에 적합하며, 반면에 이축 스트레치 직물의 스트레치율은 15%~45% 분포를 보여, 20%~40%의 퍼포먼스 스트레치 직물과 40%이상의 파워 스트레치 직물용에 적용 가능함을 예상할 수 있다. Fig. 2는 레귤러 직물 및 일축과 이축 스트레치 특성에 따른 두 계측 시스템에서 측정된 역학량 사이의 상관성을 분석하여 나타내었다. Fig. 2(a)와 (b)는 레귤러 직물의 경우 신축성과 전단강성의 두 계측 기기의 상관성을 보인 것이다. Fig. 2(a)에서 볼 수 있듯이 KES-FB와 FAST 시스템에서의 신축특성의 상관계수가 0.72로서 비교적 높은 값을 보였으나 일축과 이축 스트레치 직물의 경우 신축특성 간의 상관계수가 각각 0.5 이하의 낮은 값을 보였다. 이는 레귤러 직물은 KES-FB와 FAST시스템에서 주어지는 인장하중에 따른 신축특성에 큰 영향을 받지 않으나 신축성이 좋은 일축과 이축 신축 직물에서는 KES-FB시스템의 500gf/cm와 FAST시스템의 100gf/cm에 따른 늘어나는 정도의 차이가 많이 발생하여 상관계수가 0.5 이하의 낮은 값을 보이는 것으로 사료된다. Fig. 2(b)에서도 볼 수 있듯이 레귤러 직물의 전단강성의 두 계측기기 사이의 상관성은 0.71로서 비교적 높은 값을 보인다. 그러나 일축과 이축 스트레치 직물에서는 신축특성과 같이 낮은 상관계수를 보였다. 그리고 Fig. 2(c)와 (d)는 각각 일축과 이축 직물의 두 계측기기 사이의 굽힘강성의 상관계수를 보인 것이다. 일축 스트레치 직물에서는 굽힘강성의 상관계수가 0.63(Fig. 2(c)), 이축 스트레치 직물에서는 굽힘강성의 상관계수가 0.85(Fig. 2(d))정도의 비교적 높은 상관성을 보였다. 이는 두 계측기기의 전단특성이 레귤러 직물에서는 상관성이 높으나 일축과 이축의 스트레치 직물에서는 신축특성과 같이 상관성이

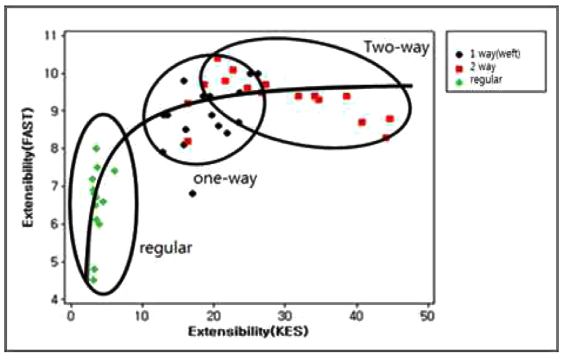


Fig. 1. Relationship of extensibility of stretch fabrics between KES-FB and FAST systems.

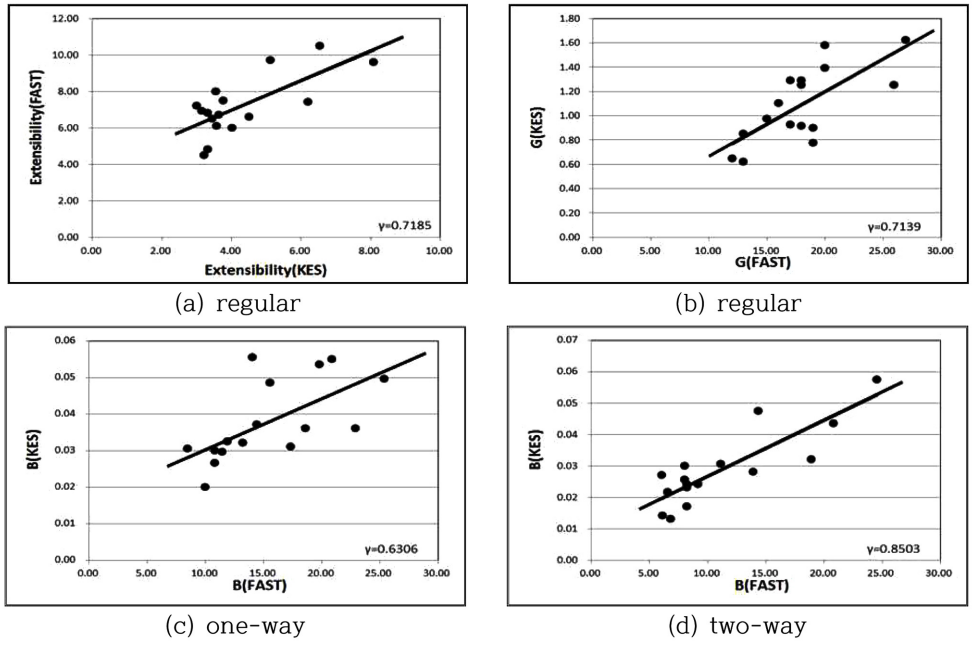


Fig. 2. Relationship of mechanical properties between KES-FB and FAST systems.

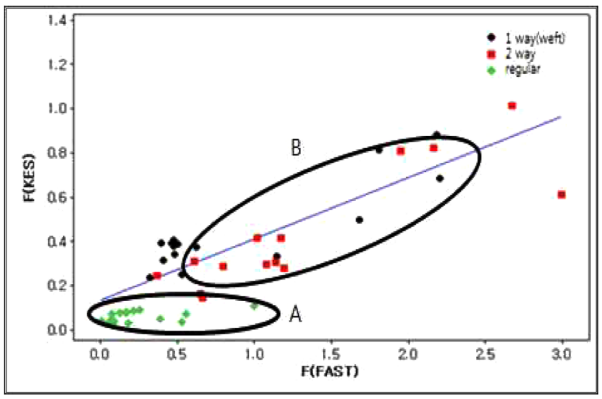
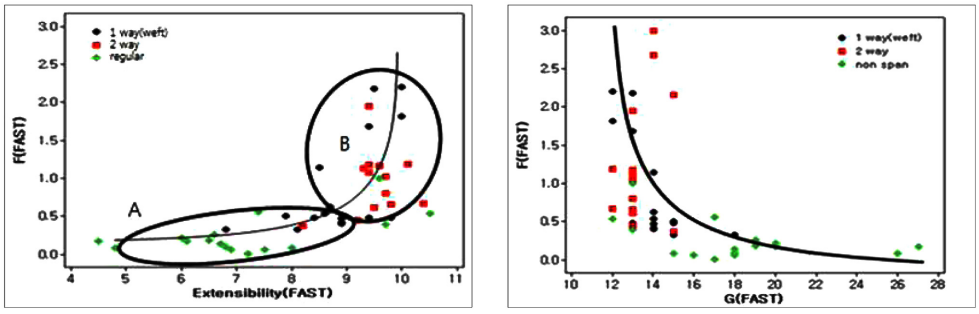


Fig. 3. Relationship of formability of stretch fabrics between KES-FB and FAST systems.

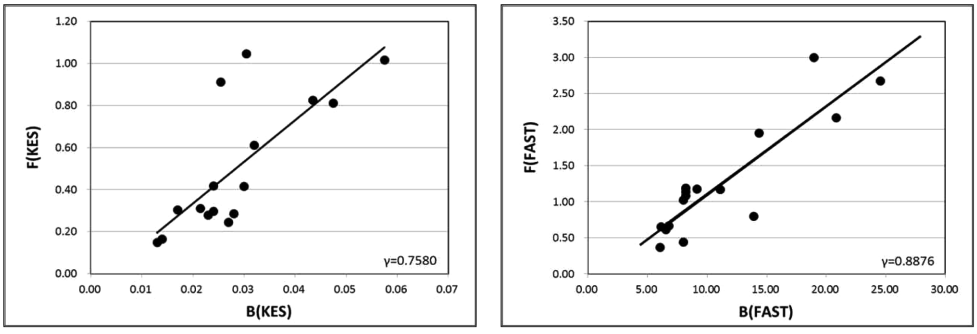
낮은 값을 보인 반면에 굽힘강성에서는 스트레치 직물에서도 높은 상관성을 보이므로서 일축과 이축 스트레치 직물이 두 계측기기의 굽힘 메커니즘이 달라서 굽힘강성의 차이를 유발하지 않음을 알 수 있다.

Fig. 3은 KES-FB와 FAST 시스템에서 측정한 역학량에서 (1)식과 (3)식에 의해 계산된 의류형성성능(Formability)을 도시한 것이다. 두 시스템에서 측정된 의류형성성능 간에는 0.64의 상관계수를 보였다. 그리고 Fig. 3에서 볼 수 있듯이 레귤러 직물(A)이 일축과 이축 스트레치 직물(B)에 비해 낮은 의류형성성능을 보였으며 또한 일축보다 이축 스트레치 직물의 의류형성성능이 더 높은 값을 보였다. 이들 의류형성성능에 영향을 주는 직물 역학량과의 상관성을 Fig. 4에 도시하였다. Fig. 4(a)에서 볼 수 있듯이 신축특성이 큰 값을 가질 때 의류형성성능이 높으며 레귤러 직물(A)보다 일축과 이축 스트레치 직물(B)의 높은 스트레치성이 좋은 의류형성성능을 부여하는 것을 볼 수 있다. 반면에 Fig. 4(b)에서는 직물의 전단강성이 낮은 값을 가질수록 높은 의류형성성능을 가짐을 알 수 있다. 이러한 사실은 역학적으로 보아도 신축성이 높은 직물이 전단강성은 낮은 값을 가짐으로서 인장과 전단에 대한 변형이 쉬운 직물이 높은 의류형성성능을 가짐을 알 수 있다. Fig. 5는 의류형성성능에 영향하는 이축 직물의 굽힘강성과 의류형성성능의 상관성을 도시한 것이다. KES-FB 시스템에서 측정한 굽힘강성과는 0.76, FAST 시스템에서 측정한 굽힘강성과는 0.89의 높은 상관성을 보여 주었다. 이는 레귤러 직물과 일축 스트레치 직물의 상관계수 0.66과 0.69보다는 이축 스트레치 직물이 훨씬 높은 상관관계를 보여주며 이러한 굽힘강성의 의류형성성능과의 높은 상관성이 이축 스트레치 직물의 의류형성성능이 레귤러와 일축 직물보다 높은 값을 보여주는 이유 중의 한 가지 요인으로 사료된다.



(a) vs extensibility (b) vs shear modulus

Fig. 4. Relationship between formability and fabric mechanical property by FAST system.



(a) KES-FB system (b) FAST system

Fig. 5. Relationship between formability and bending rigidity.

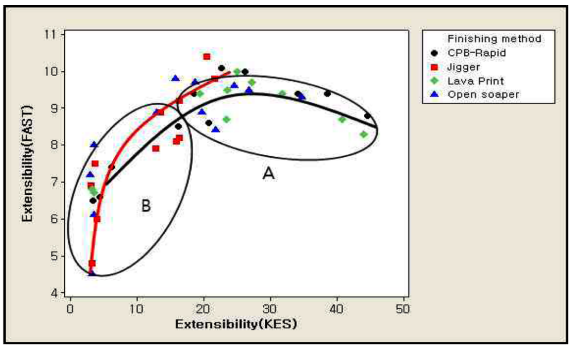


Fig. 6. Relationship of extensibility between KES-FB and FAST systems according to wet thermal treatment machinery.

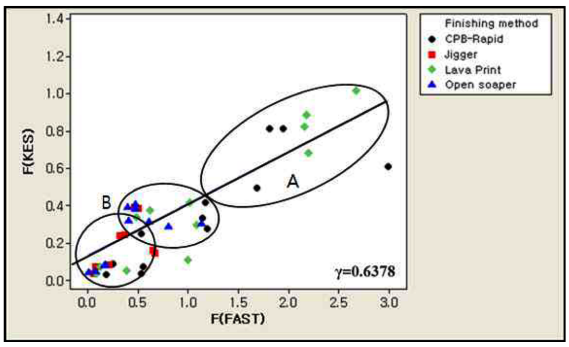


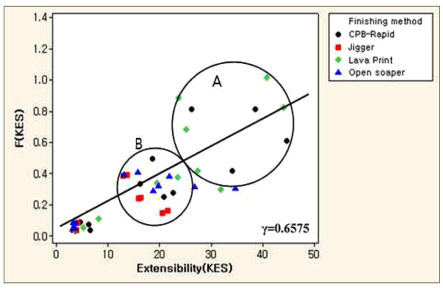
Fig. 7. Relationship of formability between KES-FB and FAST systems according to wet thermal treatment machinery.

3.2. 습열 열고정 조건에 따른 직물역학특성과 의류형성성능 변화

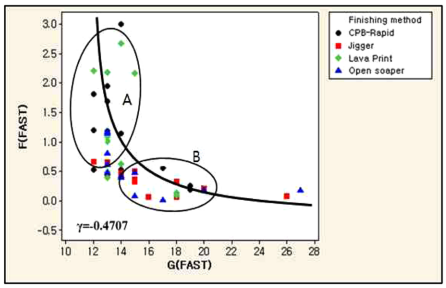
기업현장에서는 가공 공정에서 습열 열고정 공정조건에 따라 스트레치 직물의 신축특성을 향상시킬 수 있는 것으로 알려져 있으나 이에 대한 실험적인 자료데이터가 없는 상태이므로 본 연구에서 분석하고자 하였다. 4가지 습열 열고정 조건에 따라 처리된 스트레치 직물의 신축특성의 차이를 알아보기 위해 KES-FB와 FAST시스템에서 측정한 신축특성을 분석하였다. Fig. 6은 4가지 습열 열고정 조건에 따른 12가지 시료들의 KES-FB와 FAST시스템에서 측정한 직물시료들의 신축특성을 보였다. Fig. 6에서 볼 수 있듯이 CPB-rapid의 Lava print에서 습열 열고정 처리한 스트레치 직물(A)이 20%에서 최대 45%까지의 신축특성을 나타내었다. 반면에 Jiggar와 Open soaper에서 열고정한 스트레치 직물(B)은 4%에서 최대 20% 정도의 신축특성을 보임으로써 장력이 적게 걸리는 CPB-rapid와 Lava print 기계에서 습열 열고정 처리한 신축직물의 신축특성이 더 우수함을 알 수 있다.

Fig. 7은 4가지 습열 열고정 조건으로 열처리된 시료들의 의류형성성능을 보인 것이다. 장력이 적게 걸리는 CPB-rapid와 Lava print에서 처리된 이축 스트레치 직물(A)의 의류형성성능이 높은 값을 보인 반면 장력이 많이 걸리는 Jiggar와 Open soaper에서 처리된 직물은 일축, 이축 스트레치 직물(B)이라 하더라도 낮은 값을 보였다. 이와 같은 결과는 낮은 장력에서 습열 열고정이 됨으로서 직물을 구성하는 실의 역학특성중 탄성적인 특성이 증가하기 때문이며 이때 어떤 역학특성치가 일축, 이축 스트레치 직물의 의류형성성능에 영향을 주는가를 알아보기 위해 의류형성성능 특성치와 역학특성과의 상관성을 분석하였다. Fig. 8은 의류형성성능치와 역학특성과의 상관성을 나타낸 것이다.

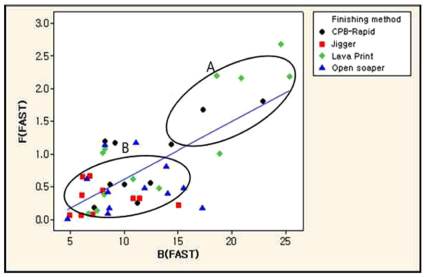
Fig. 8(a)에서 볼 수 있듯이 4가지 습열 열고정 조건에서 처리된 직물의 신축특성은 장력이 적게 걸리는 CPB-rapid와



(a) vs extensibility



(b) vs shear modulus



(c) vs bending rigidity

Fig. 8. Relationship between formability and mechanical properties.

Lava print에서 처리된 스트레치 직물(A)이 높은 값을 가져 의류형성성능치가 높은 값을 보이며 장력이 많이 걸리는 Jiggar와 Open soaper에서 처리된 스트레치 직물(B)의 신축특성은 낮은 값을 보여 낮은 의류형성성능을 보임을 알 수 있다. Fig. 8(b)에서는 직물의 전단 특성이 낮은 값을 가질 때 높은 의류형성성능치를 보여주고 있으며, 장력이 낮은 CPB-rapid와 Lava에서 작업한 스트레치 직물(A)이 높은 의류형성성능을 보이며 Jiggar와 Open soaper에서 작업한 스트레치 직물(B)의 의류형성성능이 낮은 값을 보임을 알 수 있다. Fig. 8(c)에서는 CPB와 Lava직물(A)의 굽힘강성이 높은값을 보여 높은 의류형성성능을 보이며 Jiggar와 Open soaper에서 작업한 직물(B)의 굽힘강성은 낮은 값을 보여 낮은 의류형성성능을 보임을 알 수 있다. 즉 습열 열고정 기계에서 낮은 장력으로 인해 스트레치 직물의 역학특성치 중에서 높은 신축특성과 높은 굽힘강성 그리고 낮은 전단강성을 가짐으로서 의류형성성능은 우수한 값을 가지며 높은 장력이 주어지면 스트레치 직물의 의류형성성능은 낮은 값을 가지게 됨을 확인할 수 있다.

3.3. 건열 열고정 조건에 따른 직물역학특성과 의류형성성능 변화

Fig. 9는 건열 세팅 처리한 시료 24개(시료 no. 1-24)와 건열처리 하지 않은 시료 24개(시료 no. 25-48)의 FAST 역학특성치에서 계산된 의류형성성능치를 도시한 것이다. 건열 세팅 처리한 시료들 보다 건열세팅 처리치 않은 시료 24개의 의류형성성능치가 높은 값을 보였다. 이는 세팅이 됨으로써 직물 내부에는 응력완화가 일어나며 이때 직물이 가지는 인장, 전단 및 굽힘특성 등의 역학량이 세팅이 되지 않은 직물에 비해 탄성이 감소하는 것에 기인되는 것으로 예측된다. 그리고 미처리 시료의 의류형성성능값에서도 세팅시료와 같이 습열 열고정 시 장력이 적게 걸리는 CPB와 Lava type 기계에서 처리된 직물이 Jiggar와 open-soaper에서 처리된 직물보다 높은 의류형성성능치를 보였다. 이는 미처리 직물시료에서도 습열 열고정 공정에서 장력이 적게 걸리는 공정을 거친 직물이 더 탄성적인 역학량을 가짐으로서 더 높은 의류형성성능치를 보인다고 사료된다.

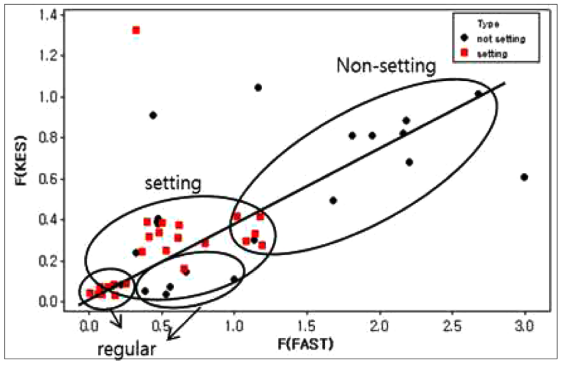
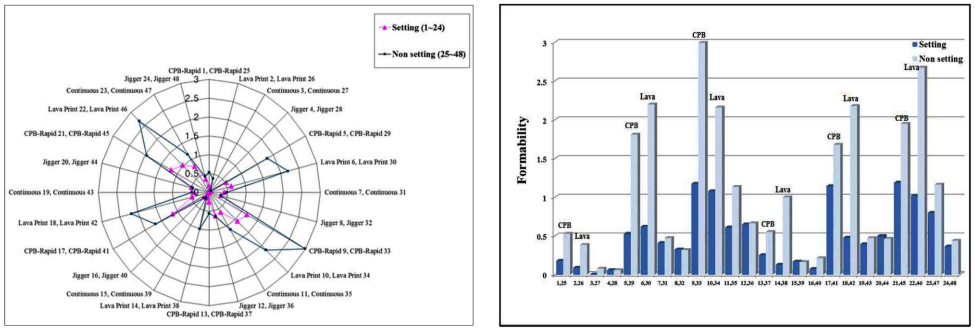


Fig. 10. Relationship of formability of setted and non-setted fabrics between KES-FB and FAST systems.

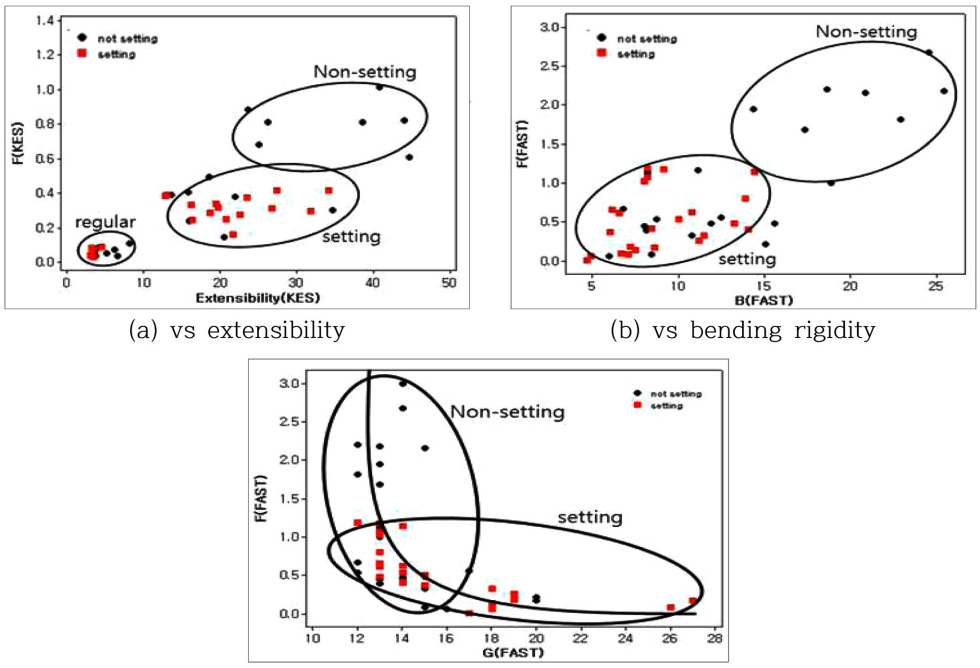
Fig. 10은 KES-FB와 FAST시스템에서 측정된 역학량에서 계산된 의류형성성능치를 건열 열고정된 시료(setting)와 처리치 않은 시료(non-setting) 그룹으로 분리하여 도시한 것이다. Fig. 10에서 볼 수 있듯이 세팅 스트레치 직물보다 non-setting 스트레치 직물의 의류형성성능치가 더 높은 값을 가짐을 알 수 있다. 이것에 대한 원인을 알아보기 위해 의류형성성능치와 역학량의 관계를 분석하였다. Fig. 11은 이들 간의 관계를 도시한 것이다.

Fig. 11(a)에서 볼 수 있듯이 세팅된 스트레치 직물보다 미처리 스트레치 직물의 신축특성이 더 큰 값을 가지는 것을 볼 수 있으며 이러한 높은 신축특성이 스트레치 직물의 높은 의류형성성능을 가져오게 한다. 또한 Fig. 11(a)에서 스트레치 직물이 아닌 레귤러 직물은 세팅과 미세팅 모두, 신축특성이 큰 차이를 나타내지 않았다. 스트레치 직물에서 건열 열처리를 하지 않음으로서 더 높은 신축특성을 얻으며 더 높은 의류형성성능을 가질 수 있음을 예측할 수 있다. Fig. 11(b)에서도 볼 수 있듯이 미세팅 시료의 굽힘강성이 세팅시료의 굽힘강성보다 더 높은 값을 가지며 이것이 더 높은 의류형성성능을 가지게 하는 것으로 사료된다. 즉 건열세팅이 되지 않음으로서 실과 직물내의 잔류응력들이 존재함으로써 탄성을 직물내에 보유하게 되어



(a) circle diagram (b) histogram

Fig. 9. Formability by FAST system of the setted fabric(no.1-24) and non-sett fabric(no.25-48) specimens.



(a) vs extensibility (b) vs bending rigidity

(c) shear modulus

Fig. 11. Relationship between formability of setted and non-setted fabrics and their mechanical properties.

세팅에 의해 잔류응력이 없어지는 직물에 비해 더 높은 굽힘강성을 가지게 됨을 알 수 있다. 이러한 현상은 Fig. 11(c)에 보이는 전단강성에서도 볼 수 있으며 미세팅 직물의 전단강성이 세팅직물보다 더 낮은 값을 가지고 있으며 이것이 더 높은 의류형성성능을 나타내게 하는 것으로 사료된다.

4. 결 론

습·건열 열고정 조건이 일축 및 이축 스트레치 직물의 역학특성과 의류형성성능에 미치는 영향을 조사하기 위해 75d와 150d PET/스판덱스 커버링 신축사를 사용하여 습열 열고정 기계 4가지와 건열 열고정 조건 등을 변화시켜 48가지의 직물시료를 가공하여 이들의 역학특성치를 분석하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

레귤러 PET 직물의 스트레치율은 4%~10% 범위를 보인 반면 일축 스트레치 직물은 12%~26%, 이축 스트레치 직물은 15%~45%를 보임으로서 40% 이상의 파워 스트레치 의류에 적용 가능성을 확인하였다.

의류형성성능은 레귤러 직물보다 일축, 이축 스트레치 직물이 높은 값을 보였으며 또한 일축보다는 이축 스트레치 직물이 더 높은 의류형성성능치를 보였다. 이는 이축 스트레치 직물이 레귤러와 일축 직물보다 더 높은 신축특성과 굽힘강성 그리고 낮은 전단 강성치를 가지는 것에 기인하였다.

습열 열고정 조건에 따라서는 CPB와 Lava 습열기계에서 처리되어 습열장력이 적게 걸릴수록 스트레치 직물의 신축성이 20%~45%로서 우수하였다. 그리고 의류형성성능치도 습열장력이 적게 걸리는 CPB와 Lava 기계에서 처리된 이축 스트레치 직물이 가장 우수한 값을 보였다.

건열 열고정 조건에 따른 의류형성성능은 건열 세팅처리를 하지 않은 스트레치 직물이 세팅처리한 직물보다 더 높은 값을 보였으며 이는 세팅처리를 하지 않음으로서 실과 직물내에서 응력완화가 되지 않고 남아있는 잔류 응력에 의해 더 높은 신축특성과 더 높은 굽힘강성을 가짐에 기인하는 것으로 예측된다. 반면에 실과 실의 마찰에 기인하는 전단강성은 세팅처리가 되지 않음으로 인해 직물내의 잔류응력이 남아 더 낮은 값을 가짐으로서 더 높은 의류형성성능을 나타내는 것으로 예측되었다.

감사의 글

이 논문은 산업통상자원부의 “무기입자 함유 다기능성 친환경 소재 및 우수한 쾌적특성을 갖는 스포츠/아웃도어용 제품 개발” 과제의 지원에 의하여 연구되었음.

References

Al-Ansary, M. A. R. (2011). Effect of spandex ratio on the properties of woven fabrics made of cotton/spandex spun yarn. *Journal of American Science, 7*(12), 63-67.

Choi, H. (2003). Preparation and physical properties of stretch fabrics using with poly(trimethylene terephthalate) fiber. *Fashion & Textile Research Journal, 5*(1), 53-58.

El-Ghezal, S., Babay, A., Dhouib, S., & Cheikhrouhou, M. (2009). Study of the impact of elastane's ratio and finishing process on the mechanical properties of stretch denim. *The Journal of the Textile Institute, 100*(3), 245-253. doi:10.1080/00405000701757925

Gorjanc, D. Š., & Bukošek, V. (2008). The behaviour of fabric with elastane yarn during stretching. *Fibres & Textiles in Eastern Europe, 3*(68), 63-68.

Hirokazu, K., Masakazu, M., Hiroyuki, K., & Yoichi, M. (2012). Clarification of the stretching process of newly-developed open-end rotor-spun hollow yarn. *Journal of Textile Engineering, 58*(4), 43-48. doi:10.4188/jte.58.43

Komatsu, R. (1981). Stretch fabrics woven by spandex mixed yarn. *Journal of Textile Engineering, 34*(11), 9-13.

Lee, H. D., Sung, S. K., & Kwon, H. S. (2000). Evaluation of tailorability and mechanical properties of stretch fabrics. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, 2*(2), 150-158.

Ly, N. G., & De Beos, A. G. (1990). Application of the FAST system to the manufacture of fabrics and garments. *8th International Wool Textile Research Conference*, 5, 370-379.

Maqsood, M., Hussain, T., Malik, M. H., & Nawab, Y. (2016). Modeling the effect of elastane linear density, fabric thread density, and weave float on the stretch, recovery and compression properties of bi-stretch woven fabrics for compression garments. *The Journal of the Textile Institute, 107*(3), 307-315. doi:10.1080/00405000.2015.1029809

Mourad, M., Elshakankery, M. H., & Almetwally, A. A. (2012). Physical and stretch properties of woven cotton fabrics containing different rates of spandex. *Journal of American Science, 8*(4), 567-572.

Gazi Ortlek, H., & Ulku, S. (2007). Effects of spandex and yarn counts on the properties of elastic core-spun yarns produced on Murata vortex spinner. *Textile Research Journal, 77*(6), 432-436. doi:10.1177/004051750707

Özdil, N. (2008). Stretch and bagging properties of denim fabrics containing different rates of elastane. *Fibres & Textiles in Eastern Europe, 66*(1), 63-67.

Postle, R., & Dhingra, R. C. (1989). Measuring and interpreting low-stress fabric mechanical and surface properties Part III: Optimization of fabric properties for men's suiting materials. *Textile Research Journal, 59*(8), 448-459. doi:10.1177/004051758905900803

Rego, J. M., Verdu, P., Nieto, J., & Blanes, M. (2010). Comfort analysis of woven cotton/polyester fabrics modified with a new elastic fiber, part 2: Detailed study of mechanical, thermo-physiological and skin sensorial properties. *Textile Research Journal, 80*(3), 206-215. doi:10.1177/0040517508099910

Shishoo, R. L. (1989). Fabric properties and making up processes. *Textile Asia, 20*(2), 66-73.

Shishoo, R., & Choroszy, M. (1990). Fabric tailorability. *Textile Asia, 2*(12), 64-71.

Tanie, T., & Matusda, T. (1966). Stretch and recovery tests for jersey and stretch fabrics. *Journal of the Japan Research Association for Textile End-Uses, 7*(3), 22-26.

Tanaka, T. (1984). Comfort and motion function of garment. *Journal of the Japan Research Association for Textile End-Uses, 25*(9), 28-34.

Varghese, N., & Thilagavathi, G. (2015). Development of woven stretch fabrics and analysis on handle, stretch, and pressure comfort. *The Journal of the Textile Institute, 106*(3), 242-252. doi:10.1080/00405000.2014.9146528022

(Received 3 August 2017; 1st Revised 13 October 2017;
2nd Revised 11 October 2017; Accepted 25 December 2017)