

직물 구조인자와 표면 가공특성이 스포츠 의류용 투습직물의 발수/방수/투습특성에 미치는 영향

김현아[†]

한국패션산업연구원 연구개발본부

Effect of Fabric Structural Parameters and Surface Finishing Characteristics to Water Repellency/Proofing/Vapor Permeability of Breathable Fabrics for Sportswear Clothing

Hyun Ah Kim[†]

Korea Research Institute for Fashion Industry; Daegu, Korea

Abstract: This paper examined the water repellency, water proofing and water vapor permeability of twelve types of woven fabrics for sports wear clothing. Their physical properties were compared and discussed with the fabric structural parameters and surface finishing effect. A water repellent property of 100% was obtained in the coated or laminated water repellent finished fabrics; in addition, cotton/nylon breathable composite fabrics treated with a laminated finishing and with low fabric density showed a 90% water repellency. Water proofing fabric above 6,000 mmH₂O hydraulic pressure was achieved by coated or laminated finishing; however, high density fabric or medium-level coated fabrics exhibited 100% water repellent and low water proofing characteristics. Superior water vapor permeability characteristics with good water repellency and proofing properties were achieved at the 2.5 layered low density and with 0.7 - 0.9 cover factor nylon fabrics treated with hydrophilic laminated finishing. The regression analysis for examining the effects of fabric structural parameters and surface finishing such as coating and laminating to the water vapor permeability exhibited a high determination coefficient of fabric structural parameters of 63.5%; in addition, main factors among fabric structural parameters appeared to be cover factor and fabric thickness per weight. Coating and Laminating factors exhibited determination coefficient of water vapor permeability parameters of 36.5%.

Key words: water repellency (발수성), water proofing (방수성), water vapor permeability (투습성), laminated finishing (라미네이팅 가공), cover factor (커버팩터)

1. 서 론

스포츠·레저용으로 많이 사용되고 있는 투습·방수 직물은 국내에서도 여러 의류브랜드에서 판매되고 있으나 이들 제품들의 방수 및 투습특성에 대해 심도 있게 비교·분석을 실시한 연구는 많이 발표되고 있지 않으며, 특히, 최근 기능성 스포츠 의류소재의 개발이 활성화되면서 투습특성 및 방수와 발수특성에 관해 체계적인 연구 수행의 필요성이 요구되고 있다. 상업적으로 스포츠 의류의 이들과 관련된 물성실험은 발수성(Water repellency) 그리고 방수성과 관련된 내수압(Hydrostatic pressure), 또한 투습특성에 관련된 수분증기투과도(Water vapor

permeability) 실험 등이 있으며 이들 물성은 상거리에 중요한 실험방법으로 사용되고 있다. 또한 소방복과 같은 보호복에서도 검사기준에 발수성, 방수성 그리고 투습도 등의 물성에 대한 합격기준이 별도로 존재하며, 이들 물성 항목들이 보호복에서도 중요하게 적용되고 있다.

현재까지 이 분야에 수행되어 왔던 연구는 면, 울 그리고 폴리에스터와 나일론 등의 화학섬유와의 혼방소재 등에 관한 연구가 주로 수행되어 왔으며, 소재별 측정방법 간의 물성비교에 관한 논문들(Cubric et al., 1993; Huang & Qian, 2008; Kim & Kim, 2017; McCullough et al., 2003)이 발표되었다. 앞선 연구에서의 투습도 측정방법 중에는 실제 의류착용 조건에 부합하지 않은 실험방법도 있으며, 또한 기업현장에서 품질관리의 목적으로만 현재까지 사용하고 있는 방법도 있다. 따라서 여러 가지의 실험방법 간의 특성을 서로 비교하면서 소재에 맞는 최적의 실험방법을 찾는 연구들이 많이 수행되어 왔으며, 현재까지의 연구는 다음과 같다. Huang and Qian (2008)은 6가지 투습도 측정방법에 따른 투습직물의 투습도를 측정하여 투습도 측정방법들 사이의 상관성 분석을 통해 높은 상관성을 보이는

[†]Corresponding author; Hyun Ah Kim
Tel. +82-53-721-7472, Fax. +82-53-986-6341
E-mail: ktufl@krifi.re.kr

© 2020 (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.

투습방법을 발표하였다. 반면, Cubric et al.(1993)은 멤브레인 라미네이팅 직물을 사용하여 스웨팅 가디드 핫 플레이트 방법과 업라이트 컵(Upright cup) 방법 사이의 투습도를 분석한 결과, 낮은 상관성을 보인다는 연구결과를 발표하였다. 또한 McCullough et al.(2003)은 26가지의 방수·투습 직물을 사용하여 5가지의 투습도 측정방법 사이의 상관성을 분석하여 높은 상관성을 보이는 투습도 측정방법을 제안하였다. 한편, Yoo and Kim(2008)은 겨울용 양상블 착용 시 발생하는 열과 수분증기 이동현상을 여러 가지 소재의 멀티 레이어 종류에 따라 분석하고 발생한 땀의 응축 프로파일을 조사·연구하였다. Cubric et al.(2013)은 ISO 11092 투습저항 측정방법과 써머마네킨 실험을 통하여 니트소재의 구조 파라메타와 구성섬유와 실의 특성, 직물의 가공방법 그리고 의류착용 상태에서의 움직임 등에 따른 투습저항에 대한 영향을 분석하였다. 이들의 연구에서는 투습저항과 구성섬유의 흡수율과의 상관계수는 0.7이며, 투습저항과 니트소재의 무게, 두께, 타이트니스(Tightness) 팩터를 사이의 상관계수는 매우 높았다고 보고하였다. Gorjanc et al.(2012)은 면사와 면/스판덱스 커버링사를 사용한 직물의 밀도와 조직변화에 따른 투습도를 측정하고 분석하였다. 투습도는 워터컵(Water cup)방법을 사용하여 측정하였으며 스판덱스 사용 능직 신축직물의 투습저항이 100% 면직물보다 더 높은 값을 보였다는 연구결과를 발표하였다. Lee and Obendorf(2012)는 면, 나일론, 폴리에스터, 라이오셀 섬유들을 사용한 15가지 직물의 수분증기투과도(Water vapor transmission)를 업라이트 컵(Upright cup) 방법으로 측정하고 섬유소재와 직물구조 인자의 효과를 분석하였다. 직물 두께, 커버팩터, 기공직경, 구성섬유의 흡수도 등이 유의한 인자였으며 실의 꼬임계수, 실의 팩킹(Packing) 팩터는 기여도가 낮았다고 보고하였다. Mukhopadhyay et al.(2011)은 투습도에 대한 중공사의 구조인자의 효과를 연구하였으며, Ren and Ruckman(2004)은 투습방수 소재의 응축을 줄이는 방법에 대한 연구를 수행하였다. Rego et al.(2010)은 단성사 직물 7가지를 스웨팅 가디드 핫 플레이트(Sweating guarded hot plate) 방법으로 분석하여 투습저항에 영향을 미치는 인자는 직물두께와 공기투과도라는 결론을 얻었다. Zhou et al.(2007)은 여러 가지 실로 만든 방모 니트 직물의 투습특성을 연구하여 면사가 혼합된 시료가 가장 좋은 투습성을 보여주었다고 보고하였다. 이들 연구 외 면과 폴리에스터 등의 섬유소재를 사용한 직물의 투습도 연구(Das et al., 2009; Yingchun & Jin, 2010)도 수행되었다. Sampath et al.(2012)은 폴리에스터 방적사 직물의 투습저항에 관한 연구를 수행하여 폴리에스터 직물이 면직물보다 더 높은 값을 보였으며 이들 직물에 투습가공 처리를 한 후 투습 저항치를 측정된 결과 폴리에스터 직물은 크게 감소되었지만 면직물은 크게 변화가 없음을 확인하였다.

그러나 현재까지의 관련 연구들은 울, 면 그리고 레이온 등의 천연소재들의 투습성에 관한 연구가 많이 수행되었으며, 스포츠 소재의 투습특성과 방수 및 발수특성을 관련시켜 연구한 사례는

부족한 실정이다. 단지 Huang and Qian(2008)과 McCullough et al.(2003)의 연구에서 WWB(Waterproof, Windproof and Breathable) 아웃도어 셸 직물(Outer-door shell fabric)을 사용하여 투습도 측정방법에 따른 투습특성의 상관성을 분석한 연구가 스포츠용 소재의 투습성 연구의 대표적 연구로 볼 수 있다. 본 연구에서는 국내 스포츠 의류 브랜드 기업에서 많이 사용되는 12가지 투습·방수소재를 사용하여 이들의 발수, 방수 그리고 투습특성을 측정된 후 이들 값과 직물구조 인자와의 상관성 분석을 통해 방수 및 투습도에 영향하는 인자를 분석하여 우수한 투습·방수 기능의 스포츠 소재를 얻기 위한 직물설계 및 가공방법에 관한 기초연구를 수행하고자 하였다.

2. 실험

2.1. 시료

본 연구를 위해 시료는 나일론6 투습직물(3종), 나일론66 투습직물(3종), 폴리에스터 고밀도 투습직물(2종), 폴리에스터 라미네이팅 투습직물(2종), 그리고 나일론/면 라미네이팅 소재(2종) 등 총 12가지를 준비하였으며, 4가지 그룹으로 분류하였다. 즉, 그룹 1(1~3번 시료), 그룹 2(4~7번 시료), 그룹 3(8~10번 시료) 그리고 그룹 4(11, 12번 시료)로 분류하였다. 이들 시료들은 라미네이팅과 코팅가공이 된 시료가 9종이며 폴리에스터 고밀도 직물 2종은 마이크로 파이버를 사용한 하이멀티사의 고밀도 투습소재로서 코팅 및 라미네이팅 가공처리를 하지 않은 것을 시료로 사용하였다. 고밀도 나일론 직물 시료 한 가지는 직물표면에 테프론 발수가공 처리한 것을 시료로 사용되었다. Table 1에 이들 소재들의 직물설계 특성을 나타내었다. Table 1에서 각 시료들의 경사와 위사의 변수와 직물밀도는 KS K ISO 2060과 KSK ISO 7211-2 실험방법에 따라서 각각 측정하였다.

2.2. 물성측정

2.2.1. 발수도(Water repellency) 실험

KS K ISO 4920법에 의한 스프레이 방법을 사용하여 12가지 시료의 발수성 실험을 실시하였다. Fig. 1에 실험방법에 대한 실험장치의 모식도를 도시하였다. Fig. 1(a)에서 볼 수 있듯이 45°각도로 설치한 시료 위를 삼각 플라스크로부터 상온수 250 ml를 25-30초 사이에 살포하여 젖은 상태를 표준건분과 비교하여 발수도(Water repellency, %)로 평가하였다.

2.2.2. 내수압(Hydrostatic pressure) 실험

KS K ISO 811법에 의한 저수압법에 의해 실시하였으며 Fig. 1(b)에서 보듯이 상온수를 넣은 수조장치를 60 ± 3 cm/분 속도로 상승시켜 시료의 안쪽 3군데로부터 물이 나올 때의 수위를 내수압(Hydrostatic pressure, mmHg)값으로 측정하였다.

2.2.3. 투습도(Water vapor permeability) 측정

KS K 0594법에 따라 실시하였으며 Fig. 1(c)에서 직경

Table 1. Specification of the fabric specimens

| Specimen no. | Yarn number(d) | | Fabric density | | Material characteristics | Remark | |
|--------------|----------------|-----|----------------|---------------|--------------------------|--|-----------|
| | Wp | Wf | Wp (ends/in) | Wf (picks/in) | | | |
| Group 1 | 1 | 80 | 83 | 232 | 120 | Nylon hydrophilic polyurethane laminated fabric | 2 layer |
| | 2 | 56 | 71 | 170 | 93 | Nylon hydrophilic polyurethane coated fabric | 2 layer |
| | 3 | 84 | 108 | 85 | 85 | Nylon hydrophilic polyurethane laminated tricot layered fabric | 2.5 layer |
| Group 2 | 4 | 131 | 121 | 95 | 140 | Polyester hydrophilic laminated fabric | 2 layer |
| | 5 | 68 | 164 | 233 | 100 | Polyester laminated fabric | 2 layer |
| | 6 | 56 | 65 | 212 | 130 | Polyesterr microfiber high density fabric | 1 layer |
| | 7 | 53 | 54 | 158 | 72 | Polyester microfiber high density fabric | 1 layer |
| Group 3 | 8 | 92 | 183 | 160 | 68 | Nylon-66 PU Teflon finishing and microfiber high density fabric | 1 layer |
| | 9 | 177 | 80 | 165 | 124 | Nylon-66 Wet breathable coated fabric | 2 layer |
| | 10 | 89 | 178 | 152 | 70 | Nylon-66 Dry breathable coated fabric | 2 layer |
| Group 4 | 11 | 41 | 272 | 118 | 83 | Nylon/cotton laminated fabric | 2 layer |
| | 12 | 64 | 67 | 120 | 108 | Nylon/cotton laminated fabric | 2 layer |

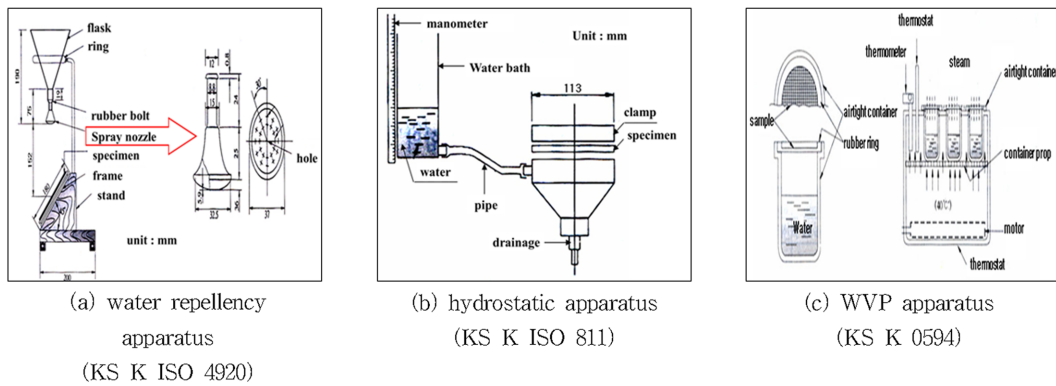


Fig. 1. Schematic diagram of the water and vapor permeability measuring apparatus.

8 cm의 시료를 3매 준비한 후 40°C 물이 담긴 투습컵의 물높이를 42 mm로 한 후 물과 시료와의 거리를 10 mm로 하였다. 시료의 표면을 흡습제 쪽으로 하여 흡습제와의 거리는 3mm가 되게 하였다. 주위온도는 40 ± 2°C, 상대습도 50 ± 5%의 항온항습 상태에서 1시간이 지난 후 시료 무게(a₁, mg)를 측정하고 다시 20 ± 1°C, 65 ± 5% RH 상태에서 1시간 방치한 후 시료의 무게(a₂, mg)를 측정하여 아래의 <Eq.1>으로 투습도(WVP)를 측정하였다.

$$WVP = \frac{10(a_1 - a_2)}{S} \quad \text{Eq.1.}$$

where, WVP : water vapor permeability(g/m²·h)
a₁ - a₂ : mass change of specimen for one hour
S : specimen area(cm²)

2.3. 직물구조인자(커버팩터) 측정

투습직물의 구성사의 변수와 직물의 밀도를 사용하여 직물의 커버팩터를 직물밀도함수(Weave Density Coefficient, WDC)

로 <Eq.2>를 사용하여 계산하였다(Kim & Kim, 2010).

$$WD \times FD = \frac{WDC}{WF} \times \frac{25.4^2}{(D_w + D_f)^2} \quad \text{Eq.2.}$$

where, $WF = \left(\frac{R + C_r}{2R}\right)^2$: weave factor

WD : warp density (ends/in)

FD : filling density (picks/in)

WDC : weave density coefficient

D : yarn diameter (mm)

$$d = d = \rho_f \times \frac{\pi D^2}{4} \times 9 \times 10^5$$

ρ_f : fibre density

d : denier

R : number of yarn in the one repeat weave

C_r : no. of interlacing point on the one repeat weave

3. 결과 및 논의

3.1. 투습직물의 발수특성

소재 및 가공방법에 따른 투습특성과 함께 투습직물의 발수 및 방수특성도 매우 중요하므로 시료별로 이들 특성을 분석하였다. Table 2에 12가지 시료의 물성치를 나타내었다.

Table 2에서 발수도를 나타내는 WR(Water Repellency) 값에서 볼 수 있듯이 대부분의 투습직물은 100%의 발수도를 보였으나 고밀도 폴리에스터 직물 시료이면서, 발수가공이 안 된 6번과 7번 시료와 나일론/면 교직물인 11번 시료에서 90% 정도의 발수성을 보였다. 이 결과에서 고밀도 투습직물이더라도 발수가공이 안 된 경우 100% 발수성을 보이지 못하고 있다는 것을 알 수 있다. 그러나 본 연구에서 사용된 시료 중 8번 시료는 발수가공이 된 고밀도 나일론 직물로서 6번과 7번의 폴리에스터 고밀도 직물(커버팩터:1.60, 1.58)보다 커버팩터가 2.44로서 훨씬 높은 초고밀도 직물이며 두께도 6번, 7번 시료에 비해 매우 두꺼우며, 또한 테프론 발수가공 처리에 의해 발수성이 100%임을 확인하였다. 90% 정도의 발수성을 보인 11번 시료는 경사에 면 방직사와 위사에 나일론 필라멘트가 사용된 교직물로서, 커버팩터가 0.81이며 밀도가 낮아서 90%의 발수성을 보였다. 그러나 같은 라미네이팅 교직물로서 커버팩터가 0.95 정도로서 밀도가 높은 12번 시료는 100%의 발수성을 보임으로써 교직물의 발수도는 밀도가 낮은 경우 한계가 있음을 확인하였다.

3.2. 투습직물의 방수특성

Table 2에 보인 방수도(Hydraulic Pressure, HP) 실험결과에서 내수압이 10,000 mmH₂O 정도의 우수한 결과를 보여준 시

료는 3, 4, 12번 시료로서 3번 시료는 나일론 직물에 나일론 트리코트를 친수성 폴리우레탄 필름을 사용하여 라미네이팅한 2.5-layer 시료로, 같은 나일론 2-layer 시료인 1번과 2번 시료보다 높은 방수성을 보였다. 4번 시료는 폴리에스터 직물에 친수성 폴리에스터 필름을 라미네이팅한 시료로, 같은 폴리에스터의 친수성 폴리에스터 필름으로 라미네이팅한 시료 5번보다 약 4,400 mmH₂O 높은 방수성을 보였다. 이는 5번 시료의 커버팩터(1.09) 보다 4번 시료의 높은 커버팩터(1.60)에 기인한 것으로 보여진다. 또한 같은 폴리에스터 직물소재이나, 라미네이팅 하지 않은 고밀도 직물인 6번, 7번 시료의 방수성은 1,000 mmH₂O 이하의 매우 낮은 값을 나타내어 고밀도만으로 방수소재를 얻기는 어렵다는 것을 알 수 있으며, 높은 커버팩터와 함께 2-layer 이상 혹은 라미네이팅 가공이 된 경우 10,000 mmHg 이상의 높은 방수성을 얻을 수 있다는 것을 확인하였다.

한편, 같은 고밀도 직물로 발수가공 처리된 1-layer 나일론 발수직물인 8번 시료도 발수도는 100%를 보였으나 방수도 실험에서는 1,000 mmH₂O 이하의 낮은 내수압을 나타내어 폴리에스터 고밀도 직물인 6번과 7번 시료와 비슷한 방수성을 보임을 확인하였다. 즉, 6번, 7번 시료와 같이 폴리에스터 소재가 아닌 커버팩터가 2.44정도의 초고밀도 나일론 소재(8번 시료)로써 발수가공이 된 직물이더라도 방수성은 폴리에스터 시료인 6번과 7번 시료와 큰 차이를 보이지 않는 1,000 mmH₂O 이하의 낮은 내수압을 보인다는 것을 알 수 있다. 또한 상업적으로 방수소재로 인정받을 수 있는 6,000 mmH₂O 이상의 방수성을 얻기 위해서는 코팅과 라미네이팅 가공이 필수적이라는 것을 확인하였다.

한편, 8번 시료와 같은 나일론사로 제직된 직물로서, 습건식

Table 2. Physical properties of the fabric specimens

| Sample No. | Material | Breathable type | WR (%) | HP (mmH ₂ O) | WVP (g/(m ² ·h)) | Structure (layers) | Cover Factor (WDC) | Thickness (mm) | Weight (g/cm ²) | |
|------------|----------|-----------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------|--------------------|----------------|-----------------------------|--------|
| Group 1 | 1 | Nylon | Laminated | 100 | 8730 | 8423.2 | 2 | 1.23 | 0.189 | 0.011 |
| | 2 | Nylon | Coating | 100 | 5700 | 8111.3 | 2 | 0.96 | 0.112 | 0.0096 |
| | 3 | Nylon | Laminated & tricot | 100 | 10000 | 12166.9 | 2.5 | 0.66 | 0.321 | 0.0137 |
| Group 2 | 4 | PET | Laminated | 100 | 10000 | 7612.1 | 2 | 1.60 | 0.256 | 0.0143 |
| | 5 | PET | Laminated | 100 | 5585 | 6326.9 | 2 | 1.09 | 0.291 | 0.0163 |
| | 6 | PET | High density fabric | 90 | 773 | 10856.6 | 1 | 1.60 | 0.154 | 0.0091 |
| | 7 | PET | High density fabric | 90 | 300 | 11792.5 | 1 | 1.58 | 0.117 | 0.007 |
| Group 3 | 8 | Nylon | High density fabric and Teflon finish | 100 | 838 | 2495.7 | 1 | 2.44 | 0.315 | 0.011 |
| | 9 | Nylon | Coating | 100 | 2245 | 2632.6 | 2 | 1.33 | 0.346 | 0.015 |
| | 10 | Nylon | Coating | 100 | 1500 | 11230.9 | 2 | 0.73 | 0.37 | 0.015 |
| Group 4 | 11 | Nylon/Cotton | Laminated | 90 | 6025 | 11854.9 | 2 | 0.81 | 0.109 | 0.0081 |
| | 12 | Nylon/Cotton | Laminated | 100 | 10000 | 8797.6 | 2 | 0.95 | 0.382 | 0.0225 |

note : WR : water repellency
 HP : hydraulic pressure
 WVP : water vapor permeability

코팅 처리한 생활방수용 투습직물로 분류되는 9번과 10번 시료의 경우 코팅 처리가 되었기 때문에 테프론 가공된 8번 시료의 내수압 838 mmH₂O 보다 높은 내수압, 즉, 각각 2,200과 1,500 mmH₂O를 보였다. 이들 두 가지 시료는 모두 2,000 mmH₂O 정도의 생활방수 직물로 사용할 수 있는 용도를 보였다.

나일론/면 교직물 소재이면서 라미네이팅 가공된 투습방수 직물인 11번과 12번시료의 방수도는 각각 6,000과 10,000 mmH₂O로, 상업적으로 인정되는 방수직물의 내수압 값을 나타냈으며 12번 시료의 커버팩터가 11번 시료보다 더 높은 값을 보이면서 두께가 약 2배 이상 두꺼운 것이 약 4,000 mmH₂O 정도의 더 높은 방수도를 보인 것으로 사료되며, 직물 두께와 커버팩터는 방수직물의 방수도에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

3.3. 투습직물의 투습도 특성

Fig. 2에 12가지 시료의 투습도를 도시하였다. 나일론 소재 1, 2 그리고 3번 시료(Group 1) 중 3번 시료가 가장 큰 투습도를 보였다. 커버팩터가 가장 낮으면서 나일론 트리코트 편물과 라미네이팅 된 2.5-layer 투습직물이 가장 높은 투습도를 보였다. 즉, 라미네이팅 혹은 코팅된 투습직물의 투습도는 커버팩터와 레이어 특성이 중요함을 확인 할 수 있다.

폴리에스터 투습소재(Group 2)인 4, 5, 6 그리고 7번 소재를 비교해보면 4번과 5번 라미네이팅 소재보다 고밀도 직물인 6번과 7번 소재의 투습도가 더 높은 값을 보였다. 이는 투습필름이 없는 시료(1 layer)가 필름으로 라미네이팅된 시료(2 layer)보다 더 많은 수분증기가 통과되어 더 높은 투습도를 나타낸 것을 보여준다. 그러나 Table 2에서 보인 바와 같이 발수성이 90%이며, 방수도가 1,000 mmH₂O 이하의 낮은 값을 보여 투습직물로서 역할을 할 수 없음을 알 수 있다.

한편, 나일론 소재이면서 초고밀도 직물에 테프론 발수가공을 한 8번 시료와 생활방수 코팅 처리한 9번과 10번 세 가지 시료(Group 3)의 투습도의 경우, 8번, 9번 시료는 낮은 투습도를 보인 반면, 10번 시료는 높은 투습도를 보였다. 이는 Table 2에서 보였듯이, 8번과 9번 시료에 비해 10번 시료의 커버팩터가 낮은 값을 가지는 것에 기인되는 것으로 사료된다. 이 결과와 관련하여 커버팩터에 대한 투습도의 영향을 보면 코팅과 라

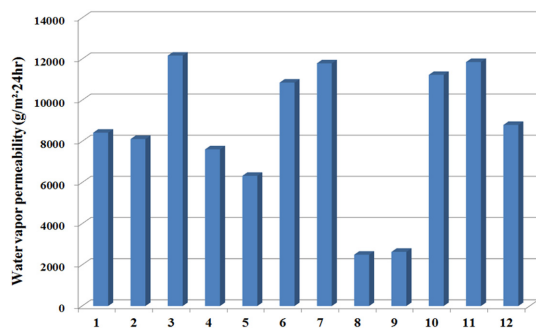


Fig. 2. Water vapor permeability of 12 fabric specimens.

미네이팅 가공이 되지 않은 고밀도 직물(6, 7번 시료)이 높은 투습도를 보였지만 테프론 가공이 된 8번 시료의 초고밀도 직물인 경우 투습도는 오히려 낮은 값을 보였다. 이는 방수가 목적인 직물의 경우, 직물표면에 테프론 가공과 함께 높은 커버팩터가 필요하나, 투습성은 낮은 값을 보여준다. 한편, 코팅 및 라미네이팅 처리된 나일론 시료 중에서 3번과 10번 시료가 낮은 커버팩터를 보여 수분증기가 잘 빠져 나가므로 높은 투습도를 보였다. 즉, 커버팩터가 낮을수록 투습도는 높은 값을 보임으로서 커버팩터가 투습도에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 그러나 생활방수용 3가지 직물 시료(8, 9, 10번)는 발수성은 100%로 문제가 없으나 2,500 mmH₂O 이하의 낮은 방수도 값을 보여 투습방수 직물로 사용이 어렵다는 것을 알 수 있다. 나일론/면 라미네이팅 투습직물 시료인 11번과 12번 시료(Group 4)의 경우도 두께가 얇으면서 커버팩터가 낮은 11번 시료가 더 우수한 투습도를 나타내었다. 그러나 방수성과 발수 특성은 각각 6,000 mmH₂O와 90%를 나타내어, 12번 시료보다 낮은 값을 보임을 알 수 있다.

이상의 연구결과를 요약하면 발수도 100% 직물을 얻으려면 고밀도 직물 특성만으로는 불가능하며 코팅이나 라미네이팅 가공을 하거나 발수가공이 필수적임을 확인할 수 있었다. 방수효과를 확인하기 위한 내수압 실험에서는 6,000 mmH₂O 이상의 내수압을 가지는 방수직물을 얻기 위해서는 코팅이나 라미네이팅 처리가 필수적이며 고밀도 직물설계 혹은 낮은 직물 밀도의 코팅 처리만으로는 2,000 mmH₂O 이하의 낮은 내수압 특성을 가지는 생활방수용 직물을 얻을 수 있다. 따라서 방수/발수 특성을 고려한 우수한 투습직물은 친수성 라미네이팅 처리를 한 나일론 직물소재를 사용하여, 0.7~0.9 정도의 커버팩터를 가질 때 가능하며 본 연구에서는 2.5-layer의 나일론 라미네이팅 투습직물인 3번 시료가 가장 우수한 발수/방수/투습특성을 가짐을 확인하였다.

3.4. 투습도에 미치는 직물구조인자 및 표면기공특성의 기여도

본 연구에서 분석된 결과에 의하면 발수 및 방수특성을 얻기 위해서는 발수 혹은 코팅 및 라미네이팅 가공이 필수적이며

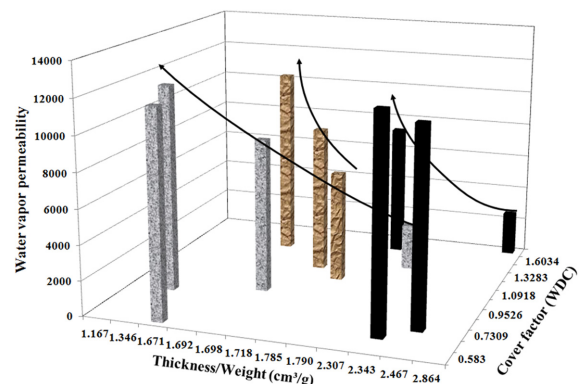


Fig. 3. WVP against fabric structural parameters.

Table 3. Regression analysis between WVP and fabric structural parameters

| Water vapor permeability (WVP) | x_i | Regression equation | R^2 | p -value ($\alpha = 0.05$) |
|--------------------------------|---|--|-------|--------------------------------|
| WVP by regression | $x_1 = \text{thickness}$ $x_2 = \text{weight}$ $x_3 = \text{thickness/weight}$ $x_4 = \text{cover factor}$ | $y = -363.9 - 91894.2x_1 + 1342132.6x_2 + 11151.0x_3 - 5769.96x_4$ | 0.635 | 0.094 |
| WVP by backward regression | $x_1 = \text{thickness}$ $x_2 = \text{weight}$ $x_3 = \text{thickness/weight}$ $x_4 = \text{cover factor}$ $x_5 = \text{layer}$ | $y = 1236.995 - 85653.722x_1 + 1250290.791x_2 + 10363.567x_3 - 5791.508x_4 - 250.562x_5$ | 0.636 | 0.197 |

특히 방수실험에서 높은 내수압을 가지는 투습직물을 얻기 위해서는 레이어(Layer)를 다층으로 하면서 직물의 밀도를 적정하게 할 필요가 있음을 확인하였다. 한편, 높은 투습도 직물을 얻기 위해서 투습도에 영향을 미치는 직물구조 인자와 코팅, 라미네이팅과 같은 직물 표면 가공인자의 기여도를 분석하여 어떤 인자가 주인자로 작용하는지를 분석하였다.

Fig. 3은 직물의 단위무게 당 두께와 커버팩터와 투습도와의 관계를 도시한 것이다. Fig. 3에서 볼 수 있듯이 커버팩터가 낮은 값일수록 투습도가 높은 값을 가짐을 알 수 있으며 직물의 단위 무게 당 두께가 얇을수록 투습도가 큰 값을 가짐을 알 수 있다. 우수한 발수/방수성을 확보하기 위해서는 높은 커버팩터가 필요하며, 적절한 두께가 요구되기 때문에 발수/방수성이 양호한 투습직물을 얻기 위해서는 적정 커버팩터와 두께를 가지는 최적 직물설계가 필요하다고 사료된다. 한편, 통계적으로 이들 인자들의 기여도를 파악하기 위해 회귀분석을 실시하였다.

12가지 시료의 두께, 무게, 단위 무게 당 두께, 커버팩터 그리고 레이어의 수 등의 인자와 투습도와의 회귀분석 결과를 Table 3에 나타내었다. Table 3에서 볼 수 있듯이 직물구조 파라메타 4가지(x_i)와 투습도(WVP)와의 회귀분석 결과, 유의수준 (α) 5%에서 결정계수(R^2)가 약 0.635의 값을 보였다. 이는 직물구조 파라메타의 투습도에 대한 기여율이 약 63.5%라는 의미이며, 투습도에 영향을 미치는 나머지 인자가 36.5%를 기여한다는 의미를 가지며, 여기에는 코팅과 라미네이팅 등 표면가공 등이 기여한다고 사료된다. Table 3에서 볼 수 있듯이, 후진방향 회귀분석(Backward regression)에 의해 분석된 결과에서 WVP에 가장 기여도가 높은 순서는 커버팩터, 두께/무게, 무게, 두께의 순서를 보여 커버팩터가 가장 높은 기여도를 보였으며, 그 다음이 두께/무게 인자 순서를 나타내었다.

4. 결 론

본 연구에서는 국내 스포츠 의류 브랜드 기업에서 많이 사용되는 12가지 투습·방수 소재를 대상으로 이들의 발수, 방수 그리고 투습특성을 측정된 후, 이들 값과 투습직물의 투습 가

공방법과 직물구조 인자와의 상관성을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 발수도 100% 직물을 얻기 위해서는 코팅 혹은 라미네이팅 처리 및 발수가공 처리가 필수적임을 확인하였으며, 라미네이팅 가공된 투습직물 이더라도 밀도가 낮은 면사일론 교직물의 경우, 발수도는 90% 정도를 나타내었다.
- 2) 방수소재로 인정받을 수 있는 6,000 mmH₂O 이상의 내수압을 가지는 방수직물을 얻기 위해서는 코팅 혹은 라미네이팅 처리가 필수적이며 고밀도 직물이나 생활방수용 코팅 처리된 시료는 100% 발수도를 보였으나 2,000 mmH₂O 이하의 내수압 특성을 보여 낮은 방수도를 나타내었다.
- 3) 방수/발수 특성을 고려한 우수한 투습도 특성을 보이는 스포츠 의류용 소재는 친수 라미네이팅 가공 처리한 커버팩터가 0.7~0.9 정도의 나일론 직물에서 얻어졌으며 직물의 단위 무게 당 두께가 얇을수록 높은 투습도를 보였다. 또한 높은 방수도를 가지는 투습직물을 얻기 위해서는 다층 레이어 구조의 적정 직물 밀도와 두께를 가지는 최적 직물설계가 중요함을 확인하였다.
- 4) 투습도에 영향을 미치는 직물구조 인자와 코팅 및 라미네이팅 가공의 영향을 분석하기 위해 실시한 회귀분석 결과, 직물 구조인자의 투습도에 대한 기여도가 63.5%로서, 직물 구조 인자 중에서 커버팩터와 두께/무게가 주인자임을 확인하였다. 한편, 코팅과 라미네이팅과 같은 직물 표면가공의 투습도에 대한 기여도는 36.5%로서 직물 구조인자와 함께 큰 영향을 미치는 것을 확인하였다.

References

Cubric, 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. doi: 10.1177/0040517512471745

Das, B., Das, A., Kothari, V. K., Fanguero, R., & Araújo, M. D. (2009). Studies on moisture transmission properties of PV-blended fabrics. *The Journal of the Textile Institute*, 100(7), 588-597. doi:10.1080/00405000802125097

Gorjanc, D. Š., Dimitrovski, K., & Bizjak, M. (2012). Thermal and

- water vapor resistance of the elastic and conventional cotton fabrics. *Textile Research Journal*, 82(14), 1498-1506. doi:10.1177/0040517512445337
- Huang, J., & Qian, X. (2008). Comparison of test methods for measuring water vapor permeability of fabrics. *Textile Research Journal*, 78(4), 342-352. doi:10.1177/0040517508090494.
- Kim, S. J., & Kim, H. A. (2010). Woven fabric engineering. In P. D. Dubrovski (Series Ed.), *Data base system on the fabric structural design and mechanical property of woven fabric* (pp. 169-194). Croatia: SCIYO. doi:10.5772/10472
- Kim, H. A., & Kim, S. J. (2017). Breathability of breathable fabrics for sportswear according to measuring method. *Journal of the Fashion & Textile Research Journal*, 19(4), 493-503. doi:10.5805/SFTI.2017.19.4.493
- Korean Standards Association. (2017). KS K ISO 2060 Textiles - Yarn from packages - Determination of linear density (mass per unit length) by the skein method, *Korea Agency for Technology and Standards*.
- Korean Standards Association. (2017). KS K ISO 7211-2 Textiles - Woven fabrics - Construction - Methods of analysis - Part 2 : Determination of number of threads per unit length, *Korea Agency for Technology and Standards*.
- Korean Standards Association. (2014). KS K ISO 4920 Textile fabrics- Determination of resistance to surface wetting(spray test), *Korea Agency for Technology and Standards*.
- Korean Standards Association. (2015). KS K ISO 811 Testing method for water resistance of cloth : Low range hydrostatic pressure method, *Korea Agency for Technology and Standards*.
- Korean Standards Association. (2015). KS K 0594 Test method for water vapour permeability of textiles, *Korea Agency for Technology and Standards*.
- Lee, S. S., & Obendorf, S. K. (2012). Statistical modeling of water vapor transport through woven fabrics. *Textile Research Journal*, 82(3), 211-219. doi:10.1177/0040517511433145
- McCullough, E. A., Kwon, M. S., & Shim, H. S. (2003). A comparison of standard methods for measuring water vapour permeability of fabrics. *Measurement Science and Technology*, 14(8), 1402-1408. doi:10.1088/0957-0233/14/8/328
- Mukhopadhyay, A., Ishtiaque, S. M., & Uttam, D. (2011). Impact of structural variations in hollow yarn on heat and moisture transport properties of fabrics. *Journal of the Textile Institute*, 102(8), 700-712. doi:10.1080/00405000.2010.515104
- Ren, Y. J., & Ruckman, J. E. (2004). Condensation in three-layer waterproof breathable fabrics for clothing. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 16(3), 335-347. doi:10.1108/09556220410527255
- 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
- Sampath, M. B., Aruputharaj, A., Senthilkumar, M., & Nalankilli, G. (2012). Analysis of thermal comfort characteristics of moisture management finished knitted fabrics made from different yarns. *Journal of Industrial Textiles*, 42(1), 19-33. doi:10.1177/1528083711423952
- Yingchun, D., & Jin, L. (2010). Dynamic moisture absorption behavior of polyester-cotton fabric and mathematical model. *Textile Research Journal*, 80(17), 1793-1802. doi:10.1177/0040517510365950
- Yoo, S. J., & Kim, E. A. (2008). Effects of multilayer clothing system array on water vapor transfer and condensation in cold weather clothing ensemble. *Textile Research Journal*, 78(3), 189-197. doi:10.1177/0040517507078793
- Zhou, L., Feng, X., Du, Y., & Li, Y. (2007). Characterization of liquid moisture transport performance of wool knitted fabrics. *Textile Research Journal*, 77(12), 951-956. doi:10.1177/0040517507083518

(Received 13 August, 2019; 1st Revised 16 December, 2019;
Accepted 11 October, 2019)