

# 건물에너지 저감을 위한 PCM/diatomite composites의 제조 및 특성 분석

전지수\*, 정수광\*, 김수민\*\*

\*송실대학교 건축학부 건축환경재료연구실 (skim@ssu.ac.kr)

## Preparation and characteristic analysis of PCM/diatomite composites for building energy saving

Jeon, Ji-Soo\*, Jeong, Su-Gwang\*, Kim, Su-Min\*\*

\*Building Environment & Materials Lab, School of Architecture, Soongsil University (skim@ssu.ac.kr)

### Abstract

This paper deals with the thermal performances of PCM/diatomite composites for energy saving. The PCM/diatomite composites were prepared by incorporating PCMs in the pores of diatomite to increase form stability of PCMs. In experiment, we used the hexadecane, octadecane and paraffin as PCM and they have each 254.7 J/g, 247.6 J/g and 144.6 J/g of latent heat capacity, and those melting points are 20.84 °C, 30.40 °C and 57.09 °C, respectively. Thermal properties of PCM/diatomite composites were determined by using DSC. And PCM/diatomite composites were characterized by SEM and FTIR analysis. The results showed that the PCMs are well infiltrated into the structure of diatomite and the latent heat capacity of PCM/diatomite composites was obtained by 40% of pure PCMs

Keywords : 상변화물질(PCM), 규조토(diatomite), 잠열(latent heat), 건물에너지(building energy), 건축재료(Building materials)

### 1. 서 론

국내·외의 부문별 에너지 사용비중을 살펴 보면 건축물 부문에서 소비되는 에너지가 많은 양을 차지하고 있는 모습을 알 수 있다. 우리나라에서는 최종 에너지소비 중 건축물 부문의 에너지 소비는 20%를 넘어서고 있다 (2008년 기준 22%). 이는 점점 증가 추세를

나타내고 있으며, 산업화가 완료단계에 있는 선진국일수록 산업 부문에 비하여 건축물 부문의 에너지소비 비중은 증가하는 경향을 보이는데, 미국 2008년 기준 48%, EU의 경우 2005년 기준이 37.9%에 달한다. 또한 화석 연료의 고갈 등의 원인으로 국제 유가는 높은 폭으로 상승하고 있으며 수입되는 유류의 많은 부분이 건축물의 냉난방에 쓰이고 있

다. 이와 같은 상황을 고려해 볼 때, 정부에서 제시하고 있는 이산화탄소 감축 목표를 달성하고 국가적인 에너지 절감에 기여를 하기 위해서는 건축물의 에너지 효율을 향상시킬 필요가 있다.

상변화물질(Phase Change Materials; PCM)은 축열의 성능을 이용하는 재료로서 주변의 온도가 상승하면 녹으면서 열을 흡수하고, 주변의 온도가 낮아지면 결정화 하면서 열을 방출하는 축열과 방열성을 반복적으로 나타내는 에너지 저장 물질이다. 어떤 물질이 상전이 될 때 즉, 고체에서 액체(또는 액체에서 고체), 액체에서 기체(또는 기체에서 액체)가 될 때는 열을 흡수하거나 방출하게 되는데 이때의 열을 잠열(latent heat)이라 한다. PCM은 일정한 온도범위에서 잠열에 의한 축열을 하게 되므로 현열에 비해 상당히 높은 열을 저장 할 수 있다. 이러한 잠열의 큰 열 저장/방출 효과를 이용하여 에너지를 저장하거나 온도를 일정하게 유지시키는 목적으로 사용되는 물질을 상변화물질(PCM)이라 한다. 건물에서 PCM은 건축재료로써 건물의 바닥재, 벽재, 천장재 등에 적용 될 수 있으며, 적용된 재료의 온도가 용융점보다 높아질 경우 열을 흡수하여 저장하였다가 용융점보다 낮아지면 저장하였던 열을 방출한다. PCM의 적용으로 인한 이러한 열적 변화는 건물 안에서 주간에는 쾌적 범위 이상으로 올라가는 열을 재료에 저장함으로써 실내온도를 쾌적하게 유지하고 야간에는 재료에서 방출되는 열로써 실내온도를 쾌적범위 이하로 떨어지지 않도록 유지시켜 주는 효과를 발휘함으로써 에너지 저감효과를 가져온다.

하지만 이러한 PCM의 장점에도 불구하고 건축재료에 적용하기 위해서는 상변화에 따른 액체상태 PCM의 유출 현상에 대한 문제점을 해결해야 한다. 따라서 본 연구에서는 PCM을 다공성 물질인 Diatomite에 함침시킴으로써 상안정적 Shape-Stabilized PCM(SSPCM)을 개발하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 재료

실험에 사용된 PCM은 국내 주거건물에 적용하기 위하여 바닥난방 시스템을 사용하는 건축물에서의 재료의 온도분포를 고려하여 선정하였다. 각각 다른 용융점을 갖는 PCM을 선정하여 실내에 설치되는 위치에 따라 각기 다른 온도거동을 나타내는 건축재료로써 적용 될 수 있도록 하였다. 선정된 PCM으로 Hexadecane과 Octadecane은 Celsius Korea의 제품문의 및 기술지원 협조를 통하여 Rubitherm사에서 구입하였고, Paraffin wax는 Sigma-Aldrich company에서 구입하였다. DSC 분석을 통한 세 가지 종류의PCM에 대한 특성은 아래 표 1과 같다.

표 1 PCM의 종류 및 특성

PCM Sample	Melting point (°C)	Latent heat capacity (J/g)
Hexadecane	20.84	254.7
Octadecane	30.40	247.6
Paraffin	57.09	144.6

본 연구에서는 PCM의 상안정을 위한 재료로써 다공성물질인 Diatomite를 선정하여 SSPCM을 제조하였다. Diatomite는 수  $\mu\text{m}$ 부터 수십  $\mu\text{m}$ 의 매우 작은 다공성 물질로 공극률은 60~90% 이다.

### 2.2 실험 방법

본 연구에서는 다공성 물질인 Diatomite의 공극에 PCM을 함침시킴으로써 상안정적인 SSPCM을 제조하였다. 이를 위해 먼저 밀폐된 용기 안에 Diatomite를 담고 진공펌프를 이용하여 공극을 진공상태로 만들었다. 약 90분간의 진공 확보 후 액상의 PCM을 진공내의 Diatomite에 주입시킴으로써 공극내로 PCM이 함침되도록 하였다. 이 후 필터링 및 건조과정을 거쳐 SSPCM을 제조하였다.

제조된 SSPCM은 PCM의 종류와 같이 총 세가지 물질로 표 2와 같다.

표 2 제조된 SSPCM의 종류

Sample	SSPCM
1	Hexadecane/Diatomite SSPCM
2	Octadecane/Diatomite SSPCM
3	Paraffin wax/Diatomite SSPCM

표 2의 세 가지 SSPCM에 대하여 SEM (Scanning Electron Microscope)을 사용하여 미세형태를 촬영하여 분석하였으며, FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectrometer)을 이용하여 물리적 결합상태를 확인하고 제조과정에서의 화학적 변화가 없음을 확인하고자 하였다. 또한, 순수 PCM과 제조된 SSPCM의 잠열량을 측정하여 잠열성능을 확인하고자 DSC (Differential Scanning Calorimetry)분석을 실시하였다.

### 3. 실험 결과

#### 3.1 Diatomite 및 SSPCM의 미세 형상

주사전자현미경을 이용하여 Diatomite를 500배 확대하여 촬영한 이미지를 그림 1(a)에 나타내었다. 그림에서 보이는 바와 같이 미세한 사이즈의 diatomite를 볼 수 있으며 많은 공극을 포함하고 있는 모습을 확인할 수 있다. 또한 Diatomite에 PCM 물질인 Octadecane을 함침 시킨 SSPCM의 500배 확대 SEM 이미지를 그림 1(b)에 나타내었다. 그림 9에 나타난 순수 Diatomite와 달리 함침된 Octadecane으로 인해 공극이 채워진 상태로 확인된다. 그림 1(c)에 나타난 Paraffin을 Diatomite에 함침시킨 SSPCM의 SEM 분석 결과도 마찬가지로 paraffin이 diatomite의 공극에 잘 함침된 모습으로 확인할 수 있다.

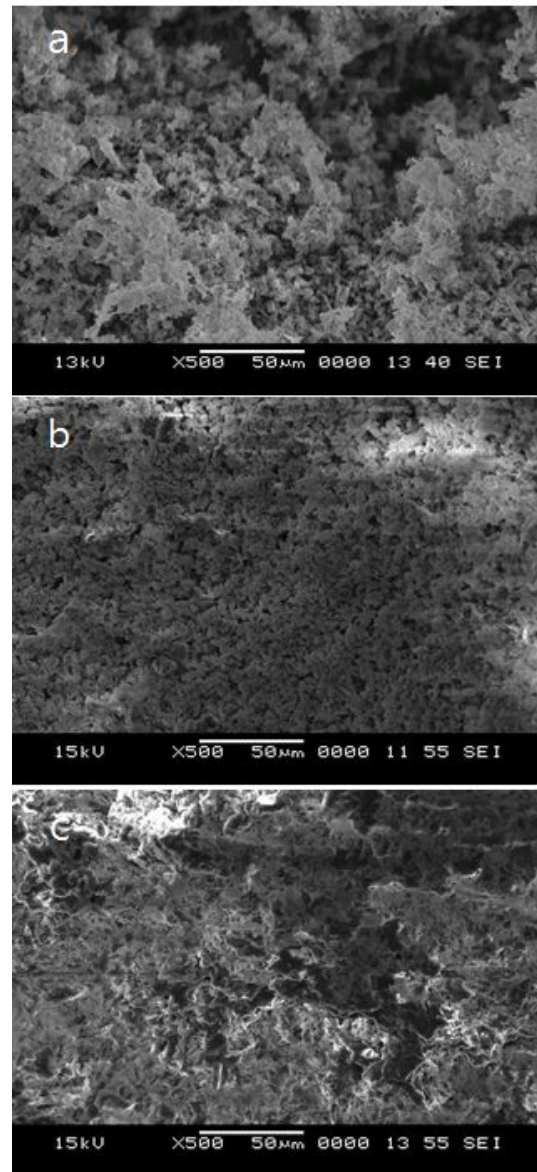


그림 4 SEM 이미지 - a)Diatomite, b)Octadecane/Diatomite SSPCM, c)Paraffin wax/Diatomite SSPCM

#### 3.2 SSPCM의 FT-IR 분석

FT-IR은 분자의 운동에너지, 특히 진동에너지와 회전에너지의 양자화된 특징을 이용하여 2.5~15um 의 Mid-IR(Infra-Red) 에너지를 물질에 투과하여 물질 고유의 흡수스펙트럼을 얻어 물질의 구조 및 특수한 작용기

를 찾을 수 있다. 또한 시료내 특수한 성분의 작용기 양에 따른 흡수도의 증가를 이용하여 정량할 수도 있다. 본 연구에서는 FT-IR을 이용하여 제조된 세 종류의 SSPCM의 물리적 결합상태를 확인하고 제조과정에서의 화학적 변화가 없음을 확인하고자 하였다.

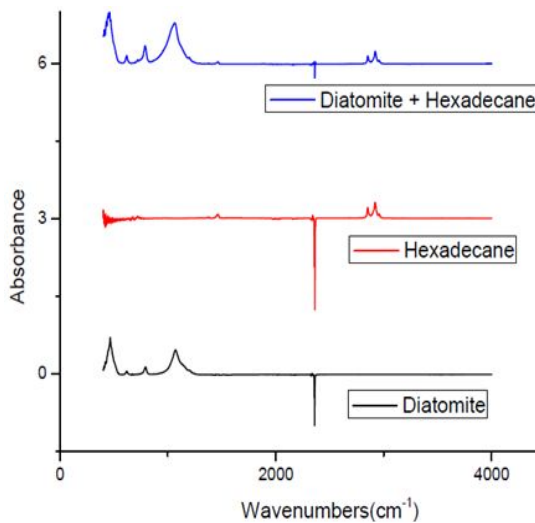


그림 5 Hexadecane/Diatomite SSPCM의 FT-IR 피크

순수 PCM 및 Diatomite에 함침된 SSPCM의 FT-IR의 분석결과를 그림 3에 나타내었다. 그래프에서 나타난 바와 같이 Diatomite와 순수 PCM의 피크점이 각각 화학구성 및 결합의 차이로 인하여 다르게 나타나는 것을 볼 수 있다. 하지만 두가지 물질로 제조된 SSPCM의 경우 두 물질에서 나타난 모든 피크를 포함하고 있고, 새로운 피크점을 보이지 않는 것으로 보아 화학적인 변화 없이 물리적인 결합에 의해 제조되었음을 확인 할 수가 있다.

### 3.3 SSPCM의 축열 성능 분석

순수 PCM과 SSPCM의 잠열량은 DSC 분석을 통하여 측정하였다. DSC 실험을 통해 얻은 샘플의 잠열량은 표 3과 같다.

표 3 SSPCM의 DSC 분석 결과

PCM	Sample Name	잠열량 (J/g)
Hexadecane	Pure Hexadecane	254.7
	Hexadecane/Diatomite SSPCM	120.1
Octadecane	Pure Octadecane	247.6
	Octadecane/Diatomite SSPCM	116.8
Paraffin	Pure Paraffin	144.6
	Paraffin wax/Diatomite SSPCM	61.2

## 4. 결론

본 연구에서는 국내 주거용 건축물의 냉난방 에너지부하 절감을 목적으로 건축재료에 적용 가능한 PCM으로써 Hexadecane, Octadecane, Paraffin wax를 선정하였다. 또한, 상안정화를 위해 다공성물질인 Diatomite에 진공함침법을 이용하여 SSPCM을 제조하고 물리적 특성 및 열적 성능을 평가하였다.

실험 결과, 진공함침에 의한 SSPCM은 고온의 건조과정 후에도 미세한 기공을 갖는 Diatomite의 공극 안에서 모세관현상 및 표면장력에 의해 유출되지 않았으며, SEM 촬영과 FT-IR 분석 결과로 선정된 세 가지 PCM은 각각 Diatomite와 화학적 결합이 아닌 물리적 결합으로서 SSPCM을 형성하여 PCM 고유의 상변화로 인한 잠열저장 능력을 유지하고 있었다. DSC 분석을 통하여 순수 PCM과의 잠열량을 비교해본 결과 진공함침법을 이용한 SSPCM은 약 40%의 잠열성능을 발휘하는 것으로 확인 되었다.

## 후 기

본 논문은 지식경제부/한국산업기술평가관리원 [사업명: 컨버전스 기반의 신재생에너지원 개발을 위한 원천융합기술 인력양성]에 의해 지원되었습니다.

## 참 고 문 헌

1. 정수광, 전지수, 서정기, 김수민 건축물에  
너지 저감을 위한 PCM 적용에 대한 고  
찰, 한국건축친환경설비학회논문집, 5권,  
1호, 2011.3.
2. Sumin Kim and Lawrence T. Drzal,  
High latent heat storage and high  
thermal conductive phase change materials  
using exfoliated graphite nanoplatelets,  
Solar Energy Materials and Solar Cells  
(93) 2009.
3. Jisoo Jeon et al., Application of PCM  
thermal energy storage system to reduce  
building energy consumption, Journal of  
Thermal Analysis and Calorimetry, 2012..
4. Jisoo Jeon et al., High thermal performance  
composite PCMs loading xGnP for  
application to building using radiant floor  
heating system, Solar Energy Materials  
& Solar Cells, 2012.
5. B. Zalba et al., J.M. Marin, L.F. Cabeza  
and H. Mehling. Review on thermal  
energy storage with phase change:  
materials, heat transfer analysis and  
applications, Applied Thermal Engineering  
(23) 2003.
6. A. K. Athienitis and Y. Chen. The effect  
of solar radiation on dynamic thermal  
performance of floor heating systems,  
Solar Energy (69) 2010.
7. A. Felix Regin, S.C. Solanki, J.S. Saini.  
Heat transfer characteristics of thermal  
energy storage system using PCM  
capsules: A review, Renewable and  
Sustainable Energy Reviews (12) 2008.