

## 옥타데칸 함유 마이크로캡슐을 이용한 자동온도조절 직물의 축열·방열성

김정혜, 조길수, 조창기\*

연세대학교 의류환경학과, \*한양대학교 섬유고분자공학과

### Thermal Storage/Release Properties of Thermostatic Fabrics Treated with Octadecane-Containing Microcapsules

Jung Hye Kim, Gilsoo Cho and Chang Gi Cho\*

Department of Clothing & Textiles, Yonsei University, Seoul, Korea

\*Department of Fiber and Polymer Science, Hanyang University, Seoul, Korea

#### 1. 서 론

옥타데칸( $\text{CH}_3[\text{CH}_2]_{16}\text{CH}_3$ )은 상전이 물질(phase change material)이며, 상전이 물질은 상변화를 통해 주변의 온도가 상승하면 녹으면서 열을 흡수하고, 주변의 온도가 낮아지면 결정화(crystallization)하면서 열을 방출하는 축열·방열성을 반복적으로 나타내는 에너지 물질(enthalpic substance)이다[1, 2]. 옥타데칸은 메탄계열 탄화수소로서 파라핀류(paraffins)에 해당된다. 파라핀류에는 탄소수가 18개인 옥타데칸 외에도 탄소수에 따라 다양한 물질로 구분되는데, 이들은 각각 상변화하는 온도대가 다르다. 파라핀류는 축열·방열량이 크고 안정적이며 과냉각현상이 없이 응고하는 장점이 있다[3]. 따라서 이 특성을 의복에 도입한다면, 외부환경 변화에 인체가 쾌적하다고 감지하는 영역의 온도대를 축열·방열성을 통해 능동적으로 유지할 수 있는 자동온도조절 직물의 제조가 가능하다.

본 연구에서는 약 28~30℃에서 상전이가 일어나는 옥타데칸[3]을 심물질로 하는 우레아(urea)캡슐을 에멀전 시스템(emulsion system)으로 계면중합하여 합성하고, 제조된 캡슐을 예비실험을 통해 설정된 열처리 온도와 시간 조합, 농도, 그리고 계면활성제 농도와 같은 다양한 가공조건 하에서 면직물과 폴리에스테르직물에 처리한 후, 축열·방열성을 고찰하였다.

#### 2. 실험

##### 2.1. 시 료

시료는 정련, 표백된 100% 면직물(스테인플사, 평직, 0.19mm, 72g/m<sup>2</sup>)과 폴리에스테르직물(필라멘트사, 평직, 0.13mm, 70g/m<sup>2</sup>)을 사용하였다.

##### 2.2. 가공제 합성

본 연구의 마이크로캡슐은 선행연구[4]에 준하여 계면중합방법으로 제조하였다.

cyclohexane(시약 1급)에 octadecane(순도99%,Aldrich)과 toluene-2,4-diisocyanate(TDI, Aldrich)를 넣어 유기상(oil phase)을 만든 후, 계면활성제 NP-10, nonylphenoxypropyl polyethoxyethanol, Sigma Chemical)가 녹아있는 증류수에 투입하고 300rpm으로 교반하여 유화시킨다. 이 유화용액에 diethylene-triamine(DETA, Aldrich)을 서서히 투입하여 300rpm으로 교반하면서 60℃, 90분간 반응시켜 합성하였다. 합성된 마이크로캡슐은 거름종이로 거른 후 증류수로 수세하여 진공 건조하였다. 마이크로캡슐은 심물질과 벽물질의 부피비가 1:1이었고 자세한 특징은 Table 1과 같다.

**Table 1.** Characteristics of octadecane<sup>a1</sup>-containing microcapsule synthesizes for this study

Size(μm)	T <sub>m</sub> <sup>b1</sup> (℃)	T <sub>c</sub> <sup>c1</sup> (℃)	ΔH <sub>f</sub> <sup>d1</sup> (J/g)	ΔH <sub>c</sub> <sup>e1</sup> (J/g)
1-2	31.9	25.8	54.8	51.4

- a) Octadecane - T<sub>m</sub> : 28~30℃, ΔH<sub>f</sub> : 232 J/g, Boiling point : 317℃ Density : 0.777
- b) T<sub>m</sub> : melting temperature c) T<sub>c</sub> : crystallization temperature
- d) ΔH<sub>f</sub> : heat of fusion e) ΔH<sub>c</sub> : heat of crystallization

**2.3. 가공 방법**

가공액은 마이크로캡슐과 아크릴계 바인더(koplex TF-125)를 혼합한 후 수성 증점제(Pugang Co., Ltd)로 9,000 센티포오즈(centipose)의 점도로 제조하였다. Figure 1과 같이 가공액은 나이프 오버 롤(knife over roll) 코팅 방법에 의해 직물에 처리 된 후, 베이킹 장치(Daiei Kagaku Seiki Mfg. Co., Ltd)에서 열처리되었다. 코팅된 시료의 부가량은 아래의 식으로 계산되었다.

$$\text{add-on} = \frac{a-b}{b} \times 100 (\%)$$

a : 가공 후 시료의 무게 b : 가공 전 시료의 무게

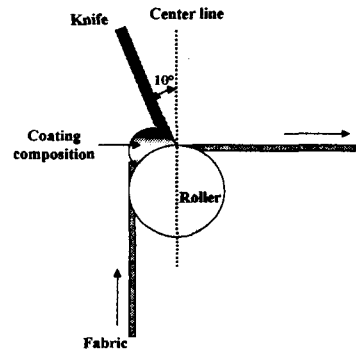
**열처리 온도와 시간 변화 :** 예비실험을 통해 설정된 40℃에서 10분, 60℃에서 8분, 80℃에서 5분, 100℃에서 2분에서 처리하되, 바인더 대비 마이크로캡슐의 농도는 25%로 고정하였다.

**바인더 대비 마이크로캡슐 농도 변화 :** 예비실험을 통해 설정된 5, 10, 25, 40%의 가공액으로 가공방법대로 처리하되, 열처리온도와 시간은 60℃에서 8분으로 고정하였다.

**계면활성제 농도 변화 :** 캡슐의 부착량을 증진시키기 위하여 마이크로캡슐의 농도가 25%로 고정된 가공액에 마이크로캡슐 무게의 0.1, 0.5, 1%의 비이온계 계면활성제(Triton X-100, Duksan Pure Chemical Co., Ltd)를 첨가하여 직물에 가공방법대로 처리한 뒤 60℃에서 8분간 열처리하였다.

**2.4. 축열 · 방열성 평가**

시차주사열량기(differential scanning calorimeter, DSC, seiko Instrument Lnc., Japan)를 이용하여 10℃/min의 변온속도로 축열성은 -10~50℃에서, 방열성은 50~-10℃에서 측정하였다.



**Figure 1.** Knife over roll coating method used for this study

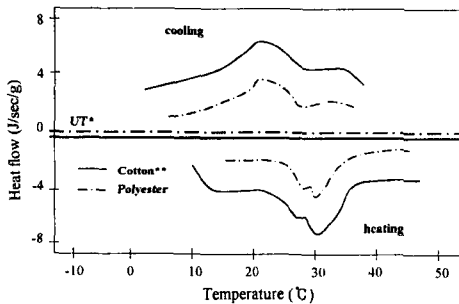
### 3. 결과 및 논의

#### 3.1. 미처리시료와 처리시료의 축열·방열성 비교

미처리 시료는 전혀 피크가 나타나지 않았던 반면, 바인더 대비 마이크로캡슐의 농도가 25%의 가공액으로 60°C에서 8분간 열처리한 면직물과 폴리에스테르의 DSC 곡선은 가온 시에는 용융으로 인한 흡열피크(endothermic peak)와 냉각 시에는 결정화로 인한 발열피크(exothermic peak)가 나타났다(Figure 2). 이때 흡열이 나타나는 온도는 약 27~30°C이었고 발열이 나타나는 온도는 18~20°C이었으며 이 온도 범위는 의복을 착용하고 있을 때의 환경온도에 해당한다.

#### 3.2. 열처리 온도와 시간에 따른 축열·방열성 비교

예비실험을 통해 설정된 열처리 온도와 시간 조합으로 바인더 대비 마이크로캡슐의 농도가 25%로 통제된 가공액으로 처리한 면직물과 폴리에스테르직물의 축열량과 방열량은 Table 2와 같다. 두 직물 모두 최대의 축열·방열량을 보인 온도는 60°C, 8분이며 열처리 온도가 상승할수록 열량값은 감소하는 경향을 보였다.



\* UT : untreated fabric  
 \*\* Cotton : 68% add-on, Polyester 40% add-on

Figure 2. Comparison of DSC scanning of untreated and treated fabrics

Table 2. Effect of cure condition on thermal properties of fabrics treated with 25% microcapsules concentration

Cure Temp / Time		T <sub>m</sub> (°C)	T <sub>c</sub> (°C)	ΔH <sub>f</sub> (J/g)	ΔH <sub>c</sub> (J/g)
40°C / 10 min	C*	30.85	20.56	5.20	4.80
	P**	30.68	20.10	2.80	2.70
60°C / 8 min	C	30.87	22.16	<b>5.75</b>	<b>4.95</b>
	P	30.67	20.36	<b>3.20</b>	<b>3.10</b>
80°C / 5 min	C	27.91	19.20	1.90	1.45
	P	27.09	19.10	1.80	1.80
100°C / 5 min	C	27.01	19.19	1.43	1.00
	P	27.20	19.00	0.21	0.20

#### 3.3. 바인더 대비 마이크로캡슐 농도에 따른 축열·방열성 비교

가공액 내에 바인더 대비 마이크로캡슐의 농도가 5, 10, 25, 40%이고 열처리 온도를 60°C, 8분으로 모두 동일하게 하였을 때의 면직물과 폴리에스테르직물의 축열·방열량은 Figure 3과 같이 마이크로캡슐의 농도가 증가할수록 두 직물 모두 축열·방열성도 함께 증가하였다. 면직물의 경우는 축열량이 1.00~8.40 J/g, 방열량은 1.25~8.00 J/g의 분포를 보였고 폴리에스테르직물은 각각 0.30~5.70 J/g, 0.20~5.60 J/g이었다.

#### 3.4. 계면활성제 첨가에 따른 축열·방열성 비교

마이크로캡슐의 부착량을 증진시키기 위해 가공액 내에 계면활성제를 첨가하였을 때 면직물과 폴리에스테르직물의 축열·방열성 변화를 살펴보았다. 바인더 대비 마이크로캡슐의 농도가 25%인 가공액에 마이크로캡슐의 무게에 대해 0.1, 0.5, 1%의 계면활성제를 첨가한 후 60°C에서 8분간 열처리 한 시료의 축열·방열량의 변화를 보았다. 계면활성제의 농도가 증가할수록 축열·방열량도 함께 증가하는 양상을 보였으며 폴리에스테르직물의 경우가 상승폭이 더 컸다(Figure 4). 계면활성제의 농도가 0.1, 0.5, 1%를

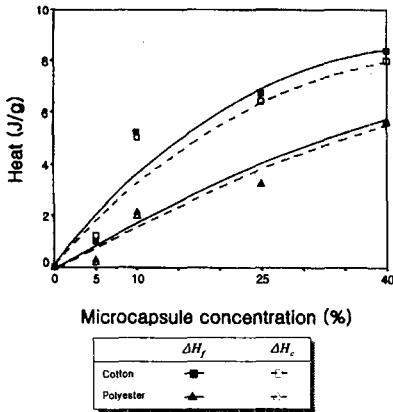


Figure 3. Thermal properties of fabrics treated with 60°C, 8 minutes cure condition at different microcapsules concentration

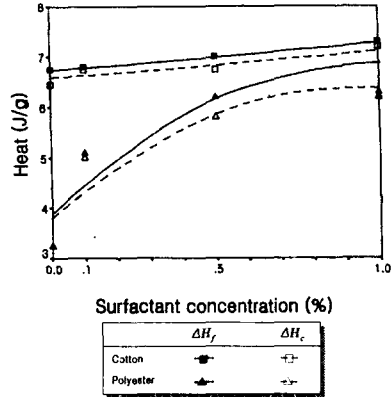


Figure 4. Thermal properties of fabrics treated with 60°C, 8minutes cure condition and 25% microcapsule concentration at each surfactant concentration

첨가하였을 때의 면직물의 축열량은 6.8, 7.0, 7.3 J/g 이었고 폴리에스테르직물은 5.1, 6.2, 6.3 J/g이었다.

#### 4. 결론

상전이 물질인 옥타데칸을 함유하는 마이크로캡슐을 열처리와 온도 조합, 바인더 대비 마이크로캡슐의 농도, 계면활성제 첨가와 같은 다양한 가공조건하에서 면직물과 폴리에스테르직물에 처리한 후 축열·방열성을 고찰하였다. 면직물과 폴리에스테르직물 모두 40~100°C에서 흡열 및 발열 현상을 보여 옥타데칸 함유 마이크로캡슐의 축열·방열성을 직물에서도 확인할 수 있었으며 두 시료 모두 60°C, 8분에서 열처리하였을 때, 최고의 축열·방열성을 보였다. 두 직물 모두 바인더 대비 마이크로캡슐 농도가 5% 이상에서부터 흡열 및 발열 현상을 보여 옥타데칸의 축열·방열성을 확인하였는데, 이는 마이크로캡슐의 농도와 비례하여 증가했다. 계면활성제를 첨가할 경우, 축열·방열성과 부가량이 상승하였으며 폴리에스테르직물이 면직물보다 더 효과적이었다.

#### 5. 참고문헌

- 1) J. S. Bruno and T. L. Vigo, *Text. Chem. Color.*, **20**(3), 17(1988)
- 2) R. C. Brown, J. D. Rasberry, and S. P. Overman, *Powder Technology*, **98**, 217(1998)
- 3) D. V. Hale, M. J. Hoover and M. J. O'Neill, "Phase Change Materials Handbook", NASA Contractor Report NASA CR-61365, NASA Marshall Space Flight Centre, Alabama, 1971.
- 4) J. S. Cho and C. G. Cho, "Proceedings of the Korean Textile Conference", p. 77, Deajeon, 2000.

#### 감사의 글

본 연구는 한국과학재단의 우수여성과학자도약연구 (과제번호 : R04-2001-00252)의 연구비 지원으로 수행되었으며 연구비 지원에 감사드립니다.