

초다공성 에어로젤 함유 섬유상 복합체를 이용한 신발 안창소재에 관한 연구

오경화[†] · 박순자
중앙대학교 가정교육과

Study on Ultra Porous Aerogel/fiber Composite for Shoe Insole

Kyung-Wha Oh[†] · Soon-Ja Park

Dept. of Home Economics Education, Chung-Ang University
접수일(2008년 10월 6일), 수정일(2009년 3월 21일), 게재확정일(2009년 3월 24일)

Abstract

This study was conducted to develop excellent insole with good thermal insulation using new materials. We investigated that aerogel/fiber composite can be used as padding materials of shoes by comparing surface shape, moisture regain, water vapor permeability, thermal insulation and compression rate of insole materials tried with nonwoven fabric padding materials and insole sold in market. The results are as follows. Surface shapes were shown that the most appropriate material for sealing aerogel/fiber composite was high density fabric as per size of particle of aerogel. Moisture regain of aerogel/fiber composite was better than nonwoven fabric padding samples. However, when compared to insole sold in market, its moisture regain was worse than those of insole merchandises. Water vapor permeability was higher in material padded with nonwoven fabric than materials padded with aerogel/fiber composite in all three kinds of sealing fabrics. Thermal conductivity of aerogel/fiber composite was lower than nonwoven fabric material regardless of sealing fabrics. Thermal insulation of aerogel/fiber composite was higher than padding material of nonwoven fabric regardless of sealing fabrics. Compression rate of nonwoven (SP1) was higher than that of aerogel/fiber composite (SP2). Compressive elastic recovery rate of SP1 was also higher than that of SP2, which its compression rate and compressive elastic recovery rate were both poor. As the above result, ultra porous aerogel/fiber composite were proved to be material of good thermal insulation with lower thermal conductivity and also compression rate was proved to be low. Therefore, we can say that aerogel/fiber composite have high possibility to be used as insole materials for cold winter shoes requiring good thermal insulation protection.

Key word: Aerogel/fiber composite, Insole, Nonwoven fabric, Thermal insulation, Compression rate; 에어로젤 섬유상 복합체, 안창, 부직포, 보온력, 압축률

I. 서 론

[†]Corresponding author

E-mail: kwhaoh@cau.ac.kr

본 논문은 2007년 교육인적자원부의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-313-C00836).

미래의 인간은 현재보다 더 급변하는 사회에 적응할 수 있도록 심신의 건강을 유지하기 위하여 자신의 스트레스를 조절할 수 있는 여가활동이나 스포츠 등의 신체단련 활동을 더욱 중시할 전망이다. 또한 산

업의 급속한 발달로 특수환경에서 업무를 수행해야 하는 작업자가 증가하고 있고, 인간의 육구 증대는 활동범위를 확장시켜 특수환경에 노출될 확률은 더 높아져가고 있다. 이러한 여가활동이나 스포츠 활동 뿐만 아니라 특수환경에서 업무를 수행할 때 신발은 신체를 보호하는 중요한 피복환경의 일부가 된다.

신체보호구 중의 하나로서의 신발의 기본적인 기능은 거친 지표면, 날씨, 환경으로부터 발을 보호하고 보행의 효율을 증진시키는 일이다. 그러나 위와 같은 기능을 하는 신발이 노출된 환경에 적합하지 않을 때 여러 가지 지장을 초래하며 문제가 발생하게 된다. 한랭환경에 장시간 노출될 경우 발의 시림으로 인한 불편감과 활동 저해, 동상에 걸리는 등의 질병의 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제의 발생을 막기 위해서는 발의 보온을 증진시키기 위한 신발 속 소재의 개선이 요구된다. 이 문제는 신발의 안창(insole) 소재를 적합한 신소재로 교체함으로써 어느 정도 개선시킬 수 있을 것이다. 즉 에어로젤(aerogel)이라는 열전도성이 낮으며, 경량인 신소재(Schmidt & Schwertfeger, 1998)를 신발에 도입하여 보온성을 증진시킴으로써 1차적으로 발의 쾌적감을 높일 수 있는 안창 개발이 가능해질 것이다.

따라서 본 연구에서는 기능성이 요구되는 노약자, 학생뿐만 아니라 한랭환경에서 장시간 업무를 수행해야 하는 군인이나 경찰, 냉동작업자 등 특수업무자들을 위하여 발의 보호와 보온성을 증진시킬 수 있는 안창을, 신소재인 에어로젤이 함유된 섬유상 복합체를 이용하여 시험한 후, 에어로젤을 함유하고 있지 않은 일반 섬유상 부직포와 시판 안창의 기능성과 비교, 평가하여 신발 안창으로의 용도 전개 가능성을 알아보고 더 나아가 방한복, 동계스포츠웨어의 패딩 소재로서의 이용 가능성을 밝히고자 하였다.

이를 위하여 에어로젤의 우수한 보온성과 경량성을 살리고, 쾌적성을 향상시킬 수 있는 실링(sealing) 소재를 선정하고 일반 부직포와 시판 안창의 성능과 비교하여 신소재 복합체의 신발 안창소재로서의 적합성을 평가하였다.

II. 이론적 배경

에어로젤(aerogel)은 기본적으로 규산화물(SiO_2)로 이루어진 대표적인 초다공성 나노 구조의 소재로서 졸-겔 반응을 통해 제조된 습윤젤을 기-액 계면에

존재하지 않은 초임계 조건에서 수축없이 건조하여 젤의 기공구조를 그대로 유지할 수 있도록 한 물질이다(김선영 외, 1998; 김태정 외, 2006). 따라서 초경량이며 기공도가 95%-99%, 밀도가 0.003g/cm^3 로 공기밀도의 약 3배 밖에 되지 않는다(한인섭, 박종철, 2007; Kawakami et al., 2000). 또한 에어로젤은 최근 친환경 소재로서 현재 과학기술 발전으로 기대되는 10가지 소재 중의 하나로 선정될 만큼 그 활용 가능성이 기대되고 있는 물질이다(한국과학기술정보연구원, 2005).

에어로젤의 우수한 물성으로는 다음 4가지를 들 수 있다. 첫째, 기공도가 높으며 그 기공은 상온에서 열이 기상으로 잘 전달되지 않는다. 둘째, 밀도가 낮아 고체상으로 전도가 잘 되지 않아 현재까지 개발된 소재 중에서 열전도율이 가장 낮은 물질로 알려져 있다. 셋째, 실리카 에어로젤은 열에 강하여 800°C 이상까지의 고온에서도 안정하므로 방염소재로도 주목된다. 넷째, 에어로젤은 초경량 소재로 신발, 의류 등에도 이용가치가 높을 것으로 예상된다(요업기술연구원, 2007). 에어로젤은 위와 같은 특성을 가지고 있어 우리생활의 많은 곳에 적용될 것으로 전망되는데, 이 물질의 단열성을 이용하여 고온 또는 저온환경에서의 작업자들을 위하여 의류나 신발에 적용하면 기존의 단열소재보다 성능이 우수하여 쾌적한 상태에서 장시간 작업이 가능할 것으로 기대된다.

우리나라에서는 현재 에어로젤 시트형태(blanket)가 제조되기 시작한 상태이고, 이후 이를 기반으로 상용화 가능성을 연구하고 있다(요업기술연구원, 2007). 에어로젤이 지금까지 활용가능한 분야로는 항공우주 분야, 파이프라인 단열, 연료(에너지) 시스템(fuel system), 냉장·냉동·냉각(refrigeration), 방염용에 응용되는 것으로 알려져 있으며(Aspen Aerogel Inc, 2007; Schmidt & Schwertfeger, 1998) 의류 분야에서는 우주복, 방한용 재킷, 스키복 등에 매우 한정적으로 이용되기 시작하였다는 보고가 있다(배국진 외, 2005; 안상현 외, 1997).

현재까지 진행된 신발 안창소재에 관한 연구는 충격흡수가 좋은 Evamic(E.V.A)의 Podia Flexfh를 70°C 가열 후 모델링한 것, 발뒤꿈치의 소재로 Podialene 160 white로 충격흡수 기능이 우수한 천연고무 소재를, 여성의 발 특성에 따른 안창의 적합성 연구용으로 제작하여 사용한 것들이 있다(최순복, 이원자, 2005). 그리고 일반 중창소재로 경도 200인 폴리에틸렌(PE) 소재로 제작한 패드를 부착한 변형된 기능성 중창을

제작하여 전족부의 압력을 감소시키려는 연구(김동엽, 최순복, 2007)와 신발에 부직포를 이용하여 그 기능성과 쾌적성을 연구한 정원영 외(2002) 연구가 있다.

또한 파이론(Pyron)과 폴리우레탄(Urethane polyacetyl)를 사용한 실험용 안창을 제작하여 발의 압력과 운동효과에 미치는 영향을 살펴본 연구(정병열, 하현보, 2004)에서는 안창소재가 족저압 측면에서 볼 때 매우 중요하다고 보고하였다. 그들은 이 연구에서 안창소재의 차이가 서행 보행 시에는 파이론이 폴리우레탄 소재보다 압력이 낮게 나타나 좋은 것으로 나타났다지만, 주행 시에는 발 부위에 따라 좋은 소재가 달라진다는 것을 입증하였다.

이제까지 신발 안창에 관해 행해진 연구는 굽 높이이나 발 유형에 따른 발바닥의 압력분포와 관련된 연구들(김동엽, 최순복, 2007; 최순복, 이원자, 2002)이 대부분이며, 안창소재의 차이에 따른 신발의 보온성이나 쾌적성에 관한 연구는 미흡한 편이다.

III. 연구방법

1. 시료

시료1-1은 본 연구에서 제작한 시료이며, 에어로젤 함유 섬유복합체(실리카 에어로젤 60%, 폴리에스터 부직포 40%)와 이와 유사한 구조의 시판 부직포를, 3종의 직물로 실링(sealing)하여 제작한 시료로서 모두

6종류이다. 패딩용 소재를 동일한 크기(15cm×15cm, 20cm×20cm)로 커팅하여 그것을 코팅된 투습방수포(S1), 3층 구조 직물(S2), 고밀도 직물(S3)로 싸서 동일한 바늘땀으로 2면을 박은 후 뒤집어서 시판 부직포 및 에어로젤 섬유복합체를 패딩한 후 나머지 1면을 박는 순서로 에어로젤 dust가 빠져나오지 못하도록 촘촘히 박아 제작하였다. 3종의 실링포의 선정기준은 첫째 에어로젤 dust가 빠져나오지 않도록 기공이 에어로젤 입자보다 작은 직물을 선정하였고, 둘째 구조가 달라 열전도율 및 보온성에서 차이가 날 것으로 예상되지만 쾌적성을 저하시키지 않도록 투습방수포로 선정하였다. 시료 1-2에는 시판되는 안창을 조사하여 제시하였다.

1) 에어로젤 패딩 신소재 및 시판 의류패딩용 부직포 이 소재들의 특징을 <Table 1>에 제시하였다.

2) 시판 인솔소재

시판 안창의 소재들은 9개 회사 제품으로 A, B, C, D, E 9종이며 그 특징을 <Table 2>에 제시하였다. <Table 2>에서 동일한 알파벳은 기능이 같으며 아라비아 숫자는 제작사가 다른 것을 나타낸다. A는 PCM 성분을 포함한 것, B는 펠트, C는 양모(lambskin 또는 wool)와 라텍스, D는 lambskin과 코르크, E는 플리스(fleece)와 폼 소재를 사용한 것이다.

시료의 중량은 본 연구에서 제작한 소재가 353.28-906.73g/m²의 범위로 고밀도 직물에 부직포를 패딩한

Table 1. Characteristics of experimental materials

Sample Code	Composition	Thickness (mm)	Weight (g/m ²)
S1	Nylon 100%+Urethane coating(Waterproof & Breathable textile)	0.24	149.90
S2	Polyester 100%+Urethane film+Polyester 100% 3 Layer bonded	0.93	299.40
S3	Nylon 100% High-density fabric	0.11	65.20
P1	PET 100% Non-woven fabric	6.30	288.08
P2	Aerogel composite/fiber material	6.00	607.33
SP1-1	S1+P1	6.78	437.78
SP1-2	S1+P2	6.48	757.23
SP2-1	S2+P1	8.16	587.48
SP2-2	S2+P2	7.86	906.73
SP3-1	S3+P1	6.52	353.28
SP3-2	S3+P2	6.22	672.53

S: sealing, P: padding

SP 1-1, 2-1, 3-1: nonwoven fabrics padded

SP 1-2, 2-2, 3-2: aerogel / fiber composite padded

Table 2. Characteristics of insole merchandises

Sample Code	Composition	Thickness (mm)	Weight (g/m ²)
A1	PCM(capsule type)+natural Latex	4.70	1370.87
A2	PCM(most inner)+resin(1 layer)+Shell wall(2 layer)+Nanosilver coating	4.73	1024.34
B	Felt+Reinforced base	5.50	822.46
C1	100% Natural wool+Latex foam	6.69	1744.34
C2	Genuine Lambs wool+Extra soft Latex	6.07	969.8
C3	100% Lambs wool+Latex foam	7.88	1178.12
C4	Lambs fur+Latex	7.41	1345.48
D	Genuine Lamb skin+Cork	6.39	1411.36
E	The three-layers Fleece+Foam rubber+Aluminium	5.49	741.36

시료(SP3-1)가 가장 가볍고, 3층 구조 실링포에 에어로젤 함유 섬유복합체를 패딩한 시료(SP2-2)가 가장 무겁다. 시판 안창의 중량은 741.36(E)-1744.34g/m²(C1)의 범위로, 제작된 소재는 시판 제품의 중량보다 가벼운 것으로 나타나 부직포와 에어로젤 소재가 경량임을 나타낸다.

두께는 제작한 시료가 6.22-8.16mm의 범위에 있고 시판 인솔 두께는 4.70-7.88mm의 범위로 조사되어 제작한 시료가 다소 두꺼웠으며, 이 중 C그룹 시료와 D 시료의 두께가 SP1 및 SP3 시료와 가장 유사하다.

2. 실험방법

에어로젤 함유 섬유복합체의 안창소재로서의 사용 가능성을 살펴보기 위해서 본 연구에서 제작한 시료는 열전도율, 보온성, 흡습성, 투습성, 압축성을 측정하였고 표면형태를 관찰하였으며, 시판 안창제품은 라텍스 폼이나 고무창이 중첩되어 있으므로 흡습성, 투습성, 열전도율만 측정하여 비교하였다. 각 항목의 실험방법은 아래와 같으며, 모든 시료를 표준상태에서 24시간 컨디셔닝시킨 후 실험하였다.

1) 중량 및 두께

중량은 Mettler사의 H 261모델(스위스)을 사용하여 시료당 4회씩 측정하여 평균하였고, 두께는 Kafer digital사의 JD50A 모델(미국)로 4회씩 측정하여 평균하여 나타내었다.

2) 표면형태 관찰

에어로젤 함유 섬유복합체와 시판 부직포, 실링포 3종의 표면형태는 주사 전자현미경(S-3400N, 일본)

을 사용하여 실링포와 패딩소재는 100배, 에어로젤 입자는 30000배의 배율로 촬영하였다.

3) 흡습성

흡습율(%)은 환경온 35°C, 상대습도 90%에서 KS K 0220에 의거하여 Mechanical Circulation Oven(서진과학사)을 이용하여 측정된 후 4회 측정치의 평균값을 사용하여 계산하였다.

4) 투습성

투습도는 40°C±2°C, 50%±2%RH로 설정한 항온항습기(Weiss Co. 독일)에서 워터법(KS K 0594)에 의거, 투습량을 측정된 후 투습도를 계산하였다.

5) 열전도율

카와바타법(Thermolabo II, 일본)에 의해 표준상태의 항온항습실에서 시료판(Cooling base) 온도 20°C, 열판(BT box: 5cm×5cm) 온도 30°C에서 측정된 후 식에 의해 열전도율(W/cm °C)을 계산하였다.

6) 보온성

카와바타법(Thermolabo II, 일본)을 이용하여 소비전력을 측정된 후에 식에 의해 보온률을 계산하였다. 이때 실험은 환경온 20°C, 열판(BT box) 온도 30°C, 풍속 30cm/sec의 조건에서 실시되었다.

7) 압축성

본 시료에 적합한 규정이 없어 KS K 2617에 준하고, KS M ISO 844를 참고로 하여 하중 25kg을 가한 후 두께를 4면 각 1곳에서 측정하여 일정시간 경과에 따른 두께 변화로 압축률과 회복률을 다음 식에 의해

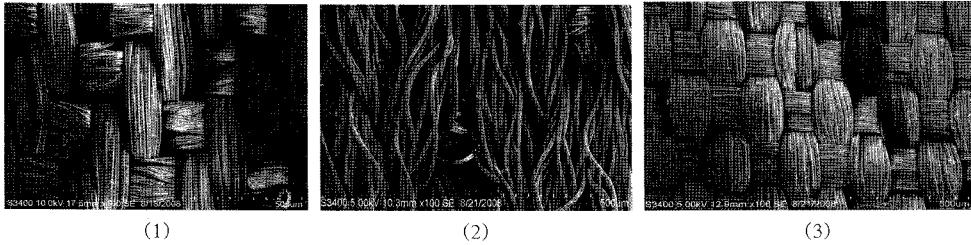


Fig. 1. Scanning electron microscope photograph of sealing fabrics (1):S1, (2):S2, (3):S3.

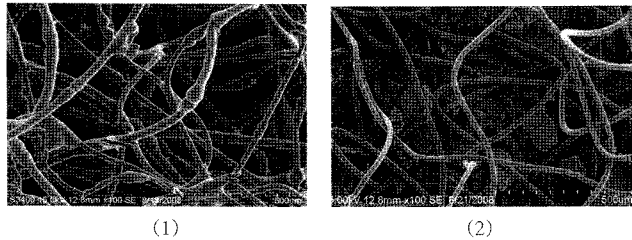


Fig. 2. Scanning electron microscope photograph of padding fabrics (1):P1, (2):P2.

계산하였다.

$$\text{압축률}(\%) = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \times 100,$$

$$\text{회복률}(\%) = \frac{h_2 - h_1}{(h_0 - h_1)} \times 100$$

h_0 : 가압 전 높이, h_1 : 가압 직후 높이

h_2 : (회복) 시간 경과 후 높이

IV. 결과 및 고찰

1. 표면형태 관찰

<Fig. 1>-<Fig. 2>는 실링포와 패딩소재에 따른 주사 전자현미경 사진으로 시료의 표면상태를 배율 100 배로 관찰한 것이다. <Fig. 1(1)>은 실링소재로 코팅된 투습방수포(S1)의 표면상태를 나타내는데, 이것을 <Fig. 1(2)>과 비교해 보면 섬유가 곧으며, 섬유의 굵기는 S2와 유사하고 S3보다는 굵다는 것을 알 수 있다. S2는 S1, S3와 비교해볼 때 섬유의 밀도가 가장 낮으며 섬유가 구불구불하게 벌크되어 있는 형태를 보인다. 그러나 3층 구조로 중간에 삽입되어 있는 우레탄 필름막에 의하여 에어로젤 입자의 통과는 불가능하다고 본다.

S3는 고밀도 직물로 <Fig. 1(3)>에 나타난 바와 같이 에어로젤 입자(섬유 위에 붙어있는 입자)와 섬유 간극의 크기를 비교하면 에어로젤 입자가 빠져나올 수 없음을 보여주고 있다. 따라서 시료S1, S2, S3 모두 에어로젤 섬유복합체의 실링포로 적합하다는 것

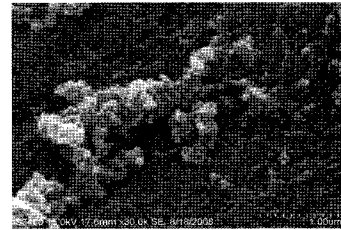


Fig. 3. Scanning electron microscope photograph of aerogel composite (x 30000).

을 알 수 있다.

<Fig. 2(1)>는 패딩소재인 부직포의 표면형태 사진으로 부직포의 성근 구조를 잘 보여주고 있다. 이 성근 부분에 공기가 채워지게 되므로 구조상 열전도율이 낮고 보온성이 높다는 것을 예측할 수 있다. <Fig. 2(2)>는 에어로젤 함유 섬유복합체의 표면형태 사진이다. 에어로젤이 폴리에스터 섬유상 복합체 내에 함침되어 있음을 보여주고 있다. <Fig. 3>은 에어로젤 함유 섬유복합체의 에어로젤 입자를 30000배 배율로 확대, 촬영함으로써 에어로젤이 나노크기의 구조라는 것을 보여 준다.

2. 열전도율

제작한 시료의 열전도율을 <Fig. 4>에 나타내었다. 실링포 자체의 열전도율은 S2>S1>S3 순으로 나타났다. 패

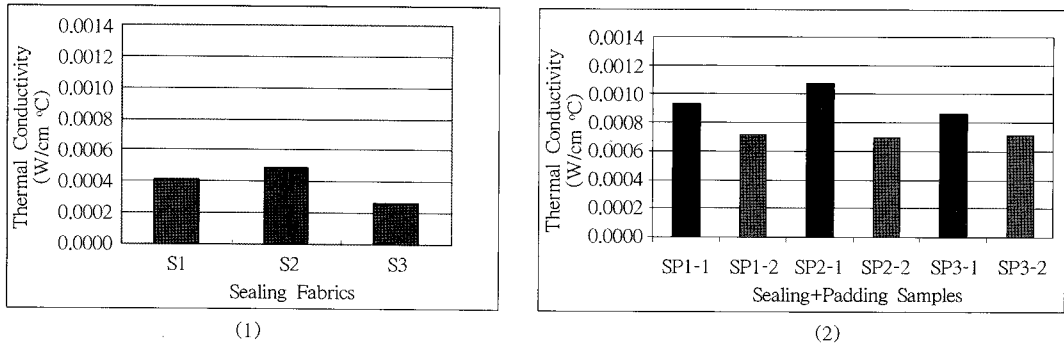


Fig. 4. Thermal conductivity of sealing fabrics(1) and padding samples(2).

Table 3. Consumption rate of electric power of sealing and padding samples

Sealing and Padding Materials	Consumption rate of electric power	
	M	S.D
SP1-1	0.470	0.017
SP1-2	0.350	0.012
SP2-1	0.350	0.030
SP2-2	0.280	0.029
SP3-1	0.520	0.021
SP3-2	0.330	0.005

딩한 시료에서는 3종 모두 에어로젤 패딩소재(0.00069-0.00071W/cm²C)가 일반 부직포 패딩소재(0.00087-0.00108 W/cm²C)보다 낮은 것으로 나타나 에어로젤 섬유복합체 소재가 열전도가 어렵다는 것을 나타내고 있다 (Fig. 4(2)). 소재 S3의 고밀도 직물의 열전도율이 가장 낮은 이유는, 소비전력량은 3종의 소재 중에서 많으나 <Table 3> 두께가 가장 얇으므로 열전도도 식에 의해 가장 낮게 나타났다. 이런 이유가 부직포와 에어로젤을 패딩한 소재에서도 모두 SP3 소재의 열전도율이 낮게 나타나게 한 요인으로 판단된다.

<Fig. 5>에 제시한 시판 안창재료의 열전도율 결과를 살펴보면 시판 상품 중에서는 A그룹이 PCM 발열 안창이지만 열전도율(0.00110-0.00129W/cm²C)이 큰 것으로 나타났고, C그룹과 D는 모두 천연양모소재 제품으로 0.00076-0.00081W/cm²C 범위의 열전도율을 나타내 본 실험에서 일반 부직포 패딩소재로 제작한 시료보다 열전도율이 낮고 에어로젤 함유 소재로 제작된 시료보다는 열전도율이 높은 것으로 나타났다. E는 Fleece에 foam rubber, 알루미늄박이 접착되어 있는 소재제품으로 3층 구조를 이루고 있고 두께도 얇아 열전도율이 가장 낮았으며(0.00071W/cm²C) 본 연구에서 제작한 에어로젤 함유 소재의 열전도율

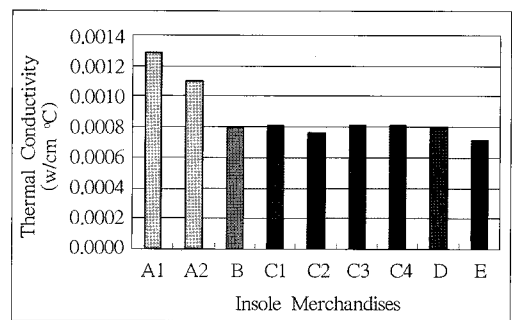


Fig. 5. Thermal conductivity of insole merchandises.

과 비슷한 단열성을 보였다.

3. 보온성

보온성은 시판시료의 경우 크기가 작아 보온성 측정장비로 측정할 수 없어 부직포와 에어로젤을 패딩한 시료 6종만을 측정하였다. 측정결과는 부직포를 실링한 시료 3종과 에어로젤 섬유복합체를 실링한 시료 3종의 전력소모량을 <Table 3>에 제시하였고, 보온율을 계산한 결과는 <Fig. 6>에 제시하였다. 전력소

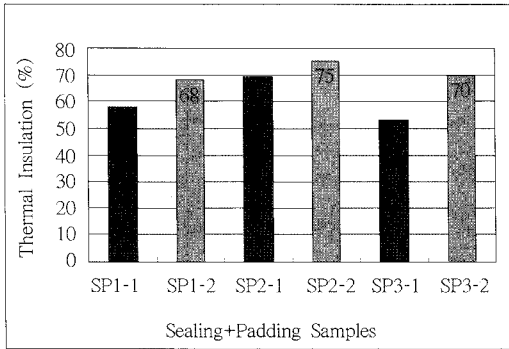


Fig. 6. Thermal insulation of materials for insole.

모양은 부직포 패딩시료(P1)에서는 S3>S1>S2로 나타났고, 에어로젤 패딩(P2)에서는 S1>S3>S2 순으로 나타나 전력소모량이 적은 시료일수록 보온력은 커 P1 시료에서의 보온력은 SP2-1>SP1-1>SP3-1이나, P2 시료에서는 SP2-2>SP3-2>SP1-2로 나타났다.

실링포별로 패딩소재의 차를 비교하면 시료 S1에서는 부직포 소재(SP1-1)가 58%에 비해 에어로젤 소재(SP1-2)가 68%, 시료 S2에서는 69%에 비해 75%, 시료 S3에서는 53%에 비해 70%로 나타나 실링포의 종류에 관계없이 3종 모두 에어로젤 패딩소재가 우수한 것으로 나타나 단일성이 우수하다는 에어로젤의 특성이 확인되었다.

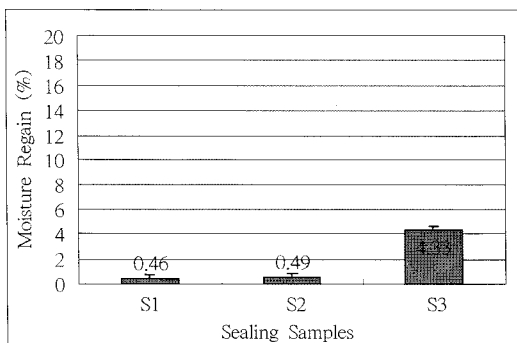
4. 흡습성

신발용 소재의 쾌적성에 관여하는 요소로서 흡습성은 투습성과 함께 중요한 인자 중 하나로 보아진다. 왜냐하면 발은 인체의 부위 중 발한이 가장 많이 일

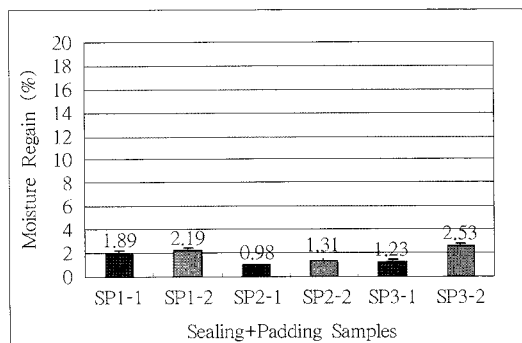
어나는 부위 중의 하나이고(Park & Tamura, 1992), 신발 속은 밀폐된 공간이어서 환기와 건조가 용이하지 않은 곳이므로 신발소재의 열과 수분의 이동특성은 더욱 쾌적감과 직결되기 때문이다. 신발 속의 습도가 높으면 냉감을 가져와 발이 더 시러움은 물론 무좀이나 동상의 원인이 될 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 흡습성을 환경은 35°C, 상대습도 90%의 고온다습한 환경에서 측정하여 분석하였다. 실링포의 수분율은 나일론 100% 고밀도 직물인 S3가 가장 우수하고 우레탄 코팅이 되어있는 S1과 우레탄 필름이 삽입되어 있는 폴리에스터 소재인 S2는 거의 동일한 수준이다(Fig. 7(1)).

신발 안창용으로 제작되어진 실링된 일반 부직포와 에어로젤 시료의 수분율은 <Fig. 7(2)>에 제시하였듯이, 실링포에 관계없이 에어로젤 함유 섬유복합체를 패딩한 모든 시료가 높은 것으로 나타났다. SP1-1은 SP1-2의 86.3%, SP2-1은 SP2-2의 74.2%, SP3-1은 SP3-2의 48.6%로 나타나 SP3-2 시료가 흡습성이 가장 높고 SP3-1과 SP3-2와의 차도 가장 큰 것으로 나타났다.

그러나 실링포 자체의 흡습성은 상술한 바와 같이 S3가 상대적으로 현저하게 높아 에어로젤을 패딩한 소재에서도 가장 높게 나타나기는 하였지만 그 차이가 크지 않고, 부직포를 패딩한 소재에서는 SP1-1이 SP3-1보다 더 높게 나타나 실링포 자체만의 수분율과 패딩한 경우의 수분율에는 차이가 있음을 보여주고 있다. 이는 전체 체적에서 실링포의 비중이 현저히 낮아 전체적인 흡습률은 낮게 나온 것으로 판단되며 S1과 S3가 모두 나일론 100%이나 S1은 폴리우레탄이 코팅된 투습방수포이므로 우레탄 코팅의 영향



(1)



(2)

Fig. 7. Moisture regain of sealing fabrics(1) and padding samples(2).

으로 감소한 것으로 보인다. 종합하여 분석하면 흡습성이 가장 좋은 시료는 에어로젤 함유 섬유복합체를 패딩소재로 하고 고밀도 직물로 실링한 SP3-2로 나타났고, 이 실링포는 두께가 가장 얇아 건조성도 좋을 것으로 예측되어 안창소재로는 가장 쾌적한 소재로 추측된다.

시판 안창과 비교해 볼 때 <Fig. 8>, A그룹을 제외한 모든 천연물소재로 되어 있는 상품의 흡습성이 시험한 소재보다 좋은 것으로 나타났다. 상품 D가 흡습성이 현저하게 좋은 이유는 이것만이 베이스가 코르크로 되어 있고 나머지는 라텍스나 고무, 우레탄 등으로 되어 있는 데에 기인한 것으로 사료된다. 여기서 안창소재로서의 쾌적성을 논의할 때 그것의 흡습성이 좋은 것만으로 반드시 쾌적하다고는 할 수 없으며, 신발 밖으로 습기를 빨리 방출할 수 있는 放濕性도 큰 소재가 쾌적하다고 할 수 있다. 이 조건을 충족시키기 위해서는 안창만의 문제가 아니라 신발 자체의 소재도 함께 생각해야 되는 복합적인 요소가 관여하는 문제로 보아야 할 것이다.

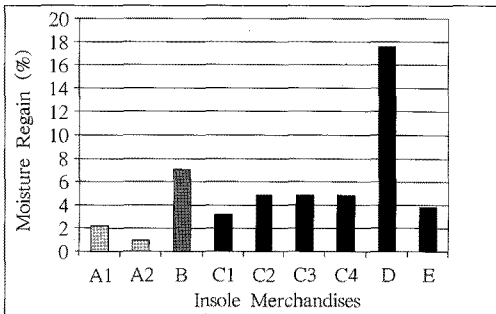


Fig. 8. Moisture regain of insole merchandises.

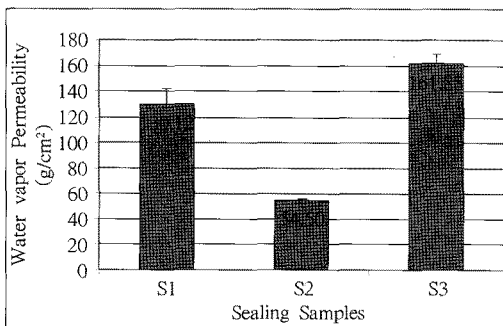
5. 투습성

실링포의 투습도는 <Fig. 9(1)>에, 제작소재의 투습도는 <Fig. 9(2)>에 제시하였다.

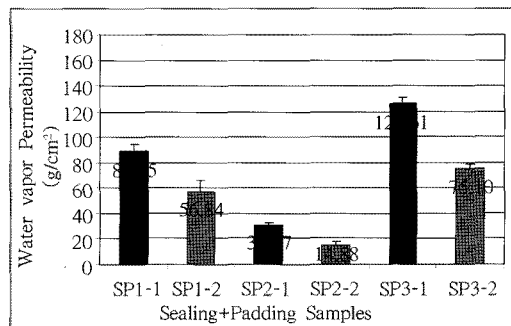
실링포의 투습도는 S3가 가장 높게 나타났는데, 그 이유는 고밀도이지만 1층 구조로 두께가 가장 얇기 때문으로 사료된다. S1은 나일론 100% 투습방수포이기는 하나 우레탄 코팅이 되어 있고, S2는 폴리에스터 100%의 양면 사이에 폴리우레탄 필름이 삽입되어 있는 3층 구조 직물이기 때문에 투습도가 가장 낮은 것으로 나타났다. SP소재의 투습도는 실링포에 관계없이 일반 부직포가, 에어로젤 섬유복합체보다 다소 높은 것으로 나타났다.

부직포는 <Fig. 2(1)>에 제시된 바와 같이 기공용적이 매우 크고, 원래 부직포의 주요기능 중의 하나인 여과분리기능은 부직포의 투과성과 관계되는 것으로 수분투과성인 투습성은 부직포의 중요한 특성 중의 하나이며 이 투습성을 이용하여 신발용, 의류용, 위생용품 등 광범위하게 사용되고 있다(정원영 외, 2002; 최재우 외, 1995a, 1995b). 그러나 에어로젤 섬유복합체는 <Fig. 2(2)>에 제시된 바와 같이 섬유 사이가 나노 구조의 에어로젤로 메워져 있기 때문에 투습성이 낮을 수밖에 없는 것으로 사료된다.

제작시료와 시판 안창의 투습성을 비교할 때 SP2를 제외하고 SP1(SP1-1, SP1-2)과 SP3(SP3-1, SP3-2)는, B(펠트+강화 베이스)를 제외하고 나머지 시판 안창보다는 투습성이 높은 것으로 나타났다. 그 중 SP3 제작시료가 가장 좋은 것으로 나타났다. 시판 안창에서는 B>A2>D의 순으로 나타났으며 <Fig. 10> 그 외 다른 안창들은 라텍스(A1과 C그룹)나 고무로



(1)



(2)

Fig. 9. Water vapor permeability of sealing fabrics (1) and padding fabrics(2).

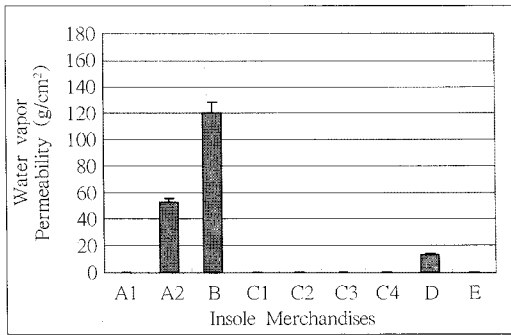


Fig. 10. Water vapor permeability of insole merchandises.

코팅되어(E) 있어 투습성이 거의 없었다.

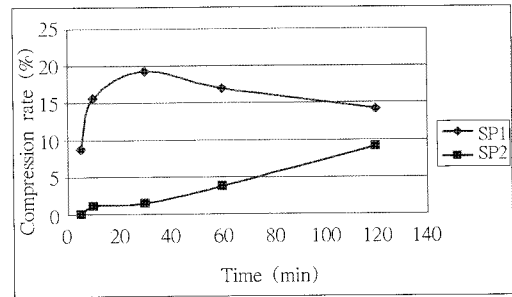
6. 압축성

패딩시료를 크기 15cm×15cm로 커팅한 것을 각각 4겹씩 겹쳐 실링하여 제작한 시료 위에 나무판(아크릴판)을 올려놓은 후 25kg의 하중을 가하였을 때의 높이를 4면 각 1점에서 측정하였다. 시료를 교체하여 2회 반복측정하였고 그 평균값의 변화로 압축률과 회복률을 분석하여 결과를 <Fig. 11>에 제시하였다. 즉, 1회 측정 시는 시료 SP2-1, 2-2(이하 SP2로 표기), 2회 측정 시는 시료 SP1-1, 1-2(이하 SP1로 표기)를 사용하였다.

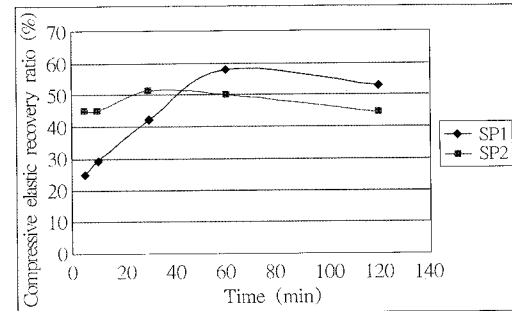
압축률은 일반 부직포의 경우, 2시간 가압 시에는 <Fig. 11(1)>에 제시한 바와 같이 30분 안에 20% 정도의 압축이 이루어지고 그 이후부터는 점차 다소 감소하였다. 에어로젤 함유 시료의 경우에는 초기 30분까지 거의 압축이 이루어지지 않았고 그 이후 2시간까지 서서히 증가하였으며 10% 정도 압축되었다. 하중을 제거한 후에는 에어로젤 함유 시료의 경우 즉시 45% 이상의 압축회복성을 보였으며 30분 후에는 50% 정도 압축회복 능력을 보였다. 이에 비해 일반 부직포의 경우 하중을 제거하자마자 25% 정도 압축회복성을 보였으며 40분 이후에 50% 이상 회복되었다(Fig. 11(2)). 따라서 에어로젤 함유 섬유상 복합체의 경우 하중에 의해 많이 압축되지 않아 두께를 유지할 수 있어 보온성을 유지할 수 있으리라 기대된다.

V. 결 론

신소재인 에어로젤이 함유된 섬유상 복합체를 보



(1)



(2)

<Fig. 11> Compression properties of padding samples; (1) Compression rates, (2) Compressive elastic recovery ratio.

온성이 우수한 신발 안창소재로의 이용 가능성을 살펴보기 위해서 이 소재로 신발 안창을 시작한 후 소재의 표면형태, 열전도율, 보온성, 흡습성, 투습성 및 압축성을 평가하였으며 일반 부직포 및 시판 안창과 비교, 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 열전도율은 에어로젤 함유 섬유상 복합체 소재(0.00069-0.00071W/cm²C)가 일반 부직포 함유 소재(0.00087-0.00108 W/cm²C)보다 실링포에 관계없이 모두 낮은 것으로 나타났다. 대부분의 시판 소재보다도 열전도율이 낮았다. 또한 보온성 측정결과에서도 에어로젤 함유 복합체 소재가 일반 부직포 패딩소재보다 실링포에 관계없이 모두 우수한 것으로 나타났다.

2. 흡습성은 부직포, 에어로젤 함유 복합체 모두 소수성 섬유이므로 좋지는 않았으나 실링포에 관계없이 모두 에어로젤 함유 섬유상 복합체 패딩시료가 부직포 패딩시료보다는 좋은 것으로 나타났다. 그러나 시판 안창과 비교했을 때, 발열 안창인 A그룹을 제외하고는 나머지 시판 안창의 흡습성이 더 좋은 것으로 조사되었다.

투습성은 부직포를 패딩한 소재가 에어로젤 함유 복합체를 패딩한 소재보다 실링포에 관계없이 모두

높은 것으로 나타났으며 그 중에서도 1층 구조의 고밀도 직물로 실링한 시료(SP3-1)가 현저하게 높은 것으로 나타났다.

시판 안창과 비교했을 때도 시판 B를 제외하고는 에어로젤 소재 복합체인 SP1-2와 SP3-2가 비교적 높아 투습률은 일반 부직포 패딩소재>에어로젤 섬유복합체>시판 안창 순으로 우수한 것으로 나타났다.

3. 압축률은 에어로젤 함유 섬유복합체(SP2)가 일반 부직포 패딩소재(SP1)보다 압축이 적고 회복이 빨라 사용도중 두께를 유지할 수 있어 보온성을 유지할 수 있으리라 기대된다.

이상의 결과로부터 초다공성인 에어로젤은 열전도율이 낮아 보온성이 좋은 물질임이 확인되었고 흡습성도 일반 PET 부직포로 제작한 안창보다 좋으며, 그중 에어로젤 패딩 고밀도 직물 실링의 조합시료(SP3-2)가 보온성, 열전도성, 흡습성 면에서 가장 우수하여 본 연구의 목적에 가장 적합한 소재로 확인되었다. 또한 신발에 필요한 성질인 압축회복률도 에어로젤 소재가 우수한 것으로 나타나 보온성을 유지하기에 유리할 것으로 기대된다. 그러므로 에어로젤 함유 섬유복합체는 보온을 요구하는 방한용 신발의 안창소재로서 사용가능성이 높다고 할 수 있다.

참고문헌

- 김동엽, 최순복. (2007). 전족부 압력을 최소화할 수 있는 기능성 중창에 관한 연구-굽높은 펌프스형을 중심으로-. *한국의류학회지*, 31(2), 258-268.
- 김선영, 이진홍, 배성렬, 유기풍. (1998). 개선된 두 단계 솔-젤 공정과 저온 초임계 건조를 이용한 투명성 소수성 저밀도 실리카 에어로젤의 제조. *화학공학*, 36(2), 293-299.
- 김태정, 남산, 오영제. (2006). 상압건조 물유리 에어로젤에 대한 표면 개질제의 영향. *한국센서학회지*, 15(3), 173-178.
- 배국진, 최봉기, 강상규, 서동진. (2005). 에어로젤의 연구개발 동향. *공업화학전망*, 8(4), 69-82.
- 안상현, 김선영, 이진홍, 배성렬, 유기풍. (1997). 솔-젤 공정과 초임계 건조에 의한 물유리로부터 투명에어로젤의 제조. *화학공학*, 35(4), 552-556.
- 요업기술원. (2007). 초단열 Flexible실리카 에어로젤 블랑킷 개발. *요업기술원. 자료검색일* 2008, 1. 16, 자료출처 <http://www.kicet.re.kr>
- 정병열, 하현보. (2004). 신발인솔 높이와 재질이 발의 압력과 운동효과에 미치는 영향. *한국스포츠리서치*, 15(1), 911-924.
- 정원영, 박정우, 안승국. (2002). 신발용 부직포의 기능성 및 쾌적성에 관한 연구. *한국섬유공학회지*, 39(3), 354-361.
- 최순복, 이원자. (2002). 성인 여성의 구두 착용과 발 유형과의 관계. *대한가정학회지*, 40(10), 231-241.
- 최순복, 이원자. (2005). 성인 여성의 발 특성에 따른 인솔적합성 연구. *한국의류학회지*, 29(6), 783-792.
- 최재우, 김석근, 윤원식. (1995a). 폴리프로필렌 스펀본드 부직포의 투습성에 관한 연구. *한국섬유공학회지*, 32(10), 949-956.
- 최재우, 김석근, 윤원식. (1995b). 폴리프로필렌 스펀본드 부직포의 투습성에 관한 연구(II). *한국섬유공학회지*, 32(11), 1032-1038.
- 한국과학기술정보연구원. (2005). 초다공성 에어로젤의 제조와 응용. 한국과학기술정보연구원 나노기술분석보고서. *한국과학기술정보연구원. 자료검색일* 2008, 2. 20, 자료출처 <http://www.kisti.re.kr>
- 한인섭, 박종철. (2007). 초단열 실리카 에어로젤 타일 및 복합체 보드 개발. *한국에너지기술연구원. 자료검색일* 2008, 1. 16, 자료출처 <http://www.kier.re.kr>
- Aspen Aerogel Inc. (2007). Nonotechnology at work. *Aspen Aerogels*. Received February 21, 2008, from www.Aerogel.com.
- Kawakami, T. K., Fukumoto, Y., Suzuki, T. K., & Inoue, K. (2000). Preparation of highly porous silica aerogel thin film by supercritical drying. *JPN. Appl. Phys.*, 39, L182-184.
- Park, S. J. & Tamura, T. (1992). Distribution of evaporation rate on human body surface. *The Ann. Physiological Anthropology*, 11(6), 593-609.
- Schmidt, M. & Schwertfeger, F. (1998). Applications for silica aerogel products. *J. of Non-Crystalline Solids*, 225, 364-368.