

# PCM 마이크로캡슐의 제조와 신발소재의 가공특성

김대운, 김혜인, 박수민

부산대학교 섬유공학과

## 1. 서 론

의복내의 피부층은 온도  $32\pm 10^{\circ}\text{C}$ , 상대습도  $50\pm 10\%$ 가 쾌적조건이다. 그리고 인체의 평균 피부온은  $33.3^{\circ}\text{C}$ 로 외기온도가  $30.8^{\circ}\text{C}$ 이하가 되면 추위를 느끼고  $35.5^{\circ}\text{C}$ 이상이 되면 더위를 느끼는 것으로 알려져 있다. 또한 인체는 부위에 따라서 평균 피부온이 달라서 복부는  $35^{\circ}\text{C}$ 이지만 말초부로 갈수록 온도가 낮아져 발은  $30.8^{\circ}\text{C}$ 이다. 이러한 피부층의 쾌적조건을 유지하기 위한 방법에는 인체를 감싸고 있는 섬유자체의 열전도도, 무기물을 처리한 직물의 열방사에 의한 열이동변화와 직물내의 공기이동(열대류) 등에 의한 소극적인 방법과 원적외선 흡수 축열, 수분의 응축열이나 물질의 상전이 발열 등을 이용하는 적극적인 방법이 있다. 이 중에서 상전이 발열에 의한 적극적인 방법은 체온에 가까운 상전이온도를 가진 물질(이하 PCM 이라고 약기)을 마이크로캡슐에 봉입하여 섬유 방사과정이나 직물 후가공의 과정에 섬유에 고착하여 환경온도의 변화에 대응하는 것이다.

물질은 상전이과정에 열을 흡수하거나 방출하게 되는데 이러한 열을 잠열(latent heat)이라고 하며 이 잠열은 현열(sensible heat)보다 매우 크다. 이러한 잠열의 열흡수/방출효과를 이용하면 적은 부피에 많은 에너지를 저장하거나 온도를 일정하게 유지시키는 목적으로 사용할 수 있다. 물질의 상전이 온도와 잠열량은 각 물질의 고유한 특성으로 물질마다 다른데, 사용 목적에 따라서 적당한 물질을 선택하면 일상생활에 유용하게 이용할 수 있다. 그러나 PCM은 고체와 액체상태를 오가기 때문에 직물에 그대로 이용하게 되면 문제가 있다. 따라서 PCM을 미세캡슐화 함으로서 잠열저장물질을 모듈화 할 수 있으며 또한 원형의 캡슐화에 의해 열전달 면적을 최대화함으로써 단시간에 외기의 온도변화에 대응할 수 있게 함으로서 효율적인 단열과 보온을 할 수 있고 또한 섬유에 대한 응용성도 향상시킬 수 있다.

따라서 본 연구에서는 신발소재에 PCM을 적용하기 위하여,  $28.2^{\circ}\text{C}$ 에서 상변화를 일으키는 n-octadecane을 PCM으로 선택하여 이용하였고 또한 캡슐표면의 공극율이 낮아서 상온에서의 서방성을 최소화할 수 있는 내구성이 우수한 멜리민을 벽재로 하여 마이크로캡슐을 제조하였다. 제조과정에 제조된 마이크로캡슐의 특성에 영향을 미칠 수 있는 제조조건을 변화시켜 이들과 캡슐의 크기, 표면형태 및 용융열량과의 상관관계를 조사하였다. 또한 제조된 PCM 마이크로캡슐을 신발소재에 처리하여 가공된 섬유의 열적특성 및 환경온도변화에 따른 온도제어특성을 조사하였다.

## 2. 실 험

### 2.1 시약

심물질은 n-octadecane(Lancaster Synthesis)을 사용하였으며, 벽물질은 멜라민수지로서

melamine-80(해동산업)을 사용하였고 상안정제는 젤라틴을 사용하였으며 이외에 citric acid, MgCl, NaOH, CH<sub>3</sub>COOH 및 메탄올 등은 모두 시약 1급 또는 특급시약으로 정제 없이 그대로 사용하였다. 또한 신발소재는 신발 가피용 부직포를 사용하였다.

## 2.2 PCM 마이크로캡슐의 제조

### 2.2.1 마이크로캡슐의 제조

소정농도의 젤라틴 수용액 200ml에 소정량의 n-octadecane을 넣어서 강하게 교반하여 O/W 에멀전을 형성하였다. 에멀전용액의 교반속도를 낮추고 물에 용해시킨 멜라민수지 .... ml을 서서히 첨가한 다음 70℃까지 승온하여 pH를 3.0~3.5로 조정하고 이후 소정량의 경화제를 가하여 4시간 동안 반응시켜 멜라민 마이크로캡슐을 제조하였다.

### 2.2.2 마이크로캡슐의 특성분석

제조된 마이크로캡슐의 구조는 FT-IR spectrophotometer (Nicolet Impact 400D)를 사용하여 KBr법에 의해 측정하였으며 particle size analyzer(CSI-1, Island)를 이용하여 마이크로캡슐의 제조조건에 따른 입경 및 입도분포의 변화를 조사하였고, 전자현미경(SEM, Hitachi S-4200, Japan)에 의하여 캡슐의 표면과 형태특성을 관찰하였다.

또한 PCM 캡슐의 열분석은 DSC(220C Seico, Japan)를 사용하여 -10℃에서 5℃/min의 속도로 50℃까지 상승시키고 50℃에서 5분간 유지시킨 다음 같은 속도로 -10℃까지 하강하여 심물질의 상전이온도 변화에 따른 융점, 결정화 온도 및 각 열량을 조사하였다. 그리고 반복적인 용융과 냉각을 통한 상전이 물질의 안전성을 알아보기 위하여 10회 반복의 과정에 융점 및 열량의 변화를 측정하였다.

## 2.3 PCM 마이크로캡슐에 의한 후가공

### 2.3.1 마이크로캡슐 가공

PCM 마이크로캡슐과 아크릴계바인더 5% 함유한 수용액에 침지하여 100% 픽업율로 패딩한 가공포를 170℃에서 3분간 건조한 다음 수세하여 PCM 마이크로캡슐 가공포를 제조하였다.

### 2.3.2 열적특성 및 온도제어특성

열적특성은 KES-F7 thermolabo II를 이용하여 가공포의 보온율, 열전도도, Q<sub>max</sub> 등을 측정하였다. 외기온도변화에 따른 온도제어특성은 실험실에 제조한 Figure 1의 시험장치를 이용하여 20℃에서부터 40℃까지 승온과 냉각을 반복하는 과정에 일정시간 간격으로 온도변화를 측정하여 PCM 처리시료의 환경온도변화에 따른 온도제어특성을 조사하였다.

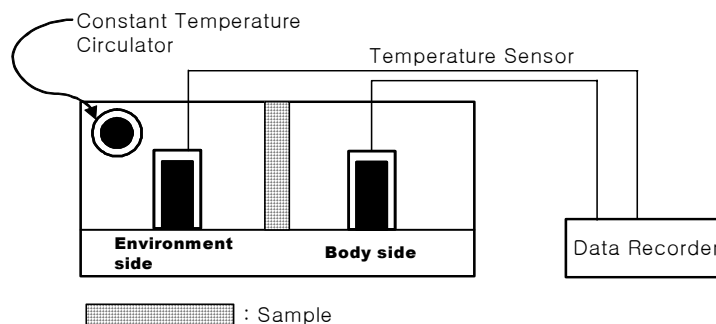


Fig. 1. Schematic of the experimental apparatus for temperature measurement

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 PCM마이크로캡슐의 제조 확인

멜라민수지, n-octadecane 및 PCM 마이크로캡슐의 FT-IR spectra를 비교해보면, PCM 마이크로캡슐의 경우  $3300\text{cm}^{-1}$ 에서 N-H stretching vibration에 의한 흡수피크,  $3100\sim 3000\text{cm}^{-1}$ 에서 C-H stretching vibration에 의한 흡수피크,  $1460\text{cm}^{-1}$ 에서  $-\text{CH}_3$ 에 의한 흡수피크로부터 목적으로 한 n-octadecane을 함유한 마이크로캡슐이 제조되었음을 확인하였다.

#### 3.2 PCM캡슐의 제조조건에 따른 특성

Fig 2.는 각종의 제조조건을 변화시켜 제조한 PCM 마이크로캡슐의 입경변화를 나타낸 것이다. 그림에서 보면, 심물질량이 증가함에 따라 입경은 증가하였으며, 벽물질량이 증가함에 따라서는 입경이 감소하였고 캡슐벽형성의 과정에 고착제양의 변화와 입경과는 비례관계가 있음을 알 수 있었다. 또한 에멀전 상안정제로 첨가된 젤라틴의 양과 입경은 반비례관계로 첨가된 젤라틴의 양이 많을수록 형성된 입자간에 회합이 억제되어 제조된 마이크로캡슐의 입경이 작음을 알 수 있었다. Figure 3은 제조된 PCM 캡슐의 SEM 사진을 나타낸 것이다. 또한 PCM 캡슐을 DSC에 의해 열분석한 결과 PCM 원인물질인 n-octadecane의 값보다는 다소 낮으나 용융열량이  $197.5\text{J/g}$ 으로 본 실험에서 제조된 PCM 마이크로캡슐이 높은 잠열량 지녔음을 확인 할 수 있었다.

#### 3.3 캡슐처리 직물의 열적특성 및 온도제어특성

제조된 PCM 마이크로캡슐을 신발소재에 처리하여 가공된 섬유에 열적특성 및 외기온도변화에 따른 온도제어특성을 조사한 결과, 환경온도가 상승하면 직물에 처리된 마이크로캡슐내의 PCM이 에너지를 흡수하여 인체측의 온도 상승을 억제하고 반대로 환경온도가 상승하면 PCM내에 지니고 있던 에너지를 상변화와 함께 방출함으로써 인체측의 온도하강을 저해한다는 것을 알 수 있었다.

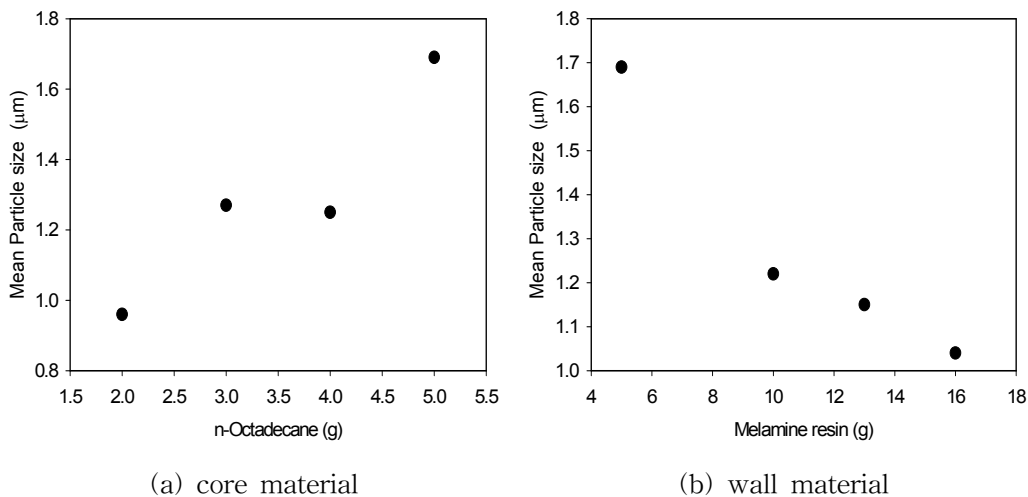
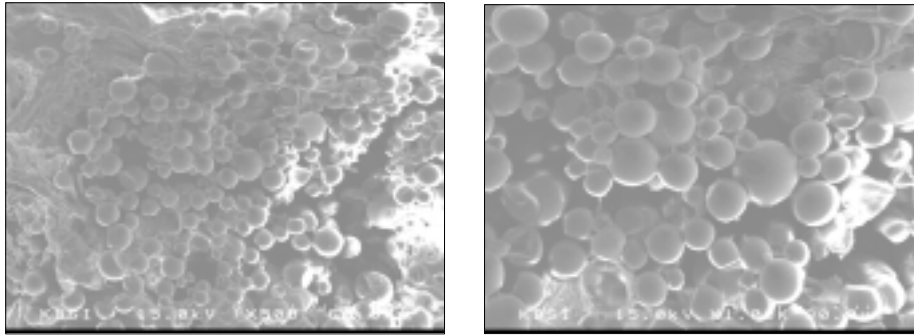


Fig. 2. Particle size of melamine microcapsule prepared with various condition.



**Fig. 3.** SEM photographs of melamine microcapsule containing PCM

### 참고문헌

1. 小松精練(株), *加工技術*, 36(12), 742-745(2001)
2. Shim H., McCullough E. *Textile Research Journal*, 71(6), 495-502(2001)