

섬유집합체의 구조적 특성 및 소재가 흡수성에 미치는 영향

이재형, 임대영, 김성훈
한양대학교 섬유고분자공학과

Sorption property of fibrous assembly with its fabrication characteristics and various materials

Jae Hyung LEE, Dae Young LIM, and Seong Hun KIM

Department of Fiber & Polymer Engineering, Hanyang University, Seoul, Korea

1. 서 론

의류, 타월, 와이퍼 등 대부분의 섬유제품은 수분을 흡수하는 능력이 요구되는데, 여기에서 흡수란 고체 표면에 부착되어 있던 비교적 점성이 낮은 액상 물질, 즉 물 및 용제류 등이 섬유 집합체의 표면에 젖으면서 모세관현상에 의해 표면으로부터 내부로 이동한 다음 방출되지 않고 그 상태를 유지하는 현상을 말한다. 이러한 섬유집합체의 흡수 특성을 정확히 규정하기 위해서는 실제와 같은 상황에서 정확하게 흡수 속도와 흡수량을 측정할 수 있는 방법이 요구되는데 기존의 실험 방법들은 미흡한 점이 다소 있었다. 섬유집합체의 흡수특성을 보는 측정방법들로는 Longitudinal Wicking Test와 Transverse Wicking Test, Syphon Test, Contact Angle Tester를 이용한 방법, Dynamic Sorption Rate 측정법, Water Uptake Measurement, Water Flow Tester를 이용한 측정법 등 여러 가지가 보고되고 있다. 이중 Transverse Wicking Test의 한 방법인 Gravimetric Absorbency Testing System (GATS)은 섬유 집합체에 대해 수직방향으로 자발적인 능력에 의해 흡수가 일어나는 현상을 동적으로 관찰할 수 있으며, 시간에 따른 흡수량을 실시간으로 관찰하여 시료의 흡수 속도와 흡수량을 동시에 측정할 수 있는 장점이 있어[1] 본 연구에서는 이를 이용, 와이퍼용으로 시판중인 직물과 편물의 흡수특성을 섬유 소재별, 조직별, 공극 크기별로 분석하여, 와이퍼에서 최고의 흡수성을 나타내는 소재와 구조에 대해 연구하였다.

2. 실험

본 실험에는 시판중인 폴리에스테르, 분할형 나일론/폴리에스테르 극세사, 면/폴리에스테르의 혼방으로 짜여진 직물과 편물을 중량, 밀도, 두께, 공극 크기, 섬도, 파일유무, 소재별로 15종을 사용했으며, 각 시료의 특성은 Table 1에 나타내었다. 본 연구에서는 GATS를 이용하여 1초당 흡수량을 산출한 후 이를 Intrinsic Value와 Extrinsic

Value로 나누어 계산하였다. 실험을 통하여 측정된 건조상태의 와이퍼 질량(W_{dry})과 유체를 흡수하고 난 후의 질량(W_{wet})를 구한 후 각각 다음 식 (1)~(2)를 이용하여 Intrinsic sorption capacity (ISC)와 Extrinsic sorption rate (ESR)를 계산하였다[2].

$$\text{Intrinsic sorption capacity (ISC)} = (W_{wet} - W_{dry}) / (0.997 \times W_{dry}) \quad (1)$$

$$\text{Extrinsic sorption rate (ESR)} = \Delta A_i / \Delta t \quad (2)$$

이때 상수 0.997은 25°C에서의 물의 밀도이고, A_i 는 초기 시간 t 초 동안 단위 면적당 흡수된 물의 부피이다. ISC의 단위는 [ml/g]이며 ESR의 단위는 [ml/mm²·s]이다.

3. 결과 및 고찰

Poiseuilles 시료의 중량과 흡수성의 관계를 나타낸 Figure 1에 의하면 ESR은 (a)가 0.34 ml/mm²·s, (b)는 0.44 ml/mm²·s, (c)는 3.44 ml/mm²·s의 순서로 증가하여 흡수

Table 1. Property of samples

Sample No.	Material	Fineness (Denier/Filaments)	Construction	Weight (g/m ²)	Thickness (mm)	Density (wale/course) (warp/weft)**
(a)	Polyester	75/36	Knit	133	0.57	44/40
(b)	Polyester	75/36	Knit	142	0.56	40/42
(c)	Polyester	75/36	Knit	165	0.56	45/63
(d)	Polyester	75/36	Knit	142	0.67	28/38
(e)	Polyester	75/36	Knit	151	0.61	34/37
(f)	Polyester	75/36	Knit	141	0.65	40/39
(g)	Polyester	75/36	Knit	146	0.75	42/39
(h)	Polyester	75/36	Knit	146	0.60	63/39
(i)	Polyester/Nylon (80/20)	90/36	Knit	233	0.48	62/87
(j)	Polyester/Nylon (80/20)	75/36	Knit	194	0.40	60/60
(k)*	Polyester/Nylon (80/20)	150/72	Woven having pile	230	1.64	26/13***
(l)	Polyester/Nylon (80/20)	warp 75/36 weft 150/72	Woven	200	0.62	80/50**
(m)	Polyester/Nylon (80/20)	75/36	Woven	109	0.25	108/69**
(n)	Cotton	40Ne	Woven	129	0.27	140/69**
(o)	Cotton/Polyester (35/65)		Woven	122	0.24	136/94**

* Fineness of pile, *** Density of pile

섬유집합체의 구조적 특성 및 소재가 흡수성에 미치는 영향

속도는 중량이 증가함에 따라 증가하였다. 이는 Poiseuille의 법칙으로 설명이 가능한데, 이 법칙에 의하면 모세관에서 유체의 진행 속도는 다음 식으로 주어진다[3].

$$v = \frac{D^2 \Delta P}{32 \eta l} \quad (3)$$

v 는 유체의 이동 속도, D 는 모세관의 직경이며, ΔP 는 압력구배, η 는 유체의 점도, l 은 모세관 상승 높이이다. 이 식에 의하면 모세관에서의 유체 이동 속도는 모세관 직경의 제곱에 비례하게 된다.

Figure 2는 공극의 크기와 흡수성과의 관계를 Intrinsic Value로 표현하였는데, 여기에서 (d)는 ISC가 7.18 ml/g이며, (f)는 5.34 ml/g, (h)는 4.48 ml/g를 나타냈다. Malcolm 등에 의하면 평형상태에서 모세관의 상승 높이는 유체의 표면장력과 접촉각에 비례하며 유체의 밀도와 모세관의 반경에는 반비례하므로 평형상태에서 모세관 내 유체의 부피를 다음과 같이 나타낼 수 있다고 했다[4].

$$V = \frac{2 \gamma \cos \theta \pi r}{\rho g} \quad (4)$$

이때 V 는 모세관 내 유체의 부피이며 γ 는 유체의 표면장력, θ 는 접촉각, r 은 모세관 반경, ρ 는 유체의 밀도, g 는 중력가속도이다. 결국 평형상태에서 흡수량은 모세관의 반경에 비례하므로 공극의 직경이 가장 큰 (d)가 가장 많은 양을 흡수할 수 있게 되는 것이다. ESR의 경우 (d) 4.69 ml/mm²·s, (f) 0.95 ml/mm²·s, (h) 2.08 ml/mm²·s로 나타났다. Miller 등은 Washburn 식을 변형하여 모세관에서의 흡수 속도와 모세관 반경과의 관계를 잘 나타내었다[5].

$$\frac{dV}{dt} = \left(\frac{2 \gamma \cos \theta}{r} - hg\rho \right) \frac{\pi r^4}{8 \eta \chi} \quad (5)$$

이 식에서 h 는 수조와 chamber의 높이 차이이고, χ 는 모세관 내에서의 이동거리이다.

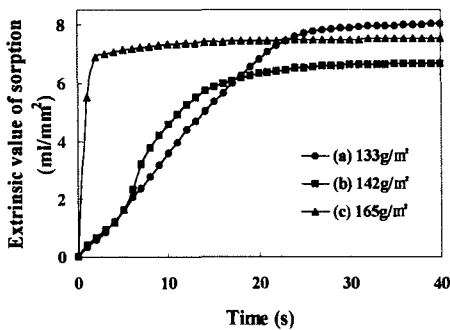


Figure 1. Effect of basis weight on the extrinsic sorption curve of polyester knit.

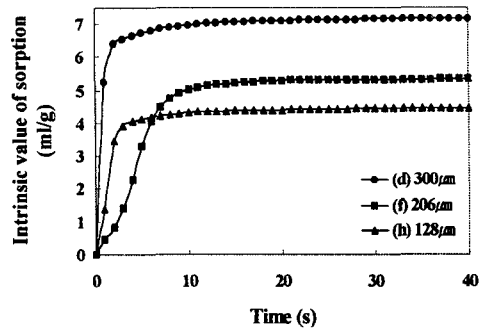


Figure 2. Effect of pore size on the intrinsic sorption curve of polyester knit.

본 연구에서는 $h=0$ 으로 하였기 때문에 위 식에서 $hg\rho=0$ 이 된다. 그 결과 이 식에서 모세관에서의 유체 이동 속도는 반경의 세제곱에 비례하게 되므로 공극이 클수록 흡수속도가 증가함을 알 수 있다. 따라서 이러한 ESR의 차이는 Washburn 식으로 설명이 가능하다. 하지만 (h)시료의 경우는 중량이 146 g/m^2 으로 중량이 141 g/m^2 인 (f)에 비해 크기 때문에 ESR이 크게 나타난 것으로 생각된다.

섬도와 흡수성과의 관계에서 ISC는 (i) 2.49 ml/g , (j) 2.87 ml/g 으로 나타났다. 실제로 R. D. Mehtark는 실험에 의해 섬도가 커질수록 흡수량은 작아진다고 보고하였다[6]. 그리고 ESR은 섬도가 더 작은 필라멘트로 이루어진 편물의 초기 흡수속도가 보다 빠른 것으로 나타났다. 또한 파일과 흡수성과의 관계에서 파일이 있는 조직은 파일로 인해 내부에 공간을 더 많이 형성하고 있기 때문에 흡수 용량이 더 많았지만, 시료판에 접하는 표면적은 파일이 없는 조직에 비해 더 작기 때문에 초기의 흡수 속도는 더 느린 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 실제 섬유 집합체에서 흡수가 일어나는 현상과 가장 유사한 상황에서 흡수성을 측정할 수 있는 GATS를 이용하여 섬유 집합체의 흡수 특성을 측정하였다. 실험 결과 흡수 특성은 소재의 종류보다는 중량, 밀도, 두께, 공극 크기, 섬도, 파일 유무 등에 의한 영향이 컸다. 와이퍼, 타월 등 흡수를 목적으로 하는 섬유 집합체에서 흡수량을 극대화하기 위해서는 밀도와 섬도를 작게 하고 두께와 공극은 크게 하며 파일을 형성시켜 섬유 집합체의 내부에 물을 흡수 할 수 있는 공간을 많이 포함하도록 해야한다. 또한 흡수 속도 증강을 위해서는 구성섬유 자체가 유체에 접하는 면적이 넓어지도록 섬유집합체의 밀도는 크게, 구성섬유의 섬도는 작게 해야한다.

5. 참고문헌

1. Park, M. J., Kim, S. H., Kim, S. J., Jeong, S. H., and Jaung, J. Y., "Effect of Splitting and Finishing on Absorption/Adsorption Properties of Split Polyester Microfiber Fabrics", *Text. Res. J.*, **71**, pp.831-840 (2001).
2. Mattina, C. F., and Othout, J. M., "Detering the Dynamic Efficiency With Which Wiping Materials Remove Liquid From Surfaces", *CleanRooms*, **8**, pp.18-29 (1994).
3. Lowell, S., and Shields, Joan E., "Power Surface Area and Porosity", 2nd Ed., Chapman and Hall, London, 1984
4. Malcolm E. Schrader and George I. Loeb(Ed), "Modern Approaches to Wettability", Plenum Press, NY, 1992
5. Miller, B., and Tyomkin, I., "Spontaneous Transplanar uptake of Liquids by Fabrics", *Text. Res. J.*, **54**, pp.706-712 (1984).
6. Mehta, R. D., "Effect of Micronaire on Water Retention of Cotton Fibers", *Textile Chemist and Colorist*, **27**, pp.27-30 (1995).