Journal of the Korean Society of Dyers and Finishers
Vol. 19, No. 1, pp. 24~30(2007. 2)

〈연구논문(학술)〉

상전이 마이크로캡슐이 함유된 고기능성 축열·발열 직물의 제조 및 물리적 특성 : 습식코팅

구 강[1]·최종덕[1]·최종석[2]·김은애·박영미*

[1]영남대학교 섬유패션학부, [2]미광다이텍(주), 연세대학교 의류환경학과

Preparation and Physical Characteristics of High-Performance Heat Storage · Release Fabrics with PCMMc : Wet coating process

Kang Koo[1], Jong Deok Choe[1], Jong Suk Choi[2], Eun Ae Kim and Young Mi Park*

[1]School of Textiles, Yeungnam Univ., Gyeongsan, Korea, [2]Mi Kwang Dyetech Co., Ltd., Daegu, Korea
Dept. of Clothing & Textiles, Yonsei Univ., Seoul, korea

(Received January 5, 2007/Accepted February 12, 2007)

Abstract— Heat storage/release system in textile is a useful tool to increase energy efficiency and enhance comfortable microclimate of clothing. Phase change materials(PCM) are used in regulating storage and release properties of thermal energy. To investigate the temperature regulating ability of fabrics with PCM microcapsule(PCMMc), Nylon fabrics were coated with PCMMc via wet processing and they were characterized by SEM, DSC and infrared thermal analyzer. Also, water moisture transpiration, water penetration resistance, peel strength and washing durability of the fabrics were assessed. The water vapor permeation and water penetration resistance decreased with increasing PCMMc content. In DSC analysis, it can be seen that the microencapsulated fabric showed both exothermic and endothermic phenomena at specific temperature. Peel strength was decreased with increasing PCMMc content.

Keywords: *Phase change materials, Microencapsulation, Heat storage, Heat release, water moisture transpiration, water penetration resistance*

1. 서 론

의류용 섬유제품은 고유의 기능인 보온성을 비롯하여, 태나 착용감, 또는 패션에 부응하는 다양한 성능이 요구되고 있다. 섬유·직물의 보온기능은 경량·보온과 축열·보온 그리고 발열 등이 중요한 기능으로 인식되고 있는데, 겨울 스포츠의류를 비롯한 방한복은 보온뿐 아니라 적극적인 축열이 요구된다.

의복내 열의 이동은 전도, 대류, 복사에 의해 이루어지는데, 보온성을 높이기 위해서는 극세직물 및 이형(異形) 중공섬유를 사용하여 열전도율이 낮은 공기의 함유율을 높임으로써 전도 및 대류에 의한 열 이동을 감소시키거나 직물표면에 알루미늄 등의 열반사율이 높은 금속층이나 상전이 물질(PCM)로 마이크로캡슐을 도포하여 복사에 의한 열 이동을 감소시킴으로써 보온성을 향상시킬 수 있다[1,2].

섬유제품의 보온성에 관한 관심과 기술개발을 위한 연구는 이미 오래전부터 이루어져 왔으며, 일반적으로 섬유제품의 보온성을 향상시키는 방법으로는 주로 단열에 의한 보온효과를 생각해 왔으나 최근에 축열·보온 소재는 기존 보온가공의 개념을 전환·발전시킨 것이라 할 수 있다. 축열·보온섬유의 정의는 다소 불명확하지만, 주로 다음

*Corresponding author. Tel.: +82-2-2123-4654; Fax: +82-2-312-8554; e-mail: ympark9397@hanmail.net

과 같은 기능이 조합되어져 있다고 할 수 있다.

즉, 세라믹과 천이금속화합물 및 금속산화물 등의 재료에 의한 외부로부터 빛과 열, 즉 전자파(주로 가시광선)를 효율적으로 잘 흡수시켜 일부는 장파장의 전자파(적외선)로 변환시키거나, 인체로부터 방사되는 열선(적외선) 또는 파장변환해서 반사하거나, 섬유 스스로 발열해서 인체를 따뜻하게 하는 방법으로 예를 들면 양모의 흡습발열 등이 있다.

축열·보온 가공(thermal storage and warmth proofing)은 합성섬유 제조기술을 바탕으로, PCM, 세라믹 및 원적외선에 관한 연구 등이 조합하여 이루어진 것으로, 일본을 중심으로 원사제조 및 섬유가공업체들이 앞을 다투어 이를 응용한 축열·보온 가공제품을 개발·생산하고 있다. 이 가공제품들은 물성이 양호한 합성섬유 제품에 축열·보온 기능을 추가하여 상품으로 개발되고 있으며, 더구나 health-care 기능도 부여되는 특성이 있다. 1988년 태양광열섬유 "Solar-α"(유니티카, 데산트)가 캘거리 동계올림픽에서 채택되면서부터 축열·보온 섬유의 개발은 급격히 발전되어, 현재 PCM을 이용한 축열·보온섬유는 Outlast, Comfortemp사 등에서 제품이 생산되고 있다. 국내에서는 생산에 어려움이 있어 적외선 방산소재 뿐만 아니라, 가공기술면에서도 한국이 국제경쟁력을 갖기 위해서는 필히 보유해야 할 기술이며, 이는 well-being붐에 힘입어 레저산업에서의 고부가가치 의류소재로서도 필수적인 소재로서 연구개발이 기대된다[3-5].

한편, 투습방수 소재는 수분을 통과시키고 물은 스며들지 않게 하여 비나 눈에 젖지 않고 땀은 배출시켜 체온조절을 돕고 쾌적감을 유지하도록 하는 직물로서, 1970년대 도입된 투습방수소재는 현재 기술적으로는 성숙기에 있다고 할 수 있다. 레저스포츠의 대중화로 인한 레저 스포츠웨어의 수요증가 뿐 아니라, 일반 의복용으로 사용범위가 확대되어 투습방수소재에 대한 수요는 더욱 늘어날 것으로 생각된다[6]. 투습방수코팅직물의 투습방수 기능을 유지하면서 보온성을 부여하기 위해서는 직물의 코팅시 코팅수지에 보온재를 첨가하여 코팅하는 방법이 주목받고 있다. 그 중 PCM은 주변 온도가 상승하면 열을 흡수하고, 주변 온도가 낮아지면 결정화하면서 열을 방출하는 축열·발열 특성을 나타내는 물질로[7], 상변화에 따라 열을 방출하거나 흡수하는 과정에서 쾌적성을 기대할 수 있다.

이와 같이 스키복, 방한복 등 겨울 스포츠 의류에 있어서 보온성은 매우 중요하며, 투습성 및 방수성 등 기존 소재의 장점을 유지하면서 동시에 인체의 쾌적감을 유지할 수 있는 기능성소재의 개발이 요구되어짐에 따라[8], 본 연구에서는 발수가공된 나일론직물에 대하여 투습방수코팅 가공시, 코팅수지에 마이크로캡슐화한 PCM을 별도의 바인더를 사용하지 않고 직접 첨가하여 습식코팅법에 의해 제조한 다음, 제조된 기능성 직물의 표면특성, 투습도 및 내수압 등의 물성에 관하여 평가하였다. 특히, 기존의 동계 스포츠웨어에서는 보온을 위한 두꺼운 솜형태의 충전재 사용으로 인하여 경량성에 문제가 있었지만, 본 연구에서 개발된 축열·보온 소재를 응용할 경우 마이크로캡슐화한 상변화물질의 온도조절기능을 통해 이러한 문제를 해결할 수 있을 것이며, 이 분야에 대한 응용이 크게 기대된다.

2. 실 험

2.1 재료

직물로는 선발수처리와 CIRE가공한 나일론(경사 70D FD 155 × 위사 160D FD ATY 70)을 사용하였다. 코팅용수지는 습식기공형 PU(polyurethane) 수지인 MP-840K(강남화성), HW-2080G(한원정밀화학)를 사용하였고, 수지의 용제로는 N,N-dimethyl-formamide(DMF)을 사용하였다.

소광제(OK-412, ACEMATT, Germany), 계면활성제(SD-8I, SD-17B, 대명인켐), 분산제(DC-200, 부강교역), 습식가교제(DC-W, 대명인켐) 등을 사용하였다. Mikiliken사의 액상 마이크로캡슐(PMCD--28)은 PU수지와의 겔형성으로 코팅자체가 불가능하고, 분말 마이크로캡슐(PMCD-25)은 원단과의 접착력 저하와 건조(120~160℃)시 다량의 연기발생으로 코팅에 어려움이 있다. 따라서 J&S TECH사로부터 제공받은 분말상태의 KL-839(*Tm*:28℃, 5~30㎛)을 사용하였다.

2.2 코팅방법

PU 수지인 840K와 2080G를 7:3으로 혼합한 후 계면활성제, 소광제 등을 적당량 첨가하여 코팅액을 조제하였다. 이 코팅액에 PU수지에 대한 무게비가 10, 20, 30%가 되도록 PCM마이크로캡슐을 첨가하여 완전히 혼합될 때까지 교반하여 코팅액을 조제하였다. 조제된 코팅액은 탈포기(SW-150L, 대신기계)로 기포를 제거한 후 봉으로 코팅을 하고 다량의 물에 5분간 침지시켜 DMF와 물을

치환시켜 코팅액을 응고시킨 후 잔류 DMF를 수세를 통해 제거한 다음, mangle로 수분을 1차 제거하고 160℃에서 90초간 열처리하였다(Fig. 1).

2.3 SEM(Scanning Electron Microscope)

코팅된 직물표면의 형태학적 변화를 분석하기 위하여, 시료를 백금으로 진공증착한 후, 주사전자현미경(Hitachi S-4200, Japan)을 사용하여 가공한 직물의 표면과 단면을 500배로 확대하여 관찰하였다.

2.4 내수압 및 투습도

내수압은 ISO 0811에 따라 10,000mmH_2O까지 내수압 측정이 가능한 FX3000 Hydrostatic Head Tester(TEXTEST, 스위스)를 사용하여 측정하였다. 투습도는 ASTM E 96-95에 의해서 LH20-11VP (Nagano Co., 일본) 항온항습조를 사용하여 $CaCl_2$법으로 측정하였다. 온습도조절은 32℃±2, 50±5%RH 조건에서 증류수 42ml를 사용하였다.

2.5 열분석

DSC(Instrument 2010, Dupont, USA)를 사용하여 질소분위기에서 승온속도 10℃/분으로 0℃에서 50℃까지 상승시킨 후, 3분간 유지시킨 다음, 다시 10℃/min 하강시켜 0℃까지 냉각하였다. 심물질인 PCMMc 분말과 PCMMc를 처리한 직물의 상전이 온도에 따른 융점, 결정화온도 및 열량을 측정하였다.

2.6 온도분포특성

열화상 카메라(TH41-464, NEC)를 이용하여 센서감도 0.06°C(Max. 0.03°C), 측정파장 8 ~ 14㎛, 코팅된 시료와 카메라와의 거리 45cm, 온도 23℃, 상대습도 50%의 조건하에서 손바닥으로 코팅된 표면을 2분간 눌러 열을 가한 후 손바닥을 떼고 열화상 카메라로 촬영하였다.

2.7 박리강도

ASTM D 2724법에 의하여 Instron Micro-350 (Testometric Co., England)을 이용하여 측정하였다.

2.8 세탁내구성

ISO-6330(6A법)에 의하여 국내 LG사의 드럼세탁기(WD-R801B)를 이용하여 합섬코스(세탁-헹굼-탈수)로 5회 세탁한 후, 내수압과 접착력을 측정하였다. 1회 세탁조건은 세탁 14분, 헹굼 19분, 탈수 19분을 반복하여 72분간이었으며, 온도 40℃, 회전속도는 800rpm이었다.

coating solution
(PU/Dyestuff/DMF/additives/PCMMc = 100/10/35/5/0,10,20,30)
⬇
coating (0.15~0.2mm gap pole)
⬇
coagulation (removing DMF)
⬇
squeeze with mangle(removing residual water)
⬇
drying(160℃, 90sec)

Fig. 1. PCMMc coating process on nylon fabrics.

3. 결과 및 고찰

3.1 PCM 마이크로캡슐의 특성

각 제조회사로부터 제공받은 PCM에 대하여 PU 수지와의 상용성 및 코팅작업 공정성을 확인한 결과, J&S TECH의 KL-83 마이크로캡슐은 상용성과 접착력은 양호하나 코팅면이 고르지 않고 평활성이 불량하며 쉽게 분산이 되지 않는 단점이 있었지만, 다른 물성에는 큰 영향이 없으므로 본 연구에서는 KL-83을 사용하였다.

Fig. 2는 축열·보온 소재인 PCM 마이크로캡슐의 흡열 및 발열량을 DSC로 측정한 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 24.6℃ 정도에서 녹기 시작하여 28.2℃에서 최고값을 나타내고, 이때의 흡열량은 92.6J/g인 것을 알 수 있다. 결정화시는 23.0℃에서 결정화하기 시작하여 16.3℃에서 최고값을 나타내었고 이때의 발열량은 117.6J/g인 것을 확인할 수 있었다. 이는 주변 온도가 상승하면 녹으면서 열을 흡수하고, 주변 온도가 낮아지면 결정화하면서 열을 방출하는 PCM의 축열·발열 특성을 나타내며, 상이 변화하면서 열을 방출하거나 흡수하는 과정에 의해 외부의 온도가 변화하면 보온 또는 냉각효과를 기대할 수 있다. 또한 마이크로캡슐화함으로써 표면적을 증가시켜 열의 흡수 및 방출속도를 빠르게 하여 섬유에 처리할 경우, 외부 또는 인체의 열에 의해 상변화를 일으키면서 인체의 적정 체온을 유지하는 고기능성 섬유소재의 제조가 가능하게 된다.

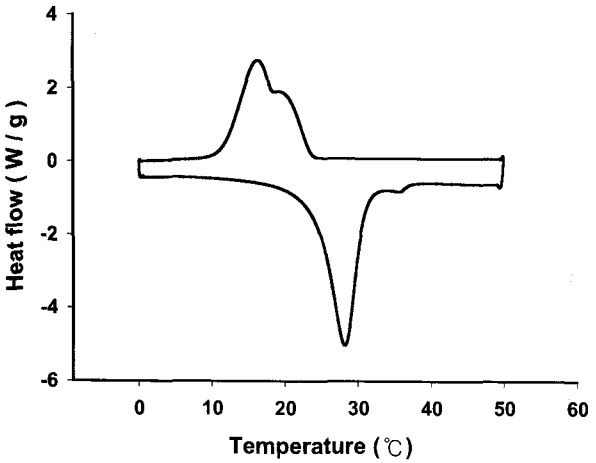

Fig. 2. DSC curves of received PCMMc powder.

3.2 표면특성

Fig. 3과 4는 각각 PCM 마이크로캡슐를 첨가한 코팅액으로 투습발수가공한 직물의 평면과 단면을 관찰한 결과이며, 평면 및 단면에서 각각 PCM 마이크로캡슐을 확인할 수 있다. 표면에서는 고르게 분산되지 않은 점이 있으나, 표면에 불규칙한 다공과 둥근 캡슐의 관찰이 가능하고 PCM 마이크로캡슐의 농도에 따라 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 단면사진에서도 직물표면의 코팅층에 PCM 마이크로캡슐이 많이 부착되어 있는 것을 확인할 수 있고, 표면에서보다 좀 더 규칙적으로 부착량이 증가되는 것을 알 수 있다.

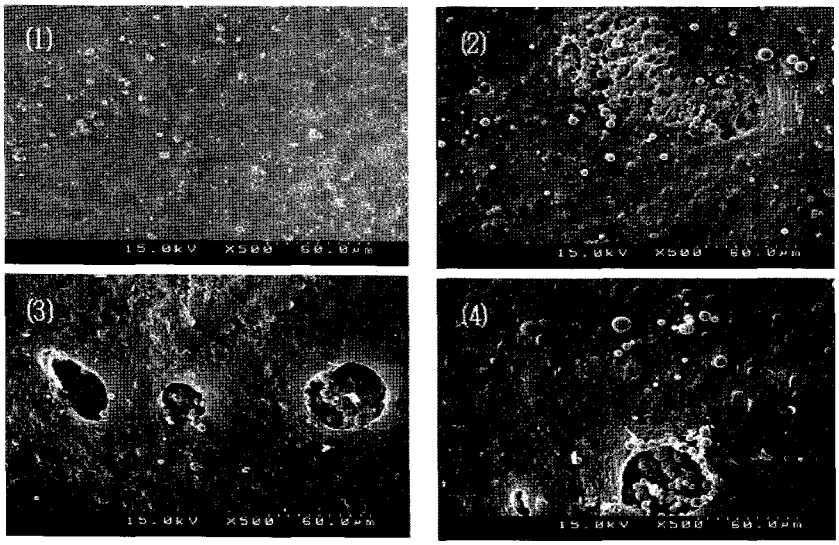

Fig. 3. SEM photographs of coated nylon fabrics with PCMMc. (1) control (2) PCMMc 10% (3) PCMMc 20% (4) PCMMc 30%

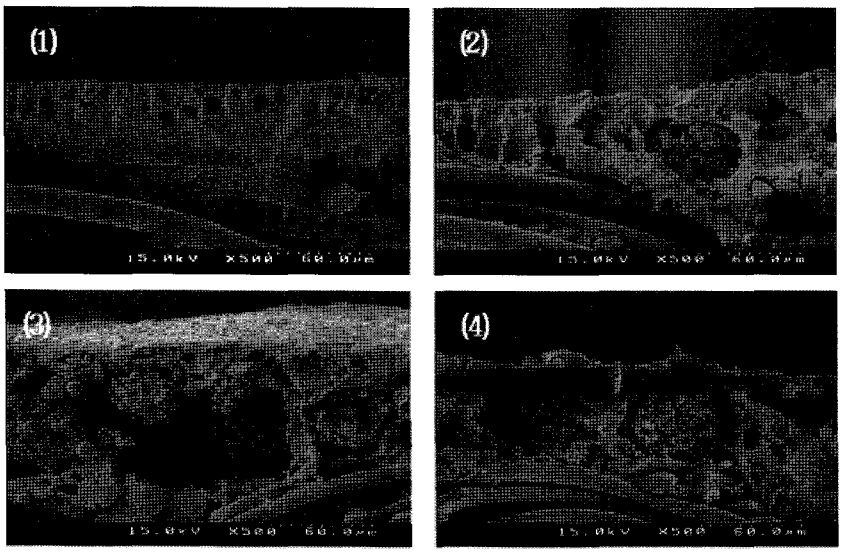

Fig. 4. SEM photographs (cross section) of coated fabrics with PCMMc. (1) control (2) PCMMc 10% (3) PCMMc 20% (4) PCMMc 30%

3.3 DSC를 통한 PCM 마이크로캡슐의 첨가량에 따른 축열 · 발열량 분석

PCM 마이크로캡슐의 첨가량을 10, 20, 30%로 증가시켜 코팅한 직물의 온도에 따른 흡열량과 발열량을 측정한 결과를 Table 1에 나타내었다. PCM마이크로캡슐의 첨가량에 상관없이 PCM의 융점인 28℃부근에서 최고값의 피크를 나타내고 있는 것을 Table 1에서 확인할 수 있다. 흡열량은 미처리 시료에 비하여 PCM 마이크로캡슐의 첨가비가 10%인 시료는 7.9J/g, 20%인 시료는 11.3J/g, 30%인 시료는 19.0J/g로 PCM 마이크로캡슐의 첨가량이 많을수록 높은 흡열량을 나타내었다. 발열량도 PCM 마이크로캡슐의 첨가량이 증가함에 따라 미처리 시료에 비하여 각각 10, 20, 30% 첨가일 때 9.9J/g, 14.1J/g 및 22.2J/g을 나타내었다. 이는 PCM의 축열 · 발열 작용에 의한 축열 · 발열량의 증가결과로서, 이러한 작용으로 인해 외부환경의 변화나 인체 피부온도의 변화에 의해 상변화가 일어나면, 상변화에 따른 열흡수나 열방출로 냉각 및 보온 효과를 제공하여 인체가 쾌적함을 느낄 수 있을 것으로 기대된다. 한편, Fig. 1의 결과로부터 PCM 분말의 순수한 흡열량이 상전이온도인 28℃ 부근에서 92.6J/g의 높은 흡열량을 나타낸데 반해, 직물에 코팅한 후는 최대 흡열량이 19.1J/g으로 상당히 낮고, 발열량 또한 PCM분말이 117.6J/g인데 반해 직물에 처리하면 22.2J/g로, 이는 직물에 코팅된 PCM 마이크로캡슐의 부착량의 차이 때문에 나타난 결과로서 30% 농도를 부착하였을 경우 이러한 값을 나타내는 것은 상당히 높은 흡열/발열량으로 해석된다. 따라서 습식, 건식 또는 습건식과 같은 코팅방법의 차이 및 PCM의 종류, 마이크로캡슐의 크기 등이 직물의 열조절에 미치는 영향이 클 것으로 생각된다.

3.4 내수압 및 투습도

일반적으로 기능성을 강조하는 투습방수용 직물로서의 내수압은 1,000mmH_2O 이상, 투습도는 3,000g/㎡/day이면 상업적으로 문제가 없다. PCM 마이크로캡슐의 첨가에 따른 내수압과 투습도를 Table 2에 나타내었다. 내수압은 PCM 마이크로캡슐의 첨가비율이 증가할수록 저하하는 현상을 나타냈다. SEM 사진에서 보면 PCM 마이크로캡슐이 첨가된 직물은 표면에 도입된 불규칙한 다공이 내수압의 저하를 일으키는 것으로 생각된다. 또한 Table 2에서와 같이 미처리 나일론의 투습도는 7,548mm이지만 PCM 마이크로캡슐을 첨가함에 따라 10%가 함유되었을 때는 7,039mm 정도의 매우 높은 값을 나타내지만, 20%, 30%로 함유량이 증가함에 따라 꾸준히 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 습식가공시 투습을 결정짓는 폴리우레탄의 미세기공이 PCM 마이크로캡슐 분말로 채워져 다공을 일부분 막기 때문에 투습성능이 저하되는 것으로 생각된다. 그러나 30%의 비교적 고농도의 PCM마이크로캡슐이 첨가되어도 내수압 및 투습도가 각각 6,445mm와 800g/㎡로서 투습방수용 직물로 사용항 것으로 사료된다.

Table 1. Heat capacity of thermal release · storage PCM microencapsulatated nylon fabrics

PCMMc (%)	T_c (℃)	Thermal release capacity (J/g)	T_m (℃)	Thermal storage capacity (J/g)
Control	-	5.4	-	5.4
10	28.2	7.9	20.8	9.9
20	27.6	11.3	20.6	14.1
30	28.3	19.1	20.4	22.2

Table 2. Water moisture transpiration and water penetration resistance of PCM microencapsuled nylon fabrics

PCMMc (%)	Water moisture transpiration (g/㎡/day)		water penetration resistance (mmH_2O)
	before washing	after washing	
Control	3,700	2,300	7,548
10	2,100	1,100	7,039
20	1,300	800	6,954
30	800	500	6,445

따라서 의복의 쾌적성을 고려한 경우, 본 연구에서 사용된 PCM 분말을 이용한 코팅기술을 적용함에 따라 내수압이 감소하지 않으면서 투습성능이 우수한 열조절물질이 첨가된 기능성 소재의 개발이 기대된다.

3.5 온도분포 특성

PCM마이크로캡슐 코팅된 직물의 표면온도를 측정하기 위하여 화상카메라를 사용하여 시간의 변화에 따른 온도변화를 관찰하였다. 적외선은 전자파의 일종이며 눈에 보이지 않고 공기 중에서 그 투과력이 가시광선보다 크고 열작용과 형광작용을 갖고 있다. 적외선 영역의 빛이 물체에 조사되면 물체 내에 흡수되어 발열현상을 일으키며, 이 발열현상은 물체의 가열, 건조에 이용된다. Fig. 5는 물체 자체에서 나오는 적외선을 받아서 열정보를 검출하는 열화상 카메라를 사용하여 PCM 마이크로캡슐 코팅된 나일론 직물과 미처리 직물의 적외선 방사율을 분석한 결과로서, 보온특성이 다르다는 것을 확인 할 수 있다. PCM마이크로캡슐의 양이 증가되어 그 성능이 발휘되는 시료는 열원이 제거되면 기준 시료보다 좀 더 천천히 온도가 감소하는 것을 확인할 수 있으며, 열원을 제거한 후 동일한 시간동안 방치하였을 때 미처리시료보다 1~3℃정도나 높게 유지됨을 알 수 있다. 따라서 PCM마이크로캡슐 코팅에 의해 의복이 제조되었을 때 축열로 인한 온도유지가 가능하여 인체의 보온과 관련하여 상당한 효과가 있을 것으로 기대된다.

3.6 박리강도

PCM 마이크로캡슐 코팅면과 나일론직물과의 부착성능과 의복으로서의 사용가능성을 알아보기 위하여 박리강도를 측정한 결과를 Table 3에 나타내었다. PCM 마이크로캡슐의 사용량에 따라 박리강도의 변화를 알 수 있는데, 박리강도는 여러 가지 요인(접착제, 박리정도, 보호제 등)에 따라 접착성을 향상시키는 물리적인 경향을 제시하는 요소가 될 수 있다[9]. Table 3에서 미처리 직물에 비해 PCM 마이크로캡슐의 함유량이 증가할수록 박리강도는 감소하는데, 이는 PCM 마이크로캡슐의 첨가량이 많아질수록 코팅액에 분산되는 양도 증가하여 코팅막과 직물과의 접착력을 감소시키거나, PCM 마이크로캡슐이 직물표면과 코팅액의 계면에 존재할 경우 수지액만으로 처리

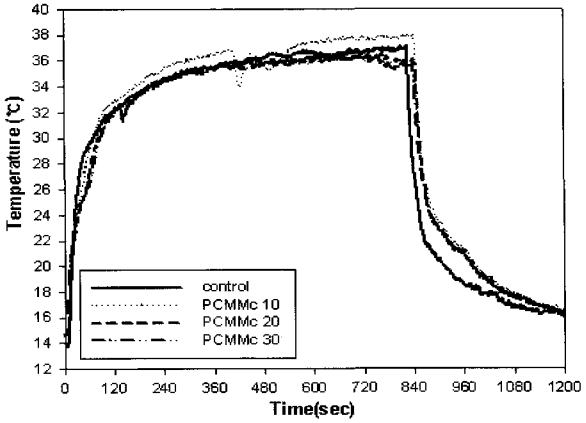

Fig. 5. Thermal graph of PCMMc coated nylon fabrics.

Table 3. Peel strength of PCM microencapsulatated nylon fabrics

PCMMc (%)	Peel Strength (g/㎠)
Control	525.3
10	363.1
20	347.8
30	308.0

한 경우에 비해 접착력이 감소할 수 있기 때문으로 생각된다. 또한 별도의 바인더를 사용하지 않고 직접 수지액을 직물에 코팅하였기 때문에 박리강도의 점진적인 감소는 바인더의 영향을 덜 받고 오히려 코팅에 의한 결과를 잘 반영한 것으로 사료된다.

3.7 세탁내구성

PCM마이크로캡슐 코팅한 나일론직물의 내구성은 세탁전 후의 내수압측정과 육안으로 부착상태를 확인하여 알아보았다. 시판하는 가정용 드럼세탁기로 세탁한 후 PCM마이크로캡슐의 첨가량에 따른 투습도의 측정결과를 Table 2에 제시하였다. 일반적으로 세탁후 내수압이 저하하는 것은 PCM마이크로캡슐을 코팅하는 과정에 의해서 결정될 수 있어서 습식, 건식 또는 습건식 혼합형(Dual Coating)에 따라 달라질 것으로 예상된다[10]. 습식코팅한 경우, 세탁 후에는 세탁 전 내수압에 비해 50-60%정도 성능을 유지하고 있어 PCM마이크로캡슐의 첨가로 인한 급격한 내구성의 감소는 없는 것을 알 수 있다. 건식과 습식을 혼합코팅한 경우는 성능을 유지하는데 더 큰 효과가 있을 것으로 기대된다[5]. 또한 육안에 의해 세탁후 직물과 코팅면과의 접착상태를 확인한 결과 모두 양호하였으며, 버블현상(직물원단과 코팅면 사이에 들뜬 부분)도 없는 것으로 확인되었다.

4. 결 론

Nylon직물의 투습방수가공시 습식코팅액에 PCM 마이크로캡슐을 첨가하여 고기능성 흡열/발열 직물을 제조하여 그 특성을 알아보았다. PCM마이크로캡슐의 첨가시 마이크로캡슐의 첨가비율이 높아질수록 내수압과 투습도 및 박리강도는 성능의 저하가 나타났다. DSC 분석에서 PCM마이크로캡슐이 첨가된 시료는 일정 온도에서 발열 및 흡열하는 현상을 보였다. 따라서 상변이 현상을 나타내는 PCM마이크로캡슐을 직물에 처리하게 되면, 외부의 온도변화가 있을 시 미처리 직물보다 좀 더 오랜 시간 보온효과를 가져 올 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지원의 지역산업기술개발사업계획(10024464)과 한국학술진흥재단 2단계 BK21사업(2006-8-0724)의 지원을 받아 수행되었으며 (주)미광다이텍에 감사드립니다.

참고문헌

1. I. G. Park, Y. H. Kim, H. T. Cho and K. B. Lee, Water Vapor Permeable/Waterproof Finish of Nylon Fabric Using Polyurethane Resin, *J. Korean Fiber Soc.*, **29**(8), 69-78(1992).
2. W. Y. Jeong and S. K. An, Physical and Mechanical Properties of Breathable Waterproof Fabrics manufactured by Wet and Dry Coating Processes, *J. Korean Fiber Soc.*, **38**(9), 460-467(2001).
3. K. Hong and S. Park, Melamine Resin Micro capsules Containing Fragrant Oil : Synthesis and Characterization, *Mater. Chem. Phys.*, **58**, 128-131(1999).
4. M. S. Kim, S. J. Park, K. J. Hong and S. M. Park, 마이크로캡슐을 이용한 감성기능 섬유신소재의 진보(1), *J. Korean Soc. Dyers & Finishers*, **7**(3), 73-86(1995).
5. H. I. Kim and S. M. Park, 마이크로캡슐의 응용에 의한 기능화 가공, *Fiber Technology & Industry*, **7**(3), 322-336(2003).
6. E. A. Kim and S. J. Yoo, 투습방수 소재 및 평가 기술, *Fiber Technology & Industry*, **8**(3), 271-285(2004).
7. M. E Holman, "Gel-coated Microcapsules", U.S. Patent, 6,171,647(2001).
8. H. H. Yoo and Y. H. Kim, Improvement of Warmth Retaining Property of Water Vapor Permeable/Waterproof Coated Nylon Fabric, *J. Korean Fiber Soc.*, **30**(3), 250-258(1993).
9. Kang Koo, Young Mi Park and Jae Yeong Yu, Atomic force microscopy analysis of cellulose triacetate surface modified in low temperature argon plasma and its adhesion behavior, *J. Appl. Polym. Sci.*, **102**(4), 3963-3971(2006).
10. J, D, Choi, J. Y. Yoo, Y. M. Park and K. Koo, "*J. Korean Fiber Soc.* proceedings", Seoul vol. **39**, p.138, 2006.