

고밀도 직물의 반복세탁 및 세탁조건에 따른 투습·발수성 변화

노의경·한정은·김은애[†]

연세대학교 의류환경학과

Changes in Moisture Permeability and Waterproofness of High-density Fabric by Repeated Laundering and Condition

Eui Kyung Roh · Jungeun Han · Eunae Kim[†]

Dept. of Clothing & Textiles, Yonsei University

접수일(2010년 8월 23일), 수정일(1차 : 2010년 9월 29일, 완료일 : 2010년 11월 8일), 게재확정일(2010년 11월 15일)

Abstract

This research evaluates the changes in the comfort-related properties of high-density fabric, such as moisture permeability and waterproofness, in order to assess the relative importance of laundry conditions for clothing properties after repeated laundering and suggest the best laundering conditions for high-density fabric through the identification of the most influential factor. A commercial high-density fabric was washed 25 times in a drum-type washer using nine different laundry conditions based on profiles derived from a fractional factorial design. To evaluate the changes in the comfort-related properties of the fabric, pore size, air permeability, water vapor transport, water repellency, and water resistance were measured. The comfort-related properties of the fabric deteriorated after repeated laundering by the damaged surface finish; in addition, the damaged surface also changed the pore size. As a result, the water repellency and water resistance decreased. The detergent was the most responsible factor to change the properties among the four factors of detergent, hardness, temperature, and RPM. The best laundering conditions for the fabric was a neutral detergent, soft water of 70ppm, a temperature of 15°C, and 30rpm.

Key words: High density fabric, Repeated laundering, Laundering condition (detergent, temperature, hardness, RPM), Moisture-permeability, Water-proofness; 고밀도 직물, 반복세탁, 세탁조건(세제, 온도, 경도, RPM), 투습성, 방수성

I. 서 론

고밀도 직물은 0.3d 이하의 함섬 초극세사를 사용하여 고밀도 직물로 제작하고 열처리와 화학처리에 의한 고수축과 캘린더 가공 등으로 치밀한 조직으로

만들어 발수가공처리를 한 저내수압형 투습방수성 소재이다. 고밀도 직물은 기공도가 커서 코팅이나 라미네이트와 같은 후가공 투습방수소재에 비해 투습성은 우수하나 방수성은 가장 떨어지는 특징을 가지며, 후가공 소재보다 촉감이 부드럽고 자연스러운 태를 가지므로 감성적인 측면을 강조하는 투습방수소재로 사용되고 있다(김기정, 1987; 조호현 외, 2001).

투습방수소재의 연구는 투습방수소재 제조방법(Desa & Athawale, 1995; Lin et al., 2007; Lomax, 1985), 제

[†]Corresponding author

E-mail: eakim@yonsei.ac.kr

본 논문은 2010년 「제2단계 BK21사업」의 지원을 받아 수행된 연구임.

조 및 가공방법에 따른 물성평가(Lee et al., 2010; Ozcan, 2007; Qi et al., 2002), 투습성 및 방수성의 평가방법(김은애, 유신정, 2004; Gibson, 2000; Huang, 2007; MaCullough et al., 2003), 쾌적성 평가에 관한 연구(Gretton et al., 1998; Li & Holcombe, 1998)가 이루어 졌으며, 투습방수소재의 관리 및 취급에 대한 연구보다는 새로운 제품 및 기술을 개발하는 목적의 연구가 주를 이루고 있다.

정경자, 최석철(1994)은 4종 투습방수소재의 물세탁과 드라이클리닝 처리 시 물리적인 힘으로 인해 내수도 감소, 투습도 증가, 발수도 감소, 통기도 증가, 박리강도 감소가 나타난다고 하였으며, 물세탁과 퍼클렌제 드라이클리닝보다 석유계 드라이클리닝 세탁을 제안하였다. 조지현, 류덕환(2000)은 투습방수 코팅소재 4종의 반복세탁으로, 표면특성, 온열감과 강경감, 두께와 무게에 대한 주관적 촉감 변화와, koshi(강연도)와 fukurami(풍유도)가 감소한다고 하였다. 오경화, 윤재희(2004)는 와이퍼용 극세사 섬유직물 반복세탁하였으며, 그 결과 반복세탁횟수 증가로 형태안정성 저하되며 표면요철이 증가한 후 감소하고, 세탁 초기에는 잔류 오염으로 흡수율이 저하되나 반복세탁으로 흡수율이 증가한다고 하였다. Gore-tex®("Gore-tex® brand 제품 관리법", 2004)에 의하면 고어텍스 의류는 세탁기 사용이 가능하며, 온수를 사용한 물세탁을 제안하고 있다.

현재 투습방수소재의 주요 개발 및 연구방향은 고투습성을 유지시키면서 내수압을 향상시키는 방향으로 진행되고 있으며, 라미네이팅과 코팅형 후가공 투

습방수소재에 비해서 기능적 측면에서 불리한 고밀도 직물에 관한 연구는 거의 없다. 그러나 고밀도 직물은 투습방수기능 및 감성을 동시에 가지고 있어 패션 소재로서의 상품성이 강하며 그 수요 시장의 잠재력은 크기 때문에, 고밀도 직물에 관한 효율적인 관리와 사용을 위하여 과학적이고 정량적인 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 고밀도 직물의 세탁조건 및 반복횟수에 따른 투습·방수성의 변화를 평가하고, 투습·방수성 변화에 영향을 주는 세탁인자를 규명하여 손상을 최소화할 수 있는 세탁조건을 제안하고자 한다.

II. 연구방법

1. 시료

시료는 생활방수처리된 내수압형 고밀도 직물로, 특성은 <Table 1>과 같다.

2. 세탁실험

1) 세제

세제로는 일반 알칼리 세제(분말타입, Persil, Henkel KGaA, 독일)와, 세탁에 민감한 의류에 적합한 세제로, 시판되는 중성 세제(액체타입, 드림전용 울삼푸, 애경, 한국) 및 아웃도어용 기능성 세제(액체타입, 울삼푸 아웃도어, 애경, 한국)를 사용하였으며, 세제성분은 <Table

Table 1. Characteristics of specimen

Fiber contents (%)	Yarn number (Denier)	Weave type	Fabric count (warp×weft/5cm)	Thickness (mm)	Weight (g/m ²)	Finish
PET 100%	50/50	Plain	319×240	0.10	73	Water proof Water repellent

Table 2. Characteristics of detergents

Detergent	Ingredient	
Alkali	Less than 5%	Aliphatic hydrocarbons, Non-ionic surfactants, Phosphonates, Polycarboxylates, Soap.
	5 to 15%	Anionic surfactants, Oxygen-based bleach
	15 to 30%	Zeolites
	Further ingredients	Enzymes (protease, amylase, cellulase), Optical brighteners, Fragrances (benzyl salicylate, hexyl cinnamal, linalool)
Neutral	Surfactant	Higher alcohols (non ionic), Higher alcohols (anionic), Linear alkylbenzene
Functional	Surfactant	Higher alcohols (non ionic), Fatty acids (anionic)

2>와 같다. 기능성 세제는 투습/발수, 흡산/속건의 기능성 유지, 물에 잘 녹지 않는 땀의 지질성분에 강한 세척력 보유와, 정전기 감소시키는 특성을 강화한 것으로 보고되고 있다(“올삼푸 아웃도어”, 2008).

2) 세탁

세탁실험 시 세탁인자는 세제(알칼리, 중성, 기능성), 경도(70ppm, 250ppm), 세탁온도(15°C, 30°C, 40°C), RPM(30rpm, 40rpm, 50rpm)을 사용하였다(Table 3). 최소의 실험횟수에서 최대의 정보를 얻기 위해서 SPSS 12.0의 직교회전을 이용해 4요인 부분요인설계하여 선택된 프로파일들은 요인들 간의 상관관계가 존재하지 않고, 모든 요인들의 수준들을 빠짐없이 포함하도록 하였다(유필화, 1994; Green & Srinivasan, 1978). 그 결과, <Table 4>와 같은 9가지 세탁조건을 도출하였다.

세제량은 용기에 기재되어 있는 사용량(알칼리: 27g, 중성: 40ml, 기능성: 35ml)을 기준으로 사용하였으며, 경도는 IEC 60734(Household electrical appliances - Performance - Hard water for testing: Method B)에 준하여 조절하였으며, 경도조절 시 calcium chloride dehydrate ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), sodium hydrogen carbonate(NaHCO_3), magnesium sulfate heptahydrate($\text{MgO}_4\text{S} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)를 이용하였다. 세탁온도는 항온 순환조(Temp & Time control system, SH-R-10B40, 한국)를 이용하여 세탁온도를 조절하였다.

세탁기는 가정용 드럼세탁기(SEW-HAR149AUW, 삼

성전자, 한국)를 사용하였다. 드럼세탁기의 세탁량이 3kg 미만 일 때 수량은 15L인데, 본 연구시료의 무게가 평균 3.4kg이므로, 수량은 18L로 정하였다. 세탁은 20분, 드럼 회전 작용은 10초 운전, 10초 정지(운전을 50%)로 설정하고, 세탁 후 탈수는 탈수안함 코스로 설정하였다. 행금과 탈수는 ISO 6330: 2000(Textiles-Domestic washing and drying procedures for textile testing)에 준하여 표준 코스로 실시하였다(행금: 표준, 행금 후 탈수: 약). 세탁횟수는 25회까지 반복하여 세탁하였으며, 세탁 후에는 자연건조하였다.

3. 물성평가

1) 구조적 특성

두께는 KS K 0506(섬유제품의 두께 측정방법), 무게는 KS K 0514(천의 무게 측정방법: 작은 시험편법)와 밀도는 KS K 0511(직물의 밀도 측정방법)에 준하여 변화를 평가하고, 입체현미경(Video microscope system ICS-305B, Sometech Co., 한국)을 이용하여 100배 확대하여 직물의 표면의 사진을 촬영하였다.

2) 기공도

기공도는 Capillary flow porometer(1100 AEX version 7.0, Porous Materials, Inc, 미국)를 이용하여 측정하였다. 직경 2.5cm의 시료를 습윤제(Galwick, Porous Materials, Inc, 미국, 표면장력: 15.9dynes/cm)로 습윤시킨 후 0.1~0.5PSI의 압력에서 기공크기를 산출하였다.

Table 3. Laundering factor and level used

Factor	Detergent	Hardness (ppm)	Temperature (°C)	RPM
Level	Alkali, Neutral, Functional	70, 250	15, 30, 40	30, 40, 50

Table 4. Laundering profiles

No.	Detergent	Hardness (ppm)	Temperature (°C)	RPM
1	Functional	250	40	30
2	Functional	70	15	40
3	Neutral	70	40	40
4	Neutral	70	30	30
5	Neutral	250	15	50
6	Alkali	70	40	50
7	Alkali	70	15	30
8	Functional	70	30	50
9	Alkali	250	30	40

3) 통기성-공기투과도

공기투과도 시험기(KES-F8-AP1, Kato Tech Co. 일본)로 통기저항도를 측정하여 공기투과도를 산출하였다.

4) 투습성

KS K 0594(섬유제품의 투습도 시험방법: 증발법)에 준하여 40±2°C, 50±5% RH의 환경에서 수분증발량을 측정하여 투습도를 산출하였다.

5) 발수성

KS K 0590(직물의 발수도 시험방법: Spray 법)에 준하여 측정하였다.

6) 내수성

KS K 0591(직물의 내수도 시험방법: 저수압법)에 준하여 직포용 내수도 시험기(No. 409, Yasuda Seiki Seiskusho, Ltd. 일본)를 이용하여 측정하였다.

4. 분석방법

측정된 데이터는 SPSS 12.0을 사용하여 기술통계, ANOVA, Duncan의 다중범위검증, t-test를 사용하여 분석하였다. 물성평가 시 세탁요인에 따라서 우수한 물성값을 갖게 될지 예측하기 위하여 컨조인트 분석을 사용하였으며, 다음과 같은 모형을 이용하였다.

$$P \cdot P \cdot V = C + UD_i + UH_j + UT_k + UR_l$$

$P \cdot P \cdot V$ = physical property value

C = constant

UD_i = the utility of level i from the detergent

UH_j = the utility of level j from the hardness

UT_k = the utility of level k from the temperature

UR_l = the utility of level l from the RPM

III. 결과 및 고찰

1. 구성특성의 변화

고밀도 직물의 세탁횟수에 따른 두께, 무게와 밀도의 변화를 평가하고, 직물의 표면의 사진을 촬영하였으며, <Table 5>와 <Fig. 1>과 같다. 미세탁포와 25회 세탁한 직물의 두께와 무게에서 유의한 차이가 있으며, 미세한 증가가 나타났다. 표면사진에서는 세탁

로 인한 뒤틀림만 관찰되었으나, 고밀도 직물의 밀도 측정 시 반복세탁횟수에 따른 미세한 변화가 나타났으며 경사의 밀도가 세탁 전보다 증가하였다. 세탁조건에 따라서 유의한 차이는 나타나지 않았으나, 중성과 기능성 세제로 세탁했을 때보다 알칼리 세제로 세탁했을 때 밀도가 조금 더 증가하였다.

2. 기공도

1) 세탁조건에 따른 변화

미세탁포와 25회 세탁한 직물의 기공크기 차이와, 25회 세탁 시 세탁인자 수준에 따른 기공크기 차이를 분석하였으며, 그 결과는 <Table 6>과 같다. 본 연구에서 사용한 미세탁포의 기공크기는 평균 1.5 μ m이며 25회 세탁 후에도 2.1~3.4 μ m로, 이는 인체의 땀으로부터 발생하는 직경이 0.0004 μ m인 수증기는 통과시키며, 직경이 100~3,000 μ m인 물방울은 방지할 수 있다. 따라서 세탁으로 인한 물리·화학적 영향으로 기공 변화가 나타나지만, 물방울이 통과할 정도의 변화는 나타나지 않음을 알 수 있다.

미세탁포와 25회 세탁한 직물 간의 기공크기는 유의한 차이가 없었으며, 이는 25회 세탁한 직물들 간 기공크기의 오차가 커서 나타난 현상으로, 세탁횟수보다는 세탁조건이 영향을 더 주는 것으로 보인다. 이는 본 연구에서 가능한 고밀도 직물에 손상을 주지 않기 위하여 일반세탁 실험연구에서보다 운전률을 최소화하였기 때문에 나타난 현상으로 보인다. 세제종류와 세탁온도 수준에 따라서 기공크기에서 차이가 나타났다. 세제의 경우에는 기능성>중성=알칼리 세제 순으로 기공크기가 커지는 것으로 나타났다. 한정은 외(2010)는 PU코팅의 나일론 투습방수직물을 25회 반복세탁할수록 기공도가 증가한다고 하였으며, Leonas(1998)는 폴리에스터와 폴리에스터 혼방으로 구성된 5종의 수술가운직물을 50회 반복세탁한 결과, 25회 세탁한 직물의 기공크기는 미세탁포보다 컸으나 50회 세탁직물의 기공크기와는 유의한 차이가 없다고 하였다. Rhee et al.(1993)은 폴리에스터 직물 세탁 시 미세탁 시보다 10회 세탁한 직물의 기공이 크다고 하였으나, 방오가공한 직물의 경우에는 10회 세탁 시의 기공이 미세탁 시보다 작다고 하였다. 오경화, 윤재희(2004)는 극세섬유직물의 세탁횟수가 증가할수록 섬유분할이 일어나 직물이 유연해지면서 세탁으로 인한 마찰에 의해 섬유표면이 풀리고 늘리어

Table 5. Changes in the constituent characteristics of high-density fabric by repeated laundering

Cycles	Thickness (mm)	Weight (g/m ²)	Density (warp×weft/5cm)		
			Total	Warp	Weft
0	0.0970 a	72.9 a	277.5	320.0 a	235.0
1	0.0972 ab	73.8 ab	277.6	320.7 ab	234.5
5	0.0996 ab	74.6 ab	278.6	322.6 b	234.7
10	0.0990 ab	74.4 ab	278.6	321.4 ab	235.9
25	0.0998 b	74.5 b	279.3	322.7 b	235.8
F-value	5.67***	3.02*	* 0.01	2.62*	1.66

p*<.05, **p*<.001

a, b: Groups with significant differences according to Duncan's multiple range test were noted with different letters.

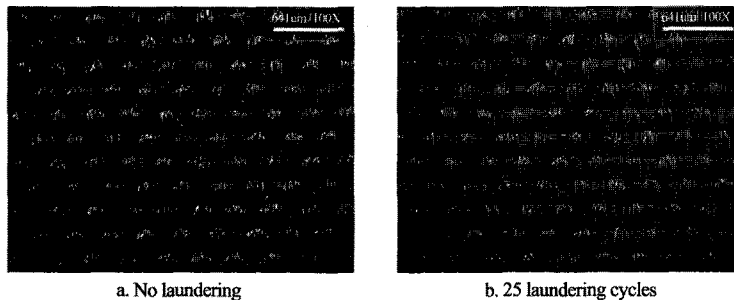


Fig. 1. Change in the high-density fabric's face side by repeated laundering.

Table 6. Effect of laundering condition on the pore size of high-density fabric

Cycles	0	25										
		Detergent			Hardness (ppm)		Temperature (°C)			RPM		
		Alkali	Neutral	Functional	70	250	15	30	40	30	40	50
Pore size (μm)	1.5	2.1 a	2.5 a	3.5 b	2.6	2.7	2.4 a	3.4 b	2.4 a	2.5	2.4	3.2
F-value		6.21**			-0.28		4.96*			2.41		
t-value		-1.741										

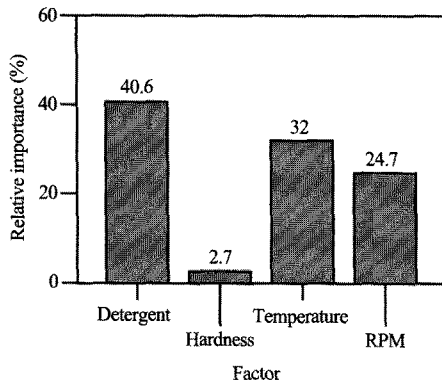
p*<.05, *p*<.01

a, b: Groups with significant differences according to Duncan's multiple range test were noted with different letters.

SMD값이 감소한다고 하였으며, Lee et al.(2009)은 반복세탁으로 나노웹 간 마찰에 의해 표면특성이 변화한다고 하였다.

선행연구에서 보듯이, 반복세탁으로 인한 섬유 및 직물의 변화와 기공의 재배열이 나타나며, 이런 변화로 인하여 기공크기에 영향을 주는데 직물에 처리하는 가공에 따라서 그 효과가 달라질 수 있음을 볼 수 있다. 이는 세탁에 따른 가공제의 손상 및 탈락으로 인하여 고정되어 있던 섬유와 실들이 자유롭게 되어 나타나는 현상이지만, 일정 횟수 이상 세탁을 하면 기

공크기의 변화가 없었다. 선행연구에서는 동일한 세탁 조건에서 세탁했기 때문에 세제에 의한 효과는 알 수 없으나, 오경화, 윤재희(2004)는 부분분할사로 구성된 섬유의 추가적 분할은 기계적 외력과 알칼리성 세제에 의한 현상이라고 설명하였으며, 이는 세제에 따른 섬유, 직물과 피막의 변화로 인한 기공의 재배열의 변화를 추측할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 시판된 세제를 사용했기 때문에, 계면활성제나 세제의 조성에 따른 섬유, 직물과 피막의 변화를 파악하는데 있어 한계가 있다. 세탁온도의 경우에는 30°C>40°C=15°C 순으로



Pearson's R: 0.83***, Kendall's tau: 0.50**
 ** $p < .01$, *** $p < .001$

Fig. 2. Relative importance of laundering conditions on the pore size of high-density fabric.

기공이 큰 것으로 나타났으며, 경도와 RPM의 수준에 의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

세탁인자가 고밀도 직물의 기공크기에 미치는 영향을 알아보았으며, <Fig. 2>와 같다. 최대 효용도와 최소 효용도의 차이를 계산해서 4가지 세탁조건에 상대적 중요성(relative importance)으로 각 인자의 영향력을 도출하였다. 최대 효용도와 최소 효용도의 차이가 크면 물성값에 중요한 영향을 주는 것을 의미한다. 기공도에 대한 세탁인자 수준의 효용도는 세탁조건에 따른 변화에서 각 요인의 수준에 대한 결과와 동일한 내용이므로 생략하였으며, Pearson's R과 Kendall's tau를 이용하여 적합성을 검정한 결과, 컨조인트 모형이 적합함을 보여주었다. 25회 세탁한 직물의 기공도에 대한 세제의 영향력은 40.6%로 기공도에 영향이 가장 크며, 이는 앞서 언급했듯이 세제종류에 따른 섬유, 직물과 피막의 변화로 인한 기공의 재배열로 나타난 현상으로 보인다.

3. 통기성

1) 세탁횟수에 따른 변화

공기투과도를 측정하여 세탁횟수에 따른 고밀도 직물의 통기성 변화를 평가하였으며, 그 결과는 <Table 7>과 같다. 25회 세탁까지 공기투과도가 지속적으로 증가하는 것으로 나타났는데, 반복세탁으로 인한 계속적인 화학적·물리적인 힘이 가해져서 섬유, 직물과 피막의 변화로 인한 기공의 재배열로 직물의 통기성

Table 7. Changes in the air permeability of high-density fabric by repeated laundering

Cycles	Air permeability (m/KPa·s)
0	0.28 a
1	0.37 a
5	0.51 b
10	0.71 c
25	1.23 d
F-value	111.27***

*** $p < .001$

a, b, c, d: Groups with significant differences according to Duncan's multiple range test were noted with different letters.

이 증가되는 것으로 판단된다.

2) 세탁조건에 따른 변화

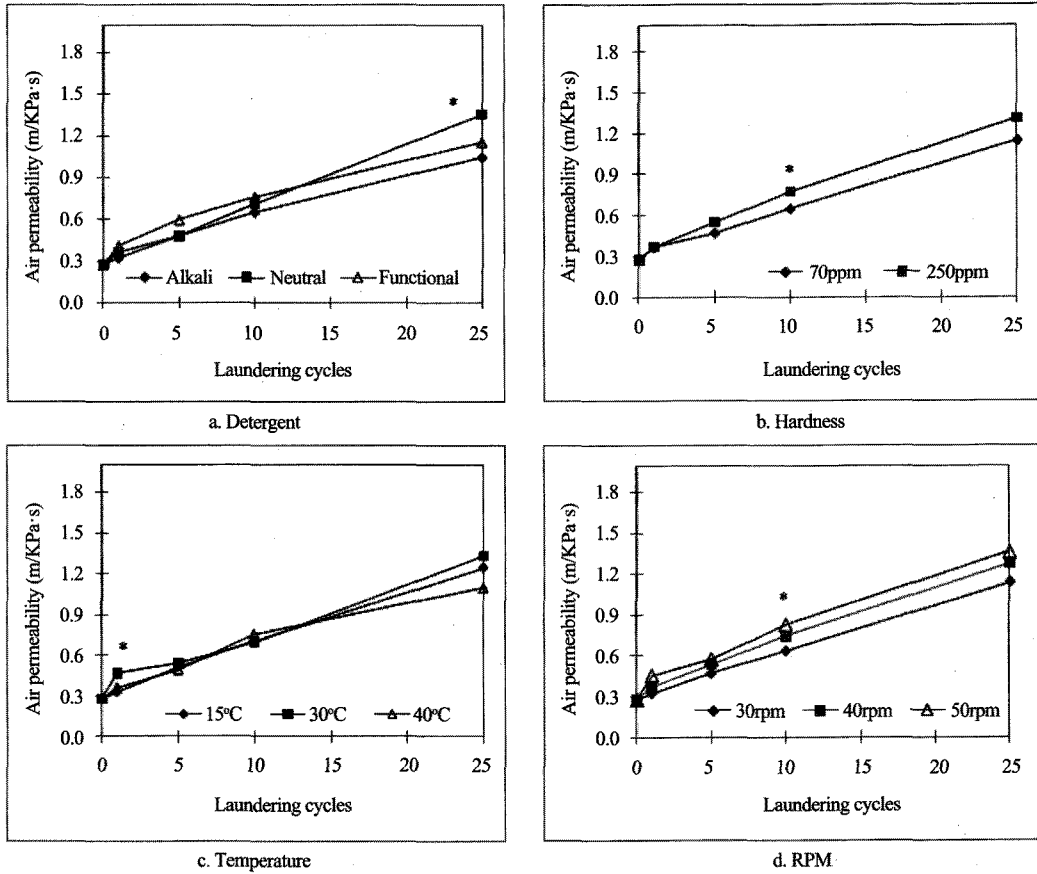
세탁인자 수준에 따른 고밀도 직물의 통기성 차이를 분석한 결과<Fig. 3>, 세제의 경우에는 10회까지는 일정한 경향을 나타내지 않았으나, 25회 세탁 시 증성 \geq 기능성 \geq 알칼리 세제 순으로, 유의한 차이가 나타났다. 세탁온도에 따라서는 1회 세탁 시를 제외하고 유의한 차이가 없었으며, 경도와 RPM의 수준에 따라 서로 큰 차이는 나타나지 않았으나 대체적으로 경도가 클 때와 RPM이 빠를수록 통기성이 큰 것으로 나타났다. 이는 경도가 클수록 불용성염들의 침착으로 피막의 손상이 더 진행(Brysson et al., 1971; Deffosse & Carfano, 1974)되며, 기계적 힘이 커지면 섬유의 재배열이 더 커졌기 때문으로 볼 수 있다.

고밀도 직물의 통기성에 대한 4가지 세탁인자의 상대적 중요도를 평가한 결과<Fig. 4>, 세제(33.3%)>세탁온도(25.2%)>RPM(24.1%)>경도(17.4%) 순으로 영향을 주는 것으로 나타났으며, 세탁인자들 간에 큰 차이는 없는 것을 알 수 있다.

4. 투습성

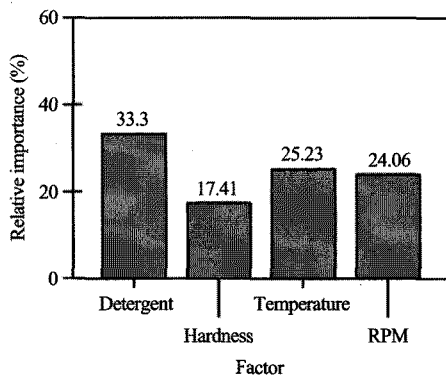
1) 세탁횟수에 따른 변화

세탁횟수에 따른 고밀도 직물의 투습도 변화를 평가한 결과<Table 8>, 세탁횟수에 따라서 고밀도 직물의 투습성에서 유의한 차이가 나타났으나, 1회 세탁으로 투습도가 급격히 증가 후 큰 변화는 없었다. Lee et al.(2010)은 2종의 라미네이트 나노웹을 10회 반복세탁한 결과, 1종은 투습도를 $8000\text{g/m}^2 \cdot 24\text{h}$ 이상을 유지하고 있으나 세탁횟수가 증가할수록 투습성이 감



* $p < .05$

Fig. 3. Effect of laundering condition on the air permeability of high-density fabric.



Pearson's R: 0.81***, Kendall's tau: 0.62**
 ** $p < .01$, *** $p < .001$

Fig. 4. Relative importance of laundering conditions on the air permeability of high-density fabric.

Table 8. Changes in the water vapor transport of high-density fabric by repeated laundering

Cycles	Water vapor transport ($g/m^2 \cdot 24h$)
0	4823 a
1	5683 b
10	5836 b
25	5957 b
F-value	14.73***

*** $p < .001$

a, b: Groups with significant differences according to Duncan's multiple range test were noted with different letters.

소하였으며, 다른 1종은 세탁횟수와 투습성은 관련이 없다고 하였다. 이와 같은 결과는 직물의 1회 세탁으로 생활방수가공이나 발수가공과 같은 가공제 손상으로 인한 투습도의 증가는 있으나, 극세사 이용과 치

밀한 조직과 같은 고밀도 직물의 구조적 특성으로 인하여 1회 세탁 이후에는 투습도의 큰 증가가 없었다. 따라서 투습도가 일정 수준 이상이 되면 세탁횟수와 투습도 증가는 상관이 없음을 알 수 있다.

2) 세탁조건에 따른 변화

세탁인자 수준에 따른 고밀도 직물의 투습도 차이를 분석한 결과, <Fig. 5>와 같다. 경도를 제외하고는 세탁인자 수준에 따른 투습도의 경향성이 나타나지 않았다. 경도의 경우에는 대체적으로 경도가 클 때가 통기성이 큰 것으로 나타나서 앞서서 언급했듯이 경도가 클수록 피막의 손상이 크며, 세탁이 진행될수록 그 영향력이 커짐을 알 수 있다.

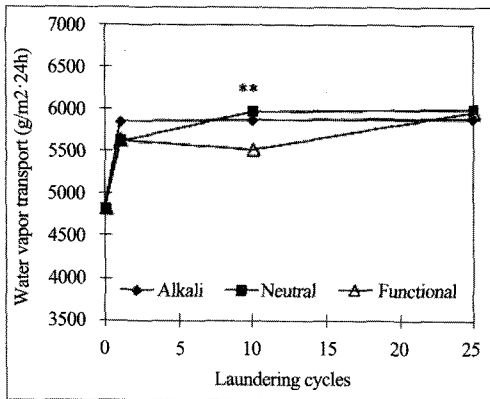
25회 세탁한 고밀도 직물의 투습성에 대한 세탁인자의 상대적 중요도를 평가한 결과<Fig. 6>, RPM>

경도>세탁온도>세제 순으로 투습성에 영향을 미쳤으나, 통기성의 상대적 중요도 결과와 마찬가지로 세탁인자들 간의 큰 차이는 없었다. 이는 기공과 관련된 기체상태의 수증기 확산을 통한 수분전달에 있어서는 모든 세탁인자들이 골고루 섬유, 직물과 피막의 변화로 인한 기공의 재배열에 영향을 주는 것을 보여준다.

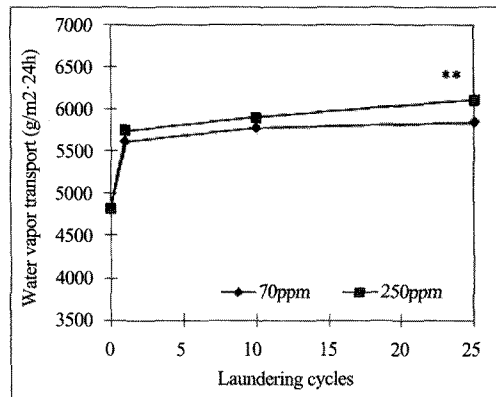
5. 발수성

1) 세탁횟수에 따른 변화

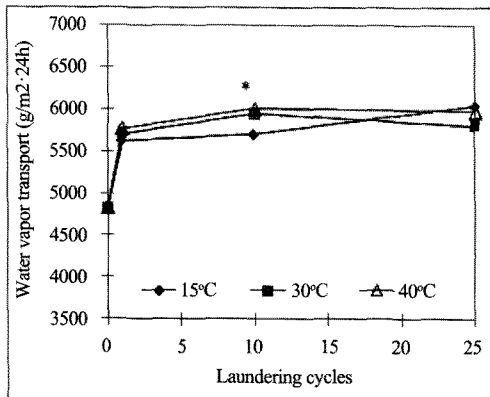
세탁횟수에 따른 고밀도 직물의 발수도 변화를 측정 한 결과<Table 9>, 세탁횟수가 증가함에 따라 발수도가 유의한 차로 감소하는 것으로 나타났다. 이는 표면의 소수화 가공제가 손상되고, 계면활성제가 흡착



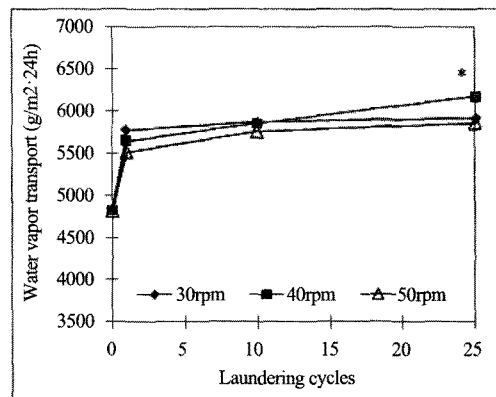
a. Detergent



b. Hardness



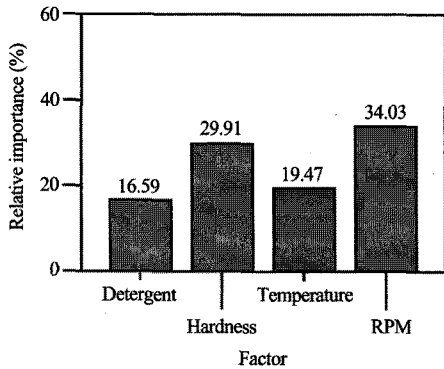
c. Temperature



d. RPM

*p<.05, **p<.01

Fig. 5. Effect of laundering condition on the water vapor transport of high-density fabric.



Pearson's R: 0.77***, Kendall's tau: 0.57***
 ** $p < .01$, *** $p < .001$

Fig. 6. Relative importance of laundering conditions on the water vapor transport of high-density fabric.

Table 9. Changes in the water repellency of high-density fabric by repeated laundering

Cycles	Water repellency (grade)
0	5.0 d
1	4.3 c
5	3.9 c
10	3.4 b
25	2.7 a
F-value	56.42***

*** $p < .001$

a, b, c, d: Groups with significant differences according to Duncan's multiple range test were noted with different letters.

(Marple, 1972)되었기 때문으로 판단된다. 본 연구에서 사용한 고밀도 직물은 발수처리된 것으로, 섬유 물리화학적 수단에 의한 내부 변화가 없는 표면가공(문규열, 1970)이므로, 세탁으로 인하여 소수화된 표면의 손상이 쉽게 손상될 수 있다. 이방원 외(1997)는 투습방수직물의 불소계 수지를 이용한 발수가공에 있어서 세탁에 의한 내구성과 마찰견뢰도 저하를 가장 문제로 지적하였으며, 고어텍스("Gore-tex® brand 제품 관리법", 2004)는 발수성 회복방법으로 발수스프레이처리를 제안하고 있다.

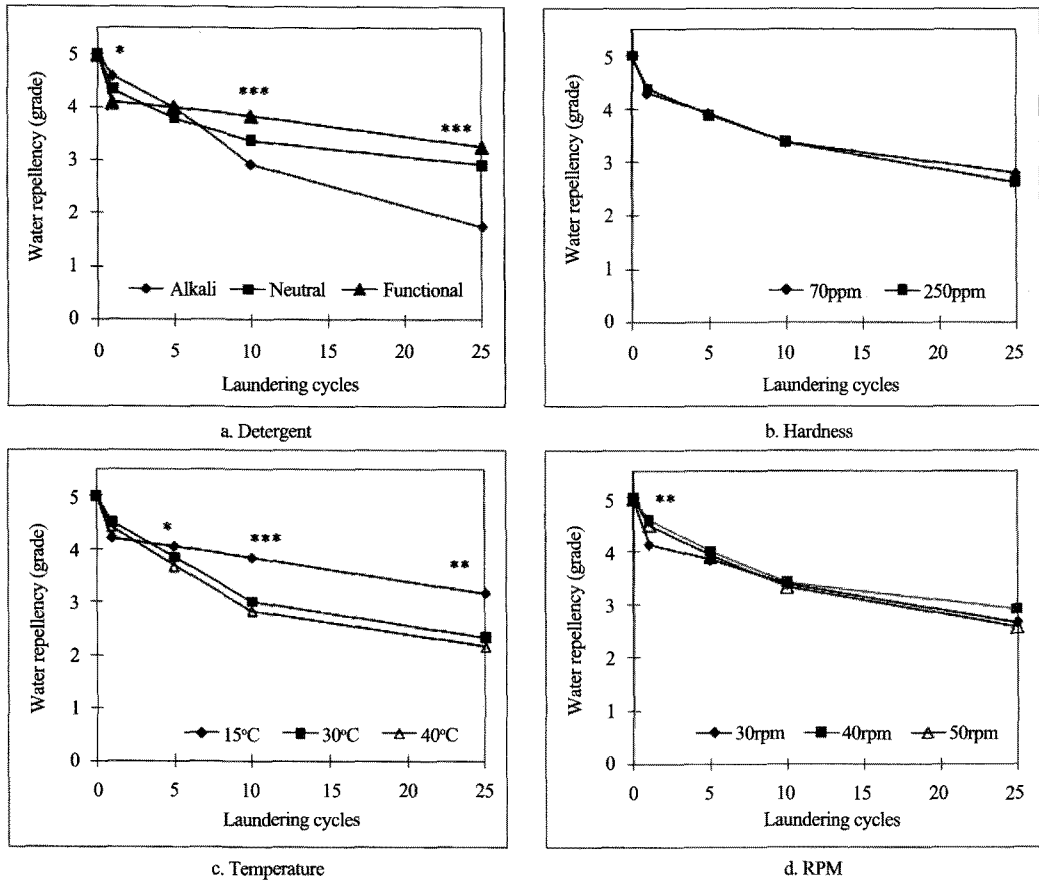
섬유는 세탁과정에서 상당량의 세제를 흡착하며, 세제 성분 중 알칼리 빌더와 중성염 등은 행구기 과정에서 쉽게 용해·제거되므로 별로 문제가 되지 않는다. 그러나 섬유가 흡착한 계면활성제는 행구기 과정에

서 쉽게 제거되지 않기 때문에, 적절히 행군 후에도 상당량(0.2% 이상)의 계면활성제가 흡착(김성련, 2000)되어 있다. 이와 같이 발수처리 소수화된 표면이 세탁으로 손상되고, 계면활성제가 섬유의 표면에 잔류하여 계면장력이 감소하므로 물과의 접촉각이 작아져 침윤이 잘 되는 것으로 판단된다.

2) 세탁조건에 따른 변화

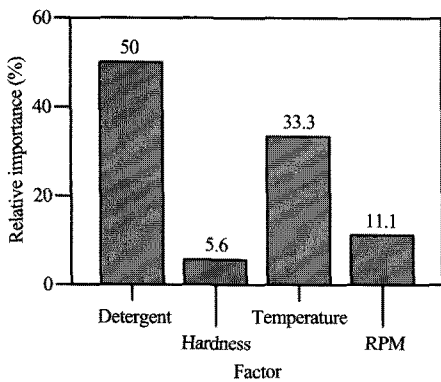
세탁인자 수준에 따른 고밀도 직물의 발수도의 차이를 분석한 결과<Fig. 7>, 반복세탁이 진행될수록 세제와 세탁온도의 수준에 따라서 발수도에서 유의한 차이가 나타났으며, 경도와 RPM의 수준에 의한 차이는 없는 것으로 나타났다. 1회 세탁 시에는 기능성<중성>알칼리 세제 순으로 발수도가 저하되었으나, 10회 세탁부터는 알칼리>중성>기능성 세제 순으로 저하되는 일정한 경향을 보였다. 이는 액체세제인 중성과 기능성 세제는 빌더의 사용에 많은 제약이 있어서 분말세제인 알칼리 세제보다 세정력이 대체로 낮기 때문에(남기대, 1994) 발수가공제의 손상에 덜 영향을 받으나, 분말 알칼리 세제의 경우에는 경수를 연화하고 알칼리를 보충하여 계면활성제의 세척작용을 크게 도와주는 빌더가 많이 들어있기 때문에(김성련, 2000) 액체세제보다 세척력이 우수하여 발수가공제의 탈락이 많이 나타나는 것으로 판단된다. 또한 앞서서 언급했듯이 세제에 따른 잔류 세제의 계면활성제도 계면장력을 감소시켜 침윤이 잘되게 하여 발수성에 영향을 주는 것을 알 수 있다. 세탁온도의 경우에는 1회 세탁이후 반복세탁이 진행될수록 30°C와 40°C에서 세탁하는 것이 15°C의 저온에서 세탁하는 것보다 발수성이 저하되었다. 이는 세척계에 열에너지를 공급하여 분자운동이 커지고, 반응속도와 확산속도가 커져서 발수가공제의 탈락이 많이 나타나기 때문이다. 이와 같은 결과로 고밀도 직물의 불소계 수지를 이용한 발수가공제는 세탁에 의한 손상은 있으나, 경도와 RPM 수준 차이에 의한 손상 차이는 없으며, 알칼리 세제를 사용하고 30°C와 40°C일 때 더 많이 손상됨을 알 수 있다.

25회 세탁한 고밀도 직물의 발수성에 대한 세탁인자의 상대적 중요도를 평가한 결과<Fig. 8>, 세제의 영향력은 50%로 가장 발수성에 영향이 컸으며, 세제>세탁온도>RPM>경도 순으로 영향을 주는 것으로 나타나서 발수도 감소를 조절하는데 세제의 선택이 중요함을 보여준다.



* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Fig. 7. Effect of laundering condition on the water repellency of high-density fabric.



Pearson's R: 0.92***, Kendall's tau: 0.72**
** $p < .01$, *** $p < .001$

Fig. 8. Relative importance of laundering conditions on the water repellency of high-density fabric.

기공과 관련된 기체상태의 수분확산을 평가하는 통기성과 투습성에서는 4가지의 세탁인자가 골고루 섬유, 직물과 피막의 변화로 인한 기공의 재배열에 영향을 주는 것으로 나타났다. 그러나 액체상태의 수분 전달을 평가하는 발수성의 경우에는 세탁온도의 영향도 크지만, 세제에 의한 발수가공제의 손상과, 잔류 계면활성제에 의한 계면장력의 저하로 인한 침윤으로 발수성 저하에 영향이 더 크다는 것을 알 수 있다.

6. 내수성

1) 세탁횟수에 따른 변화

세탁횟수에 따른 고밀도 직물의 내수성 변화를 분석하였으며, 그 결과는 <Table 10>과 같다. 25회 세탁까지 지속적으로 내수압이 감소하였으며, 이와 같

Table 10. Changes in the water resistance of high-density fabric by repeated laundering

Cycles	Water resistance (cm)
0	44.5 e
1	38.8 d
5	31.2 c
10	25.2 b
25	20.0 a
F-value	110.65***

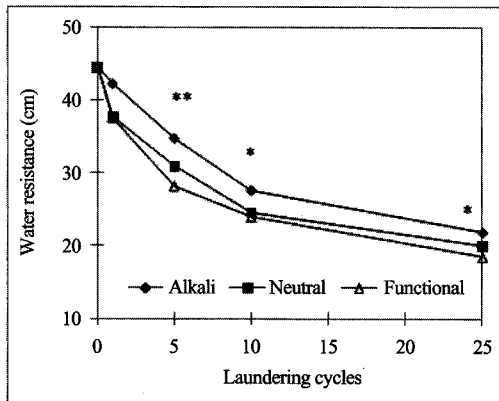
*** $p < .001$

a, b, c, d, e: Groups with significant differences according to Duncan's multiple range test were noted with different letters.

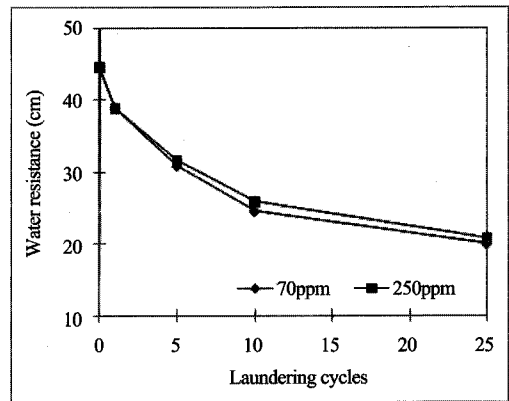
은 내수압 저하는 앞에서 언급했듯이 피막의 손상과 직물표면의 잔류 계면활성제로 인한 계면장력 감소로 나타나는 현상으로 보인다.

2) 세탁조건에 따른 변화

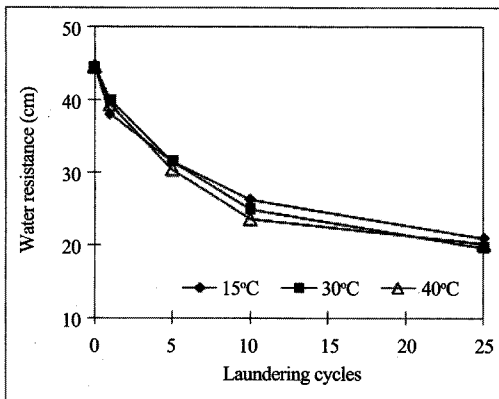
세탁인자 수준에 따른 고밀도 직물의 내수성 차이를 분석한 결과<Fig. 9>, 세제에 따라서는 내수압에서 유의한 차이가 있으며, 기능성>중성>알칼리 세제 순으로 내수압이 저하되었다. 경도, 세탁온도와 RPM에 따라서는 내수압의 차이가 없었다. 이와 같은 결과는 아래의 식으로 설명할 수 있으며, 여기서 h 는 내수압(mm), T 는 물의 표면장력(dyne/cm), s 는 물의 밀도(g/cm^3), g 는 중력 가속도(cm/sec^2), θ 는 피막내벽에서의 물의 접촉각, r 은 피막기공의 반경(cm)이다. <Fig. 10>에서 보듯이 미다공막의 기공내벽과 물과의 접촉각에 의해 물이 안으로 스며들게 되고 θ 가 90° 보다 큰 경우 기공에 침입하는 물은 표면장력에 의해 상부쪽으로 힘을 받는다. 물이 이 기공을 통과하기 위해서는 윗방향의 표면장력에 의한 저항 이상의 내수압이 필요



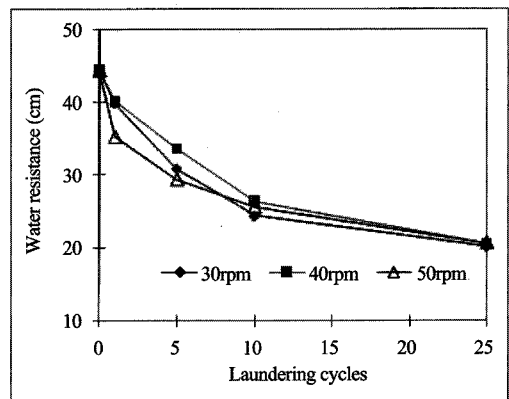
a. Detergent



b. Hardness



c. Temperature



d. RPM

* $p < .05$, ** $p < .01$

Fig. 9. Effect of laundering condition on the water resistance of high-density fabric.

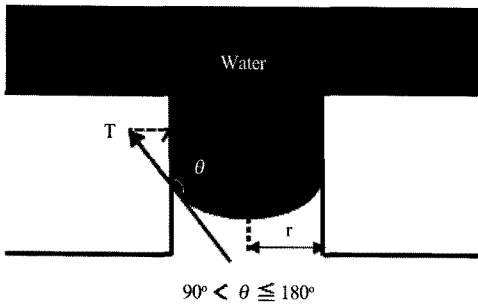


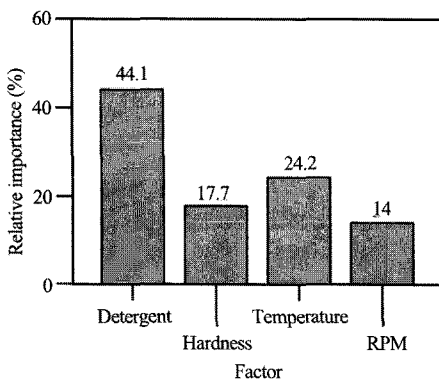
Fig. 10. Water resistance and contact angle.

요하며, 아래의 내수압과 기공 사이의 관계식에서 보듯이 θ 가 클수록, 기공이 작을수록 내수압은 높아지기(김기정, 1987) 때문이다. 앞서 밀도와 기공도에서 언급했듯이 알칼리 세제사용 시보다 중성과 기능성 세제로 세탁한 고밀도 직물의 밀도가 더 낮고 기공이 더 커졌기 때문에 내수압이 낮아진 것으로 판단된다.

$$h = \frac{2T}{sg} \cdot \cos\theta \cdot \frac{1}{r}$$

25회 세탁한 고밀도 직물의 내수성에 대한 세탁인자의 상대적 중요도를 평가한 결과<Fig. 11>, 세제>세탁온도>경도>RPM 순으로 내수압에 영향을 주는 것으로 나타났으며, 세제가 44.1%로 내수압에 미치는 영향이 가장 컸다.

세제는 발수성뿐만 아니라 내수성 저하에 미치는 영향도 크게 나타났으며, 이는 앞에서 언급했듯이 피



Pearson's R: 0.73***, Kendall's tau: 0.56**
 ** $p < .01$, *** $p < .001$

Fig. 11. Relative importance of laundering conditions on the water resistance of high-density fabric.

막의 손상뿐 만 아니라, 잔류 계면활성제에 의한 계면장력의 저하로 인한 침윤으로 인한 영향이 큼을 보여준다.

IV. 결 론

본 연구에서는 고밀도 직물의 반복적인 기계세탁과 세탁조건으로 인한 투습·발수성의 변화를 평가하기 위하여 시판 세제를 사용하여 기체와 액체상태의 수분 전달력 변화를 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

고밀도 직물의 세탁횟수가 증가할수록 두께, 무게와 경사 밀도에서 미세한 증가가 나타났다.

미세탁포와 25회 세탁한 직물 간의 기공크기에서 유의한 차이는 없으나, 세탁조건에 따른 차이가 나타났으며 기능성 세제와 30°C에서 세탁했을 때 기공크기가 더 커졌다.

통기성은 반복세탁이 진행될수록 커지고, 세제와 세탁온도 수준에 따른 통기성은 반복세탁이 진행되어도 일정한 경향이 나타나지 않았으나 25회 세탁 시에만 중성>기능성>알칼리 세제 순으로 통기성이 커졌다. 경도와 RPM이 클수록 통기성이 커졌으며, 25회 세탁 시 세제, 세탁온도, RPM와 경도의 세탁인자가 골고루 통기성에 영향을 주었다.

투습성은 1회 세탁으로 급격히 증가 후 큰 변화는 없었으며, 경도를 제외하고는 세탁인자 수준에 따른 투습도의 경향성이 나타나지 않았고 대체적으로 경도가 클 때가 투습성이 커졌다.

발수성은 1회 세탁으로 1등급 정도의 발수도 저하가 나타났으며, 이후에도 지속적으로 발수성이 저하되었다. 경도와 RPM 차이에 의한 발수성의 차이는 없으나, 알칼리 세제를 사용하고 세탁온도가 30°C와 40°C일 때 더 많이 발수성이 저하되었다. 25회 세탁 시 세제의 상대적 중요성이 50%로 가장 발수성에 영향이 컸으며, 세제>세탁온도>RPM>경도 순으로 발수성에 영향을 주었다.

25회 세탁까지 지속적으로 내수성이 감소하였으며, 기능성>중성>알칼리 세제 순으로 내수성이 더 감소하였으며 경도, 세탁온도, RPM에 따라서는 내수도에서 차이가 없었다. 25회 세탁 시 세제>세탁온도>경도>RPM 순으로 내수도에 영향을 주었다.

이상의 결과로부터 고밀도 직물은 중성 세제를 사용하여 낮은 경도, 낮은 세탁온도와 낮은 RPM에서 세탁을 하는 것이 손상을 최소화하는 세탁방법임을 알

수 있다. 고밀도 직물의 기공은 기체상태의 수분확산과 액체상태의 수분확산에도 영향을 주기 때문에, 세탁 시 기공의 변화를 최소화하는 것이 물성 변화를 최소화하는 방법이다. 극세사를 이용하여 치밀한 조직으로 제작해서 일정 수준까지 영향을 주며, 세제, 경도, 세탁온도와 RPM의 세탁요인들이 골고루 섬유, 직물과 피막의 변화에 영향을 주어 기공을 재배열하기 때문에 기체상태의 수분확산이 증가하는 것으로 나타났다. 액체상태의 수분확산에 있어서는 세제로 인한 피막의 손상과, 직물표면의 잔류 계면활성제로 인한 계면장력 감소로 인하여, 세제가 다른 세탁요인보다 액체상태의 수분확산에 영향을 더 주었다. 기공과 관련해서는 기능성 세제가, 가공제와 관련해서는 알칼리 세제에 의한 손상이 큰 것으로 나타났으므로, 기공도와 연결하여 고밀도 직물세탁 시 세제의 선택이 중요함을 보여주었다. 그러나 본 연구에서는 시판되는 세제를 사용하였기 때문에 잔류 세제의 성분에 따른 손상도를 파악하는 데 한계가 있으므로, 후속연구에서는 계면활성제의 성분에 따른 잔류 세제량이나 손상도를 파악한다면 고밀도 직물과 같은 투습방수소재를 더 효과적으로 관리하는 방법을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 김기정. (1987). 투습성 방수가공. *한국섬유공학회지*, 24(6), 153-162.
- 김성련. (2000). *세제와 세탁의 과학* (개정판). 서울: 교문사.
- 김은애, 유신정. (2004). 투습방수소재 및 평가기술. *섬유기술과 산업*, 8(3), 271-285.
- 남기대. (1994). *계면활성제*. 서울: 수서원.
- 문규열. (1970). 섬유의 습윤과 발수가공. *한국섬유공학회지*, 7(2), 56-63.
- 유필화. (1994). *현대의 마케팅과학*. 서울: 법문사.
- 오경화, 윤재희. (2004). 지용성 오염과 반복세탁에 따른 극세섬유직물의 역학적 특성 변화와 흡수성에 관한 연구. *한국섬유공학회지*, 41(5), 328-334.
- 울삼푸 아웃도어 신제품 출시. (2008, 12. 3). *애경*. 자료검색일 2010, 8. 30, 자료출처 <http://www.aekyung.co.kr>
- 이방원, 박병기, 김환철, 정윤숙, 이화선. (1997). 발수소지를 이용한 분할형 PET/nylon 직물의 발수가공. *한국염색가공학회지*, 9(4), 213-218.
- 정경자, 최석철. (1994). 투습성 방수포의 세탁방법에 따른 물성 변화에 관한 연구. *한국의류학회지*, 18(5), 674-681.
- 조지현, 류덕환. (2000). 투습방수 코팅소재의 반복세탁에 따른 촉감 및 봉제 외관성능의 변화. *한국생활과학회지*, 9(1), 33-45.
- 조호현, 서말용, 박성우, 김경렬, 김삼수, 조대현. (2001). *코기능성 신합섬 소재*. 대구: 한국섬유개발연구원.
- 한정은, 노의경, 김은애. (2010). PU 코팅소재의 반복세탁에 의한 세제잔류와 폐적성능 변화. *한국의류학회 춘계학술대회 초록집*, 57.
- Gore-tex® brand 제품 관리법. (2004). *고어코리아*. 자료검색일 2010, 4. 22, 자료출처 <http://www.goretex.co.kr>
- Brysson, R. J., Piccolo, B., & Walker, A. M. (1971). Calcium-phosphorus deposition during home laundering. *Textile Research Journal*, 41(1), 86-87.
- Deffosse, J. C., & Carfano, P. P. (1974). Effect of laundry practices on the flame retardance of fabrics. *Textile Chemists and Colorists*, 6, 25-29.
- Desa, V. M., & Athawale, V. D. (1995). Water resistant-breathable hydrophilic polyurethane coatings. *Journal of Industrial Textiles*, 25(1), 39-46.
- Gibson, P. W. (2000). Effect of temperature on water vapor transport through polymer membrane laminates. *Polymer Test*, 19(6), 673-691.
- Green, P. E., & Srinivasan, V. (1978). Conjoint analysis in consumer research: Issues and outlook. *Journal of Consumer Research*, 5(2), 103-123.
- Gretton, J. C., Brook, D. B., Dyson, H. M., & Harlock, S. C. (1998). Moisture vapor transport through waterproof breathable fabrics and clothing systems under a temperature gradient. *Textile Research Journal*, 68(12), 936-941.
- Huang, J. (2007). Review of test methods for measuring water vapor transfer properties of fabrics. *Cellular polymers*, 26(3), 167-191.
- Lee, S. M., Kimura, D., Lee, K. H., Park, J. C., & Kim, I. S. (2010). The effect of laundering on the thermal and water transfer properties of mass-produced laminated nanofiber web for use in wear. *Textile Research Journal*, 80(2), 99-105.
- Lee, S. M., Kimura, D., Yokoyama, A., Lee, K. H., Park, J. C., & Kim, I. S. (2009). The effects of laundering on the mechanical properties of mass-produced nanofiber web for use in wear. *Textile Research Journal*, 79(12), 1085-1090.
- Leonas, K. K. (1998). Effect of laundering on the barrier properties of reusable surgical gown fabric. *American Journal of Infection Control*, 26(5), 495-501.
- Li, Y., & Holcombe, B. V. (1998). Mathematical simulation of heat and moisture transfer in a human-clothing-environment system. *Textile Research Journal*, 68(6), 389-397.
- Lin, C. Y., Liao, K. H., Su, C. F., Kuo, C. H., & Hsieh, K. H. (2007). Smart temperature-controlled water vapor perme-

- able poly urethane film. *Journal of Membrane Science*, 299, 91–96.
- Lomax, G. R. (1985). The design of waterproof, water vapour-permeable fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, 15(1), 40–66.
- MaCullough, E. A., Kwon, M., & Shim, H. (2003). A comparison of standard methods for measuring water vapour permeability of fabrics. *Measurement Science and Technology*, 14(8), 1402–1408.
- Marple, W. L. (1972). Evaluation of the rinsing process. In M. J. Schick & F. M. Fowkes (Series Ed.), W. G. Cutler & R. C. Davis (Vol. Ed.), *Surfactant science series: Vol. 4. Detergency: Theory and test methods Part II*. New York: M. Dekker.
- Ozcan, G. (2007). Performance evaluation of water repellent finishes on woven fabric properties. *Textile Research Journal*, 77(4), 265–270.
- Rhee, H., Young, R. A., & Sarmadi, A. M. (1993). The effect of functional finishes and laundering on textile materials Part II: Characterization of liquid flow. *Journal of the Textile Institute*, 84(3), 406–418.
- Qi, H. J., Sui, K. Y., Ma, Z. L., Sun, X. Q., & Lu, J. J. (2002). Polymeric fluoro-carbon-coated polyester substrates for waterproof breathable fabric. *Textile Research Journal*, 72(2), 93–97.