韓國産業應用學會論文集, 제9권, 제3호, 229-233, 2006.08
J. Korean Society of Industrial Application, Vol.9, No.3, 229-233, Aug, 2006

폴리프로필렌 부직포의 투습속도에 관한 연구
A study on the water vapor permeability velocity of Polypropylene spunbond non-woven fabrics

최재우*, 전병익**
Jae-Woo Choi*, Byung-Ik Jun**

<Abstract>
The water vapor permeability of polypropylene spun bond non-woven fabrics were investigated with the water vapor permeability velocity at 20℃, 30℃ and 40℃ by applying the hygroscopic method. At each temperature 50, 65 and 80 %RH conditions were used. The results indicated that the water vapor permeability velocity increased with increasing the water vapor concentration difference between both sides of sample surfaces and it decreased with increasing the number of the piled-up fabrics and the apparent density.

Keywords : water vapor permeability, hygroscopic method, water vapor concentration

1. 서 론

의료용에서 부터 각종 공업 및 산업분야에 광범위하게 사용되고 있는 부직포는 제품의 다양화에 수반하여 현저히 발전하고 있으며, 그 기능과 여과 분리기능, 보온 단열기능, 보액 보수기능, 보형기능 등 기능성의 효과를 이용한 용도개발이 계속 진행되고 있다. 이러한 기능성 중 투습성은 부직포에 있어서 중요한 특성 중의 하나이다. 투습성 효과를 이용한 용도는 filter용, 침구류, 신발류, 농업용, 의료용, 위생용품 등 다양화 되어가고 있다.

인간은 항상 신체에 의복을 착용하여 생활하고 있지만, 인간의 신체에는 인간이 느끼지 못하는 가운데서의 증발과 땀이라고 하는 형태로 수분을 항상 발산시키고 있기 때문에 의복내기후를 쾌적한 상태로 유지하기 위해서는 의복재료가 신체에서 발산하는 수분을 빠르게 외기로 방출하는 기능이 요구된다. 이와같은 관점에서 의복의 착용감이나 위생기능과 관련하여 시료의 투습성에 대한 많은 연구가 행하여져 왔으며, 대부분의 연구자들은 서로다른 투습성 시험방법을 사용하여 직물의 투습저항치로 평가하고 있다.

Naito 등[1)]은 친수성 섬유 직물과 소수성 섬

* 정회원, 상주대학교 섬유공학과 교수, 工博
742-711 경북 상주시 가장동 386
** 정회원, 동양대학교 패션스타일리스트학과 교수, 理博
750-711 경북 영주시 풍기읍 교촌동 1
* Prof. Dept. of Textile Engineering, Sangju National University, cjw@sangju.ac.kr
** Prof. Dept. of. Textile & Clothings, Dongyang University, bijun@phenix.dyu.ac.kr

유 직물의 중첩에 의한 착용효과를 생각하여, 이들의 두가지 직물의 중첩방법에 의한 투습성을 투습저항치에 의하여 검토하였으며, Awano 등[2)]은 습도구배법을 주로서 중량법과의 비교를 하면서 시료와 수면사이의 공기층, 시료상부의 수증기 확산층 보호 cover, 바람의 유무등에 대하여 연구하였다. 또한, Haga 등[3,4)]은 cup 내의 증류수와 시료사이의 거리(정지공기층의 간격)를 0.75cm 로 일정하게 하여, 단층직물과 직물에 부직포심지를 접착시킨 접착직물을 다층법에 의하여 투습저항치 변화를 연구하였다.

직물의 단위면적당 일정시간 동안에 수증기가 통과한 량 (Q/At) 을 나타내는 투습속도와 수증기 농도차가 1g/cm^3 일때, 두께 1cm, 면적 1cm^2 의 시료를 통해서 1초 사이에 통과한 수증기량인 투습계수에 대한 연구를, Kuroda[5)] 는 직물 및 일반적인 섬유집합체 속에서 수증기의 이동 기구를 해석하기 위해서 새로운 투습속도 측정 장치를 제작했다. 이 장치는 각각 수증기 농도를 일정하게 유지시킨 두개의 공간사이에 시료를 장착하고, 시료를 투과한 수분을 건조제에 흡수시켜 그 중량 변화로 부터 투습속도를 측정하였다.

Matsukawa 등[6)]은 dynamic 법을 사용한 경우의 시료 양측에 있어서 수증기 밀도차의 영향을 검토하고, 수온이 6℃ 이하에서는 투습은 생기지 않고, 10℃ 에서는 현저하게 되고, 30℃ 이상에서는 빠르게 투습현상이 일어난다고 설명하고 있다.

위의 연구 대부분은 직물의 투습성을 평가하기 위하여 여러가지 방법, 즉 중량법(증발법, 흡습법), dynamic법, 습도구배법에 의한 방법등 이밖의 여러가지 측정방법으로 투습성을 평가하고 있다.

따라서 이번 연구에서는 부직포의 고품질, 고부가가치화를 위한 제품설계 및 생산에 기여하기 위하여 폴리프로필렌 부직포를 흡습법에 따른 투습속도에 대하여 조사, 검토하고져 하였다.

2. 실 험

2.1 시 료

이 연구에서 사용한 시료는 2denier의 폴리프로필렌으로 밀도가 서로 다른 4종류를 열 접착법에 의하여 K 사에서 제조된 스펀본드 부직포를 사용하였다.

시료의 제원은 Table 1 에 나타내었다.

Table 1. Sample details

Specimen code	Thickness (cm)	Weight (x 10^{-2}g/cm^2)	Fabric density (g/cm^3)
A	0.279	0.308	0.110
B	0.382	0.502	0.131
C	0.461	0.702	0.152
D	0.558	0.979	0.175

시료를 가로.세로 각각 20cm로 만들어 데시케이터 속에 3일간 방치한 후 전자천칭(A&D 사제)으로 측정하여 단위면적당 무게로 환산하였으며, 후도계(DAIEI SEIKI사제)로 20g의 하중하에서 두께를 측정하였다. 겉보기 밀도는 1cm^{3}당 무게로 나타내었다. 또한, 공기 투과도는 KS K 0570 (직물의 공기 투과도 시험방법)에 의해 Air Permeability Tester(Yamaguchi Science사제)를 이용하여 측정하였다.

2.2 투습장치 및 실험

투습컵은 JIS L 1099에서 규정한 직경 6cm, 높이 2.5cm이며, 재질은 알루미늄으로 되어 있는 투습도 시험용 컵이다.

흡습제($CaCl_2$)를 컵의 상단에서 0.75cm 이하까지 넣고, 컵을 덮을수 있을 정도로 준비한 원형 시험편을 투습컵의 상단에 올려 놓은 다음 패킹고무, 커버링을 순차적으로 올려 놓고 나비너트로 고정하였으며, 옆면을 비닐 테이프로 붙히고, 데시케이터에서 약 1 시간 동안 컨디셔닝을 시켰다.

일정 조건의 온습도를 유지할 수 있는 항온항습장치내에 전자천칭을 놓고, 컨디셔닝을 시킨 투습컵을 전자천칭의 중앙에 올려놓았으며, 20℃에서 50, 65, 80%RH 각각에 대하여 투습량을 30분 간격으로 2시간 동안 측정하였으며, 같은 종류의 시료를 1, 3, 5 매로 중첩하여 각각 4회 반복 실험을 하였다.

2.3 투습속도

시료의 투습성을 다음 식을 이용하여 나타낸 투습계수(D)로 평가할 수 있다.

$$D = \frac{Q\ell}{At(\Delta C)} \qquad (1)$$

여기서, D는 투습계수(㎠/sec), Q는 투습량(g), ℓ은 시료 두께(cm), A는 투습면적(cm), t는 투습시간(cm), ΔC는 수증기 농도차(g/㎤)이며, 투습계수는 수증기 농도차가 1g/㎤일 때 두께 1cm, 면적 1㎠의 시료를 통하여 1sec 동안에 이동하는 수증기의 량(g)을 뜻하는 것으로 투습계수는 투습속도(Q/At)에 비례한다.

2.4 투습도

투습도는 40℃, 90%RH에서 1시간 동안 시료 1m2을 통과하는 수증기의 무게를 말한다. 시료와 흡습제 사이의 간격을 0.3cm 유지 시킨 투습컵을 항온항습장치에 넣고, 처음 1시간 동안 투습컵을 40℃로 컨디셔닝을 시킨 후에, 투습컵의 무게(a_1 g)를 측정하고, 다시 투습컵을 항온항습장치에 넣고 1시간 후에 다시 무게(a_2 g)를 측정하여 아래 식을 이용하여 투습도(Water vapour permeability , P)를 계산한다.

$$P(g/\ m^2 \cdot h) = \frac{10^4 \times (\ a_2 - \ a_1)}{S} \qquad (2)$$

여기서, S는 투습면적 (cm_2)이다.

JIS, KS 에 의하면, 시료와 흡습제 사이의 간격을 0.3cm로 하며, 투습컵의 무게 측정시에는 투습컵을 항온항습장치 밖으로 끄집어 내어 무게를 측정하고 다시 항온항습장치내에 투습컵을 넣는 방법으로 투습도를 측정한다. 시료와 흡습제 사이의 간격을 0.3cm로 하여 투습성 실험을 할 경우 간격이 좁아 시간이 지남에 따라 흡습제와 시료가 밀착하여 일정 간격을 유지할 수 없다. 투습컵의 무게를 항온항습장치 밖으로 끄집어 내어 측정할 경우 투습컵의 온도가 냉각되며 항온항습장치의 온도와 상대습도가 저하되는 모순이 있게 된다. 이러한 점을 개선하기 위해서 시료와 흡습제 사이의 간격을 0.75cm 로 하였으며, 항온항습장치내에 전자천칭을 놓고 그 위에 투습컵을 올려 놓은 상태에서 시간당 무게를 측정할 수 있는 방법을 이용하였다.

JIS, KS의 규격은 40℃, 90%RH 에서 투습도를 측정하는데, 이 실험에서는 3가지 온도(20℃,30℃,40℃)와 3가지 상대습도(50%,65%,80%)에 대한 투습도를 윗 식을 이용하여 결과를 얻었다.

3. 결과 및 고찰

3.1 투습속도와 수증기 농도차와의 관계

Fig.1은 20℃, Fig.2는 30℃, Fig.3은 40℃일 때 각 시료의 중첩 매수에 따라서 수증기 농도차와 투습속도와의 관계를 나타낸 것이다.

그림에서 모든 시료에 대하여 투습속도는 시료 양측의 수증기 농도차가 증가할수록 거의 비례하여 증가하는 경향을 나타내고 있다. 투습속도는 각 시료에 대하여 비교하면 PD < PC < PB < PA의 순으로 증가됨을 보이고 있으며, 이것은 시료의 중첩매수를 증가시키면 시료의 두께가 증가되어 수증기가 통과할 수 있는 기공이 적어지고, 또한 수증기 통과시간이 길어지기 때문에 투습속도는 지연되는 것으로 생각된다.

온도가 증가함에 따라 투습속도는 현저히 증가하는 경향을 보이고 있다. 이것은 확산계수가 온도 상승에 따라 증가하기 때문인 것으로 추정된다.

각 그림에서 도시된 점에 의하여 직선을 그으면 원점을 지나지 않고 종축상에 절편이 나타나게 된다. 그러나 수증기 농도차가 0일 경우 확산이 일어나지 않으며, 확산층내에서는 확산이 직선적인 거동을 하므로 원점을 지나는 최적곡선으로 나타냈으며 최적곡선의 이론은 다음과 같다[7].

단순회귀모형은 아래와 같이 표현된다.

$$y_i = \beta_o + \beta_i x_i + \varepsilon_i \qquad (3)$$

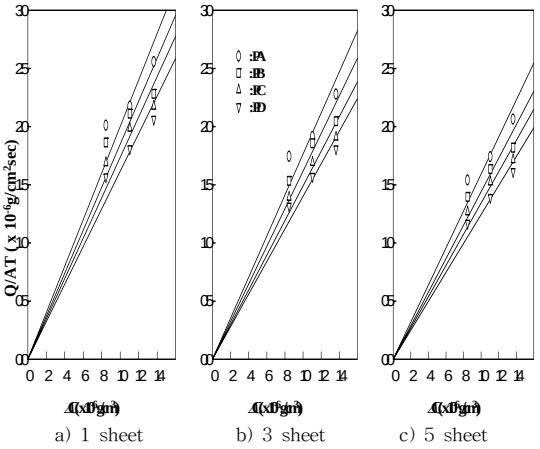
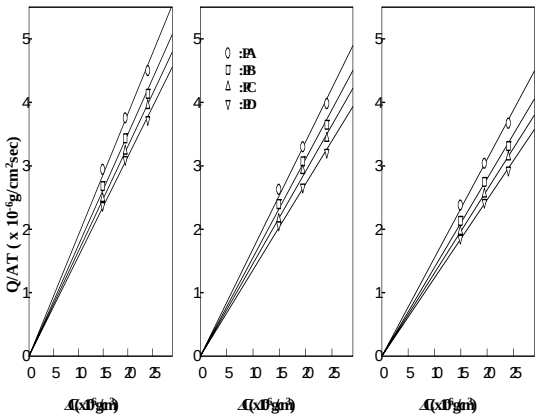
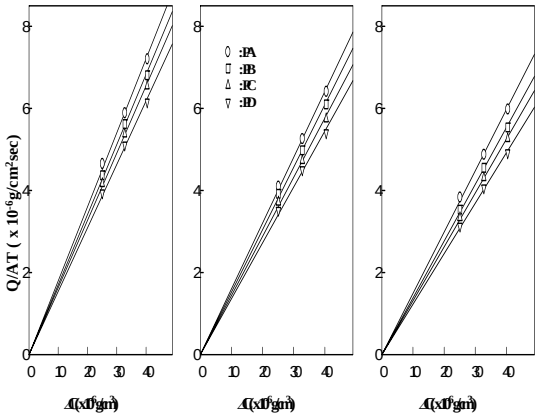


Fig. 1. Rate of moisture transfer with respect to the moisture concentration difference at 20℃.



a) 1 sheet b) 3 sheet c) 5 sheet

Fig. 2. Rate of moisture transfer with respect to the moisture concentration difference at 30℃.



a) 1 sheet b) 3 sheet c) 5 sheet

Fig. 3. Rate of moisture transfer with respect to the moisture concentration difference at 40℃.

여기서, y_i : $_i$번째 측정된 y값

β_o, β_i : 모집단의 회귀계수

x_i : $_i$번째 주어진 고정된 x값

ε_i : i번째 측정된 y의 오차항

식(3) 에서 $\beta_o = 0$ 으로 놓고 원점을 통과하는 회귀모형은

$$y_i = \beta_i x_i + \varepsilon_i \quad (4)$$

이 되며, 오차제곱합은

$$S = \Sigma\varepsilon_i^2 = \Sigma(y_i - \beta_i x_i)^2 \quad (5)$$

이며, 이를 최소로 하는 β_1의 값, b_1을 β_1의 최소제곱 추정치라 하면 b_1은 다음의 정규방정식을 만족시킨다.

$$\Sigma x_i(y_i - b_i x_i) = 0 \quad (6)$$

따라서, 원점을 지나는 직선의 기울기 b_1은

$$b_1 = \frac{\Sigma x_i \cdot y_i}{\Sigma x_i^2} \quad (7)$$

가 된다.

추정된 회귀직선식은

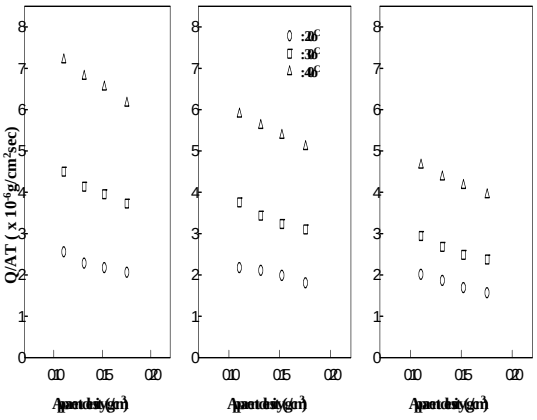
$$y_i = b_i \cdot x_i \quad (8)$$

가 되며, y_i 대신 Q/AT 를, x_i 대신 ΔC를 대입하면 b_1 을 얻을 수 있다.

3.2 투습속도와 겉보기 밀도와의 관계

Fig.4는 상대습도 50%, 65% 및 80%일 때의 온도에 따른 시료의 겉보기 밀도와 투습속도와의 관계를 나타낸 것이다.

각 그림에서 보면 겉보기 밀도가 증가할수록 투습속도는 감소하며, 이것은 겉보기 밀도가 증가함에 따라 수증기가 통과할 수 있는 공간이 적어지기 때문에 겉보기 투습저항은 증가하였으며[8], 투습저항식에 의하면 투습속도와 겉보기 투습저항은 반비례 관계가 있기 때문에 겉보기 밀도가 증가하면 투습속도는 감소하게 된다. 또한 온도와 상대습도가 증가할수록 투습속도는 증가하는 경향을 나타낸다. 이는 온도와 상대습도가 증가할수록 수증기 농도차와 확산계수가 커지기 때문에 투습속도가 증가된다고 생각된다.



a) 50%RH b) 65%RH c) 80%RH

Fig. 4. Rate of moisture transfer with respect to the apparent density

3.3 투습도

밀도가 서로 다른 폴리프로필렌 부직포를 시료와 흡습제 사이의 간격을 0.75cm로 하여

온도와 상대습도 변화에 따른 투습도를 Table 3에 표시하였다. 온도와 상대습도가 증가할수록 투습도는 증가하는 경향을 나타내고, PD < PC < PB < PA 순으로 증가하는 경향을 나타내고 있다.

이는 온도와 상대습도가 증가할수록 투습속도가 증가하며, 직물밀도와 두께가 증가하고 기공도가 감소할수록 수증기가 통과할 수 있는 공간이 감소하고 통과시간이 길어지기 때문이라 생각된다.

Table 3. The water vapor permeability of polypropylene non-woven fabrics

(unit : g/m^2h)

Sample	20 ℃			30 ℃			40 ℃		
	50%	65%	80%	50%	65%	80%	50%	65%	80%
PA	68.3	75.0	89.1	103.3	131.9	152.8	163.0	206.9	243.0
PB	64.0	72.9	78.0	95.1	121.7	144.3	154.6	199.5	226.7
PC	58.4	69.0	76.6	87.7	114.6	139.0	147.5	189.9	218.9
PD	53.4	64.0	70.2	83.5	109.3	130.5	140.4	181.1	200.9

4. 결론

4종류의 폴리프로필렌 스펀본드 부직포를 대상으로 하여 온도는 20℃, 30℃, 40℃, 상대습도는 50%, 65%, 80%의 3수준으로 변화시켜 흡습법에 의한 투습속도 등을 검토한 결과, 투습속도는 시료 양측의 수증기 농도차가 클수록 증가.하였으며, 온도가 증가할수록 증가하였다. 또한 시료의 중첩매수, 겉보기 밀도가 증가할수록 투습속도는 감소하는 경향을 나타내었다. 시료를 비교하면 PD < PC < PB < PA의 순으로 증가됨을 보였다. 투습도는 온도와 상대습도가 증가할수록 증가하는 경향을 보였으며, PD < PC < PB < PA의 순으로 증가됨을 보였다.

참고문헌

1) M. Naito and T. Nakajima, Moisture transport in fabrics, Part I : The moisture resistance of multi-layered fabrics, J.Jpn. Res. Assn. Text. End-Uses, 20, 222 (1979)
2) M. Awano and K. Ishikawa, Applying humidity gradient method to estimation of moisture transfer of fabrics, SEN-I GAKKAISHI, 43, 148 (1987)
3) T. Haga and R. Mori, Resistance of fabrics to water vapor transmission, SEN-I GAKKAISHI, 45, 193 (1989)
4) T. Haga, R. Fukita, M. Maeda and R. Mori, Water vapor resistances of two-layered and laminated fabrics using taffeta, SEN-I GAKKAISHI, 46, 222 (1990)
5) N. Kuroda, Fundmental studies on the moisture transfer through a fabric, Part I : Development of an apparatus for measuring the rate of moisture transfer through a fabric, J.Jpn.Res.Assn.Text.End -Uses, 26, 260 (1985)
6) M. Naito and T. Matsukawa, A study on moisture permeation through fabrics, Part I :The dependence of the moisture permeation on moisture density differnce between the two sides of the fabrics, J.Home Economic Jpn., 24, 390 (1973)
7) 박성현 : 회귀분석, 민영사, 서울, pp 96-101, (1992)
8) 최재우, 김석근, 윤원식,폴리프로필렌 스펀본드 부직포의 투습성에 관한 연구(Ⅱ) -시료물성과 투습인자와의 관계-, 한국섬유공학회 논문집, Vol. 32, No. 11, pp 1032-1038, (1995)

(2006년 6월 28일 접수, 2006년 8월 20일 채택)