

유연제 및 열처리에 따른 신발용 경편성물의 마모 및 역학 특성 변화

전연희 · 구자길 · 정원영 · 안승국

부산대학교 유기소재시스템공학과

Changes on the Abrasion and Mechanical Properties of Warp Knitted Fabric for Footwear with Softeners and Heat Treatments

Youn-Hee Jeon, Ja-Gil Koo, Won-Young Jeong, and Seung-Kook An

Dept. of Organic Material Science and Engineering, Pusan National University; Busan, Korea

Abstract : Knitted fabrics are very popular for their numerous advantages such as greater comfort, attractive garment appearance, better fit on the body, etc. In this study, we investigated the mechanical properties and abrasion property of warp knitted fabrics for footwear which treated with several softeners to improve abrasion resistance. The antistatic softener among the various softeners showed high improvement in abrasion resistance. Among the mechanical properties with treating conditions, WT (tensile energy), G (shear stiffness), B (bending rigidity) increased as treating time increased. But the other mechanical properties were little changed with treating concentration.

Key words: Warp knit, Abrasion property, Mechanical property, Antistatic softener, Heat treatment

1. 서 론

편성물은 루프 형태로 얽혀 있는 조직의 구조적 특성상 제편 과정에서 필요한 형태로의 성형이 용이하여 제품의 다양화를 기대할 수 있고, 우수한 신축성과 드레이프성, 공기함유율, 구김안정성 등이 우수하고 인체의 여러 가지 활동에 따른 구속감이 적어서 인체의 굴곡을 아름답게 나타내어 주는 등의 장점이 있어 의복 소재로서 차지하는 비중이 높을 뿐만 아니라 신발소재, 산업용 보강제 등 그 활용도가 매우 높은 소재이다. 편성물의 루프구조가 지닌 장점도 있는 반면, 루프를 구성하고 있는 실들의 자유성이 커서 형태 안정성, 치수 안정성이 낮아 완성된 제품의 뒤틀림 등과 같은 문제점을 일으키고, 마찰에 대한 저항성이 적어 필링이 생기기 쉽다는 단점이 있다. 편성물의 역학특성과 물성에 영향을 미치는 인자로서는 제편에 사용되는 섬유의 종류, 제편 밀도, 다양한 편성구조 등이 있다. 이와 같은 여러 가지 인자들은 편성물의 촉감과 태에도 상당한 영향을 끼친다고 알려져 있다(Hallos et al, 1990; Hearle et al, 1969). Knapton(1969)은 편성물의 형태안정 특성치를 연구하여 편성물에 가해지는 다양한 구조적인 변형이 역학특성에 상당한 변화를 가져올 수 있다고 보고하였다.

경편성물은 편물과 직물의 중간체적인 성향을 나타내는데 제품생산시간을 단축할 수 있고 질적인 면에서도 직물과 유사하여 후가공 처리에 유용한 소재이다. 루프 길이나 방향에 따라 의복의 방향이나 신장되는 정도를 조절할 수 있고, 위편성물에 비해 가볍고 신축성이 적기 때문에 형태안정성이 뛰어나다는 장점을 가지고 있다(Stumpf et al, 1999). 직물이나 편물의 내구성에서 마모특성은 소비자가 의류제품을 착의했을 때, 외관뿐만 아니라 제품의 질적인 면과 효용성 등에 영향을 끼치는 직물소재의 매우 중요한 특징 중의 하나이다(Hollen et al, 1979). 지금까지의 연구에서 확인된 마모특성과 관련이 있는 인자로서는 인장 모듈러스, 직물의 강인도, 실의 구성인자와 사이즈, 직물의 구조, 무게, 가공 조건 등이 있으며, 마모저항을 최소화하는 방법이나 이에 대한 전반적인 이해가 요구되고 있으나 아직은 부족한 실정이다(Schick, 2001). 마모저항에 관련한 선행연구들을 살펴보면, 마모동작으로 인해 발생하는 필링의 형성 메커니즘, 섬유의 역학특성이 필링형성에 미치는 영향, 필링이 실과 구조인자에 끼치는 영향, 섬유공정에서 필링방지 대책에 관해 연구하였다(김승진 외, 1994a; 김승진 외, 1994b). 또한, 마모저항을 개선하기 위한 여러 가지 방법이 제시되었는데, 일반적으로 유연제 등과 같은 후가공제 처리에 의한 방법이 많이 사용된다고 보고하고 있다(Chipalkatti et al, 1967; Feldtman and Leeder, 1984; Inoue et al, 1997; Pahl et al, 1966; Rowland and Mason, 1977; Rowland et al, 1978; Shin and Rowland, 1981). Thorsen(1971)은 corona처

Corresponding author; Seung-Kook An
Tel. +82-51-510-2413, Fax. +82-51-512-8175
E-mail: ansk@pusan.ac.kr

Table 1. Specifications of the warp knitted fabric for footwear

Sample	Yarn composition (%)	Gauge/Bar	Fabric density		Weight(g/m ²)	Thickness(mm)
			W.P.I. ^{c)}	C.P.I. ^{d)}		
Tricot	Bar1: PET 75/36 BRTR ^{a)} 28.5	28/4	28	38	193	0.63
	Bar2: PET 75/36 BRTR 49.3					
	Bar3: PET 150/48 SD ^{b)} 11.1					
	Bar4: PET 150/48 SD 11.1					

a) bright triangle yarn, b) semi dull yarn, c) wale per inch, d) course per inch

리에 의해 방직성과 직물의 강신도가 좋아짐으로써 마모저항이 증가하는 경향을 나타낸다고 보고하였고, DMDHEU(dimethyloldihydroxyethyleneurea)등의 용제를 사용해서 가교결합을 일으킴으로써 직물이 보다 견고해져 마모저항이 증가하는 경향을 보인다는 연구결과도 있다(Rowland et al, 1974; Bertoniere et al, 1981).

본 연구에서는 신발용 경편성물에 있어서 가장 큰 문제점으로 제기되고 있는 마모특성을 분석해 보고 마모에 따른 각종 역학특성을 살펴보았으며, 각종 구조적 특성과의 관계를 규명해보고자 하였다. 또한, 마모성의 개선을 위해 유연제 종류 및 처리조건 등을 변화시킴으로써 마모저항 개선을 위한 방안을 모색하고, 유연제 처리조건에 따른 역학특성의 변화에 관해 살펴보았다.

2. 실험

2.1. 시료

신발용 경편성물의 유연제 처리에 따른 마모특성에 관해 살펴보기 위해 실제로 사용되는 경편성물을 사용하여 실험하였으며, 그 특성치를 Table 1에 나타내었다.

2.2. 유연제 처리

신발용 경편성물에 대한 유연제 및 열처리는 Fig. 1과 같은 순서로 시행하였는데, 이때 Squeezing은 탁상용 Mangle

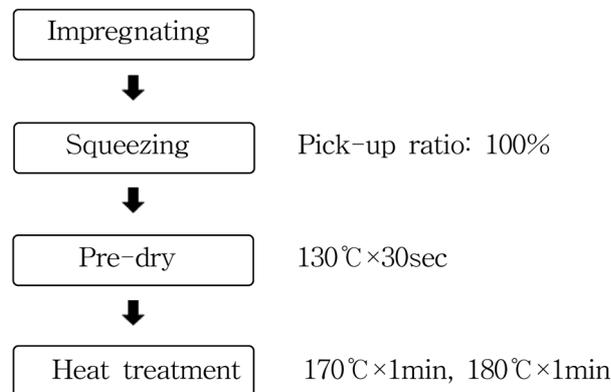


Fig. 1. The flow chart of finishing processes of warp knitted fabrics for footwear

(Dongwon Scientific Co.)을 사용하여 2 Kg/cm²의 압력으로 실시하였으며, 열처리는 실험실용 미니텐터(DL-2015, Dae Lim Starlet)를 이용하여 실시하였다.

유연제는 cationic softener(cationic), urethane softener(nonionic), silicone softener(cationic), amino silicone softener(weak cationic), antistatic softener(weak cationic)등 5가지를 각각 1.5% 농도의 수용액을 제조하여 처리한 후 처리된 시료의 마모 특성을 검토하고, 마모강도 증가효과가 가장 크게 나타난 antistatic softener를 선택하여 그 농도를 1.5, 3.0, 4.5, 6.0%로 달리해가면서 동일한 방법으로 처리하였다.

2.3. 마모특성

마모강도는 Martindale abrasion tester를 사용하여 BS-5690에 의거해 실험하였으며, 시료크기는 20×20 cm², 마모포는 320J grit sandpaper를 사용하여 12 kpa 하중 하에 시료표면에 hole이 생길 때까지 마모를 행하였다.

2.4. 역학특성

KES-FB system(Kato Tech. Co., Ltd., Japan)을 사용하여 인장특성, 전단특성, 굽힘특성, 압축특성, 표면특성을 측정한 후, 여기에서 얻어진 16가지 역학특성치를 이용하여 KN-101-Winter식으로 태를 산출하고 각각의 가공조건별로 그 값을 비교해 보았다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 유연제 처리 후 마모회수

유연제는 직물을 구성하고 있는 섬유표면에 윤활성을 부여함으로써 직물 조직점 간의 마찰을 감소시켜 부드러운 촉감을 주게 된다. 선행 연구에 따르면, 직물에 실리콘 유연제 처리 후 KES-FB system을 사용하여 직물의 역학특성에 관해 살펴본 결과, 처리온도, 큐어링 시간, 유연제 농도 등의 인자들이 최종 가공제품에 중요한 영향력이 있다고 보고하였다(Tzanov et al, 1988). 본 실험에서는 동일 가공조건 하에서 유연제 처리 후 마모저항 개선효과를 비교하기 위하여 1.5% 수용액에 열처리 시간은 1분으로 고정하고 처리온도는 170°C, 180°C로 하여 5종의 유연제로 각각 처리된 시료를 Martindale abrasion tester를 사용하여 시료표면에 구멍이 생길 때까지 마모를 행한 후, 그 결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Abrasion property of the specimen with various softeners (Concentration: 1.5%, Curing time: 1min)

Agents	Temperature (°C)	Abrasion cycle
Untreated	-	1400
Cationic softener	170	1000
	180	900
Urethane softener	170	1300
	180	1600
Silicone softener	170	1400
	180	1400
Amino silicone softener	170	1400
	180	1500
Antistatic softener	170	2100
	180	2300

실험 결과, 미처리 시료의 표면에 구멍이 생길 때까지의 마모회수가 1400회로 나타났는데, cationic, urethane, silicone, amino silicone softener는 미처리 시료의 마모회수보다 낮게 나타나거나 미처리 시료와 비슷한 마모회수를 보였다. 반면에 antistatic softener로 처리한 시료는 170°C에서 2100회, 180°C에서 2300회로 다른 유연제들에 비해 마모에 대한 저항이 매우 우수하게 나타났다. Antistatic softener는 양이온 계면활성제계 유연제로서 이 계통의 유연제들이 섬유제품의 최종가공 공정에서 많이 사용되어진다. 양이온계 유연제는 매끈한 감(smoothness and slippery)과 유연성이 좋은 게 특징인데 가공 공정을 통해 시료에 유연제가 흡착되면 시료 표면에 윤활성을 부여하게 되고 국부적으로 집중되는 외력을 분산시킴으로 인해 마모에 대한 저항력이 높아지게 된다. 이에 antistatic softener를 사용하여 유연제 농도를 1.5, 3.0, 4.5, 6.0%로 설정하고 처리온도는 180°C, 처리시간을 1, 2, 3, 4분으로 변화시켜 가공 처리 한 후 마모 실험을 행하였다. 추가적으로, 유연제를 사용하지 않은 상태에서 처리온도, 처리시간을 동일하게 한 후 열처리만 행하여 유연제 처리했을 때와 결과를 비교해 보았다.

3.2. Antistatic softener 처리 후 마모횟수

직물이 마찰을 받게 되면 나타나는 문제로서 마모현상과 필링이 있는데 마찰현상이 단순히 두 물질간의 비벼지는 현상을 의미한다면 마모는 마찰에 의한 감량 현상을 의미한다. 직물의 마모실험에서 마찰시의 압력이나 횟수 뿐만 아니라 마모 형식이 어떤 것인가에 따라서도 그 결과가 달라지게 된다. 본 실험에서 사용한 마모 형식은 가혹한 조건이 아닌 일반적으로 사용되어지는 신발용 경편성물이기 때문에 다양한 조건으로 가공 처리된 시료를 사용하여 시료표면에 구멍이 생길 때까지 평면마모를 행하였고 실험결과를 Table 3에 나타내었다. 유연제를 사용하지 않고 열처리 시간의 변화에 따른 차이만 살펴보면, 처리시간 증가에 따라 시료표면에 구멍이 생길 때까지의 마모회수는 선형적인 증가를 나타내고 있으며, 4분간 처리했을 때 미처리 시료에 비

Table 3. Abrasion cycle with antistatic softener and curing time at 180 curing temperature

Agents Concentration (%)	Curing time (min)	Abrasion cycle
Untreated	-	1400
	1	1400
	2	1800
	3	2000
0 (Heat treatment)	4	2500
	1	2100
	2	2400
	3	2600
1.5	4	3000
	1	2100
	2	2500
	3	3300
3	4	5200
	1	1100
	2	1100
	3	2000
4.5	4	2300
	1	1600
	2	1800
	3	1900
6	4	3400

해 약 1.5배 정도의 높은 마모저항을 나타내고 있다. 유연제를 농도별로 처리한 결과를 살펴보면, 각각의 농도에서 처리시간별로는 앞서 결과와 마찬가지로 마모회수의 선형적인 증가를 나타내며 유연제 농도별로 살펴보면 3%에서 4분간 열처리 했을 때 미처리 시료의 마모회수보다 약 4배 정도 높은 마모회수를 보였다. 그러나 4.5%, 6%의 고농도에서는 3%일 때 보다 오히려 마모회수는 감소하는 경향을 보였다. 즉, 유연제 처리농도가 증가할수록 언제나 마모저항이 개선되는 것이 아니므로 적절한 농도와 열처리 시간 등의 가공조건을 파악하는 것이 중요함을 알 수 있었다.

3.3. 유연제 처리 후 역학적특성의 변화

의복재료의 인장이나 전단변형은 그 기능을 평가하는 가장 기본이 되는 요소이며 낮은 응력 하에서 직물의 인장 특성은 섬유재료 혹은 의복재료의 품질이나 성능특성 등의 많은 부분을 결정하는 인자이므로 그것을 평가하는 일은 대단히 중요하다. 특히, 가공 후에 변하는 의복재료 물성에 대한 고찰은 가공제나 가공처리 조건 등을 결정하는 데에 있어 보다 중요한 의미를 가진다. Fig. 2는 유연제의 처리농도, 처리시간별 인장에너지(WT: tensile energy) 값을 살펴본 결과이다. 미처리 시료에 비해 가공 처리된 시료 모두 인장에너지 값이 크게 나타났고, 처리시간별로 살펴보면 처리시간이 길어질수록 인장에너지

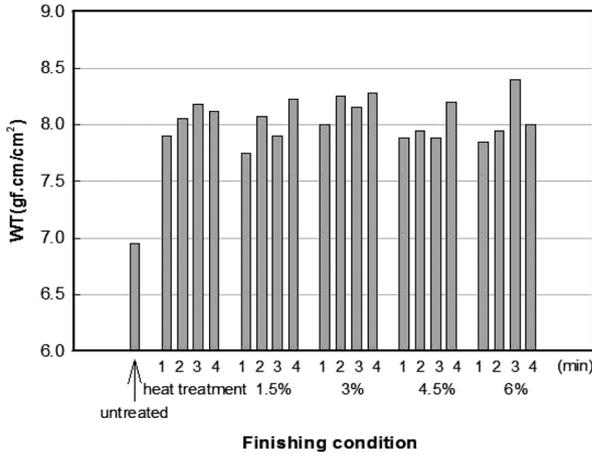


Fig. 2. WT (tensile energy) with heat treatment, various antistatic softener concentrations, and curing time

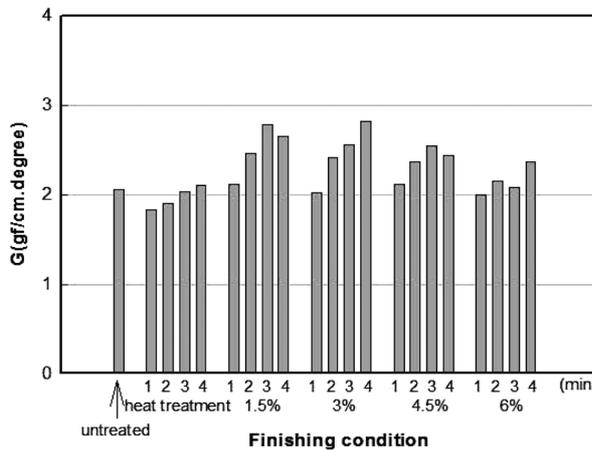


Fig. 3. G (shear stiffness) with heat treatment, various antistatic softener concentrations, and curing time

지가 증가하는 경향을 보이고 있으며, 처리농도별로는 큰 차이를 보이지 않았다.

Fig. 3은 유연제의 처리농도, 처리시간별 전단강성(G: shear stiffness)의 결과를 나타낸 그래프이다. 전단특성은 직물의 태, 드레이프성, 의류의 형태 유지성 및 외관특성에 절대적인 영향을 주며 특히, 직물의 구김에는 전단 히스테리시스 특성이 중요한 영향을 미치는 인자이다. 전단강성의 실험결과, 인장특성의 인장에너지와 유사한 결과가 나왔는데, 유연제 처리농도별로 큰 차이는 보이지 않지만 열처리시간이 길어질수록 전단강성 값이 증가하는 경향을 나타냈고 미처리 시료와 비교했을 때 큰 값의 변화는 보이지 않는 것으로 보아 유연제 처리 유무에 따른 값의 변화보다는 열처리 시간에 보다 많은 영향을 받는다는 것을 확인할 수 있었다.

굽힘 특성은 직물의 드레이프성과 태에 직접적인 관계가 있

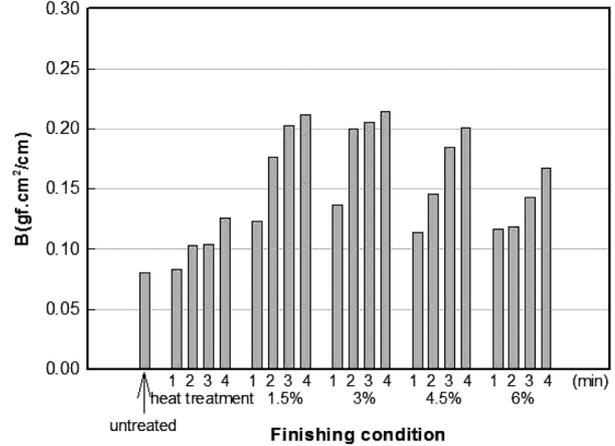


Fig. 4. B (bending rigidity) with heat treatment, various antistatic softener concentrations, and curing time

고 간접적으로는 직물의 변형거동 기구를 규명하는 점에서 중요한 역학특성이라 할 수 있다. 직물의 굽힘 거동은 그 직물을 구성하고 있는 실의 굽힘 강성과 밀접한 관련이 있고 실의 굽힘 거동은 그 실을 구성하는 단섬유 등의 성질과 그 실의 구조적인 인자에 영향을 받는다. 또한, 직물에 어떤 특별한 물성을 부여하기 위한 목적으로 가공제를 처리 했을 때 그 가공제가 직물과 직물의 조직점들 사이, 또 직물을 구성하고 있는 구성사에 침투함으로 인해 사용되어진 가공제의 종류 및 가공처리조건에 따라 굽힘 특성 값에 많은 변수를 주게 된다. Fig. 4는 유연제의 처리농도, 처리시간별 굽힘 강성(B: bending rigidity) 값을 나타낸 그래프이다. 굽힘 강성 또한 전단강성과 유사한 결과를 보이고 있는데, 미처리 시료와 비교해봤을 때 처리시간이 길어질수록 가공 처리한 시료들 모두 굽힘 강성 값이 증가하는 경향을 나타내고 있다. 유연제의 처리농도가 높아질수록 굽힘 강성 값이 약간 감소하는 경향을 보이고 있는데 이는 유연제의 영향으로 인해 시료의 조직점들 간의 내부마찰을 다소 감소시켜주기 때문인 것으로 생각된다. 이와 반대로, 열처리시간이 길어질수록 굽힘 강성 값이 크게 나타나고 있는데, 이는 고온의 열처리에 의한 유연제와 구성사들 간의 경화에 그 원인이 있는 것으로 생각되어진다.

3.4. 태 특성

KES-FB system으로 측정되어진 16가지 역학 특성치들을 이용하여 KN-101-Winter식에 의거하여 primary hand value를 산출하였다. KN-101-Winter식의 경우, KOSHI(stiffness), NUMERI(smoothness), FUKURAMI(fullness and softness)의 3가지 항목의 각각 평가치로 평가되어지는데 3가지 중 KOSHI 값을 Fig. 5에 나타내었다. Hand value 수치는 0에서 10으로 등급이 매겨지고 등급이 클수록 강한 촉감을 나타내게 된다. 유연제 처리 농도 증가에 따른 큰 차이는 보이고 있지 않지만 처리시간이 길어질수록 KOSHI 값이 증가하

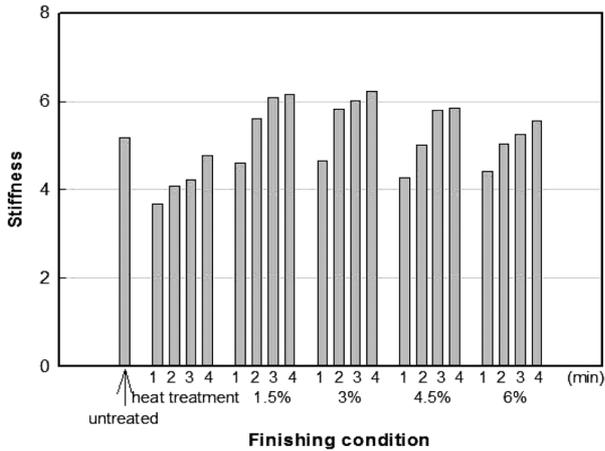


Fig. 5. Stiffness with heat treatment, various antistatic softener concentrations, and curing time

는 경향을 보이고 있다.

그러나 전반적으로 가공 전 미처리 시료에 비해 처리농도 및 처리시간에 의한 영향으로 태 값이 크게 증가 또는 감소하지 않은 것으로 보아 이러한 가공조건이 역학특성 측면에서 착용감이나 외관 등을 저해하는 요소로 크게 작용하지는 않을 것으로 생각된다.

3.5. 마모 후 역학특성의 변화

마모실험을 통해 시료 표면에 구멍이 생길때까지의 가장 극한조건에 도달했을 때 육안으로 어느정도까지 표면에 변화가 생겼는지에 대해 살펴보고, 마모 전과 마모 후 역학특성 값의 변화폭에 대해 살펴보기 위해 압축과 표면의 마모 전, 후 역학특성에 대해 살펴보았다.

가공처리조건에 따른 시료의 마모 전 후 압축특성 중 압축에너지(WC: compressional energy) 값의 변화를 Fig. 6에 나타내었다. 직물에 있어서 압축특성은 태, 착용성, 봉제성 등에

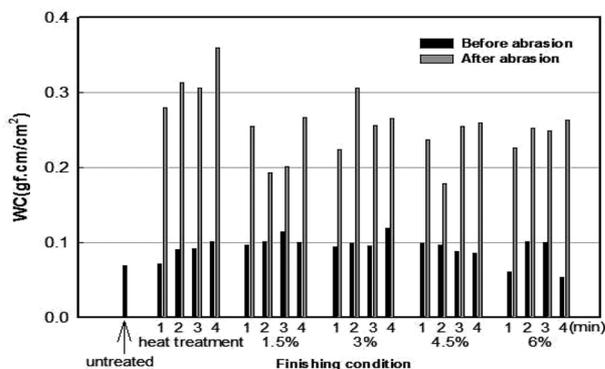


Fig. 6. WC (compressional energy) with heat treatment, various antistatic softener concentrations, and curing time with abrasion

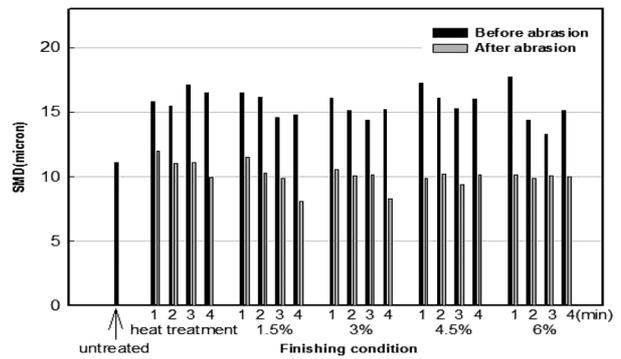


Fig. 7. SMD (surface roughness) with heat treatment, various antistatic softener concentrations, and curing time with abrasion

영향을 미치며 필링, 구김, 드레이프 등의 특성에도 깊은 관련이 있다. 특히, 직물의 압축특성은 풍만감, 부드러움, 안락감, 보온성 등에 직접적인 영향을 미치는 주요 역학특성이다. 실험 결과, 마모 전에 비해 마모 후 압축에너지가 전체적으로 큰 값을 나타내고 있는데 이는 수천 회의 마모가 진행되면서 루프가 연결된 시료의 구조가 파괴됨과 동시에 부분적으로는 필라멘트가 절단 및 탈락하게 되면서 시료 표면이 전체적으로 다소 벌어진 형태로 변한 이유로 마모 후 압축 에너지 값이 크게 나타난 것으로 생각된다.

Fig. 7은 가공처리조건에 따른 시료의 마모 전 후 표면 거칠기(SMD: surface roughness)값의 변화를 나타낸 그래프인데 전체적으로 표면 거칠기 값이 마모 후 약간의 감소를 나타내고 있다. 이는 루프간의 연결로 이루어져 있는 편성물의 경우, 일반 직물에 비해 표면 요철이 다소 많은 기하학적인 구조를 가지게 되는데 이러한 편성물은 마모가 진행되면서 표면이 다소 평활해지고 돌출부위가 부분적으로 탈락됨으로 인해 표면 거칠기 값이 마모 후 감소한 것으로 생각된다.

4. 결 론

신발용 경편성물에서 가장 큰 문제점으로 제기되고 있는 마모성을 향상시키기 위해 각종 유연제 처리를 한 신발용 경편성물의 역학특성과 마모특성을 살펴본 결과는 다음과 같다.

5가지 유연제 중에서 antistatic softener로 처리한 시료가 마모에 대한 저항이 가장 우수한 것으로 나타났다. Antistatic softener의 처리조건에 따른 각종 역학특성을 살펴본 결과, 미처리 시료에 비해 유연제로 처리한 시료일수록, 처리시간이 길어질수록 인장에너지 값이 크게 나타났으며 처리 농도별로는 큰 차이를 보이지 않았다. 전단강성은 유연제 처리 유무 보다는 열처리 시간에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 굽힘특성은 유연제 처리 농도가 높아질수록 그 값이 약간 감소했는데 유연제가 시료의 조직점들 간 내부마찰을 다소 감소시켜주기 때문인 것으로 생각된다. KES-FB system의 16가지 역학 특성

치들을 이용하여 태를 측정된 결과, 미처리 시료와 비교해 봤을 때, 그 값의 큰 변이가 없는 것으로 나타났다.

가공처리조건을 달리한 시료의 마모 전 후 역학특성에서 압축에너지는 마모 후 전체적으로 큰 값을 나타내었고, 표면 거칠기는 감소하는 경향을 보였는데 수천회의 마모가 진행되면서 표면이 다소 평활해지고 편성물의 돌출부위가 부분적으로 탈락됨으로 인해 그 값이 감소한 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음

참고문헌

- 김승진, 이대훈, 이호재, 배기환. (1994a). 섬유집합체의 역학 물성과 섬유 공정조건이 직물의 필링 현상에 미치는 영향(I). *한국섬유 공학회지*, 31(3), 153-166.
- 김승진, 이대훈, 이호재, 배기환. (1994b). 섬유집합체의 역학 물성과 섬유 공정조건이 직물의 필링 현상에 미치는 영향(II). *한국섬유 공학회지*, 31(4), 233-246.
- Bertoniere N. R., King W. D., & Rowland S. P. (1981). Reagent migration and the performance of durable press fabrics. *Textile Research Journal*, 51(4), 242-251.
- Chipalkatti V. B., Sattur N. B., Husain I., & Bajaj. (1967). Improved abrasion resistance through internal lubrication. *Textile Research Journal*, 37(4), 242-253.
- Feldtman H. D., & Leeder J. D. (1984). Effects of polar organic solvents on the abrasion resistance of wool fabric. *Textile Research Journal*, 54(1), 26-31.
- Hallos R. S., Burnip M. S., & Weir A. (1990). The handle of double jersey knitted fabrics. Part: Polar profiles. *Journal of the Textile Institute*, 81(1), 15-35.
- Hearle J. W. S., Grosberg P., & Backer S. (1969). *Structural mechanics of fibers, yarns, and fabrics*. New York: Wiley-Interscience.
- Hollen N., Saddler J., & Langford A. L. (1979). *Textiles*. New York: Macmillan Publishing Co. Inc.
- Inoue M., Sano Y., Uyama M., & Niwa M. (1997). Effects of softener treatment on hand, thermal and moisture transport, and wear comfort of knitted fabrics. *Sen-i Gakkaishi*, 53(6), 226-238.
- Knapton J. J. F. (1969). Geometry of complex knitted structures. *Textile Research Journal*, 39(9), 889-892.
- Prahl H. F., Tovey H., & Underwood C. E. (1966). Short investigation of grafting as a method for improving abrasion resistance of cross linked cotton. *Textile Research Journal*, 36(3), 245-250.
- Rowland S. P., Bertoniere N. R., & Martin L. F. (1974). The development of abrasion resistance and breaking strength in durable press cotton fabrics. *Textile Research Journal*, 44(8), 595-599.
- Rowland S. P., Blouin F. A., & Mason J. S. (1978). Polymerization cross-linking of n-methylolacrylamide in cotton fabric. *Textile Research Journal*, 48(2), 73-80.
- Rowland S. P., & Mason J. S. (1977). Development of resilience and retention of strength and abrasion resistance in durable press treated flame retardant cotton fabrics. *Textile Research Journal*, 47(11), 721-728.
- Schick(Ed.) M. J. (2001). *Surface characteristics of fibers and textiles*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Shin F. F., & Rowland S. P. (1981). A route and mechanism for improved abrasion resistance in durable press cotton. *Textile Research Journal*, 51(4), 233-241.
- Stumpf H., Lenz T., Schulte K., & Andersson C. H. (1999). The mechanical behaviour of single-tricot warp-knitted fabrics. Part : An experimental investigation of knitted fabrics of varying loop geometry under tensile stress with special attention given to inter-yarn friction. *Journal of the Textile Institute*, 90(2), 209-224.
- Thorsen W. J. (1971). Improvement of cotton spinnability, strength, and abrasion resistance by corona treatment. *Textile Research Journal*, 41(5), 455-458.
- Tzanov Tz., Betscheva R., & Hardalov I. (1988). Quality control of softener application. *Textile Research Journal*, 68(10), 749-755.

(2010년 3월 23일 접수/ 2010년 5월 7일 1차 수정/
2010년 5월 19일 2차 수정/2010년 5월 19일 게재확정)