

형상기억수지를 이용한 지능형 투습방수직물 및 진동제어 섬유복합재료의 제조

정용채, 양재홍*, 전병철*, 정용찬**, 조재환
건국대학교 섬유공학과, *수원대학교 고분자공학과, **수원대학교 화학과

Manufacturing of Smart Breathable Fabrics and Vibration-Controlled Fiber Reinforced Composites Using Shape Memory Polymers

Yong Chae Jung, Jae Heung Yang,^{*} Byoung Chul Chun,^{*}
Yong-Chan Chung,^{**} Jae Whan Cho

Department of Textile Engineering, Konkuk University, Seoul 143-701 Korea

**Department of Polymer Engineering, The University of Suwon, Kyunggi-do, Korea*

***Department of Chemistry, The University of Suwon, Kyunggi-do, Korea*

1. 서론

형상기억재료는 형상기억효과, 회복변형효과, 형상고정효과, 진동제어효과 등의 특성으로 인하여 중요한 지능재료(smart materials)의 하나로 기대되고 있다. 형상기억 재료로는 합금, 세라믹, 고분자, 젤 등을 들 수 있지만 Ti-Ni 합금(Nitinol)이 가장 많이 이용되고 있다. 그러나 형상기억고분자는 형상기억합금에 비하여 가볍고 형상회복률이 높으며 가공이 쉽고 투명할 뿐만 아니라 염색이 가능하기 때문에 물성과 경제적인 면에서 유리하다.

형상기억수지를 직물에 이용함으로써 직물 사이로 수분 투과가 주위의 온도변화에 따라 자유롭게 조절될 수 있는 지능형 투습방수직물을 제조할 수 있다. 즉, 낮은 온도에서는 외부로부터 열방출을 막아주지만 온도가 높아지면 인체 주위에 쌓인 수분을 투과시킴으로써 외부의 환경 변화에 따라 투습을 조절할 수 있는 직물을 제조할 수 있다.

섬유구조물에 형상기억수지를 응용하게 되면 외부의 진동에서 야기되는 구조물의 안전성과 쾌적성을 향상시킬 수 있다. 탄소섬유 강화 섬유복합재료는 강도는 높으나 충격흡수능력은 낮아 아라미드나 유리섬유 등의 섬유강화재에 다른 섬유를 하이브리드시키거나 다른 damping 물질을 첨가하여 사용하는 경우가 많다. 그러나 후자의 방법이 보다 더 효과적인 것으로 알려져 있어 높은 damping 능력을 갖고 있는 형상기억고분자를 이용하면 섬유복합재료의 충격흡수 능력을 향상시키는데 유용하다.

본 연구에서는 형상기억고분자를 이용하여 지능형 투습방수직물과 진동제어 섬유

복합재료를 제조하고 이의 특성을 고찰하였다.

2. 실험

4,4'-methylene bis(phenylisocyanate)(MDI)와 poly(tetra methylene glycol)(PTMG, MW=1,800g/mol)를 80°C에서 3시간동안 반응함으로써 prepolymer를 얻었다. 다음에 사슬연장제인 1,4-butanediol(BD)를 NCO/OH비에 따라 prepolymer에 첨가하여 반응시킴으로써 최종 PU 블록공중합체를 얻었다.

직물 코팅은 DMAc를 용매로 하여 농도 10~25%에서 균일한 용액을 만든 후 텐터를 이용하여 poly(ethylene terephthalate)(PET) 직물에 코팅을 한 후 오븐에서 건조하였다. 직물의 수분투과 특성은 일정한 용기에 담겨 있는 수분이 직물을 통과할 때의 무게 변화를 측정함으로써 계산하였다.

섬유복합재료는 한국 오웬스 코닝사의 단면적 10 μ m, 길이 3mm인 유리섬유(CS03-492)를 무게비 30wt%로 하여 제조하였다. 유리섬유의 혼합은 twin screw extruder(BA-19)를 이용하였다. polymer/epoxy laminate composite 제조는 유리섬유가 함침된 두께 0.8mm의 epoxy laminate beam을 사용하였으며, 섬유복합재료의 제조는 mini-max molder를 사용하여 압축성형함으로써 얻어졌다. laminate composite는 두 겹의 epoxy laminate beam 사이에 0.8mm 두께의 고분자 sheet를 삽입하고 200°C에서 압축성형함으로써 얻어졌다.

시료의 인장성질은 인장시험기를 이용하여 측정하였으며 파지거리는 25mm로 하였고 인장속도는 10mm/min로 행하였다. 점탄성 거동은 동적 점탄성 측정기를 이용하여 조사하였다. 복합재료의 인장물성은 인장시험기를 사용하여 dumbbell 모양의 시편을 만들어 인장속도 50mm/min에서 측정하였다. 사출용 섬유복합재료의 충격강도는 충격시험기를 사용하여 시험하였고, laminate composite의 경우 notch를 가하지 않은 시편을 사용하여 charpy type로 실험하였다.

3. 결과 및 고찰

합성한 폴리우레탄의 최대응력, 파단신도 및 탄성계수는 모두 HS 함량에 크게 의존하였는데, 저장탄성계수는 HS 함량이 증가함에 따라 증가하였으며 유리전이온도는 HS 함량이 증가함에 따라 증가하였다. 또한 HS 함량이 증가함에 따라 손실탄젠트의 값은 감소하였다. 가장 높은 손실탄젠트가 HS 30%에서 나타났는데, 이는 PU의 상분리와 이에 기인한 hard segment의 결정화 현상에 의하였다. HS 함량이 30~45% 범위일 때 PU 시료들은 약 90% 이상의 높은 형상고정 값과 80~95%의 높은 형상회복 값을 나타내었다. 그러나, HS 함량이 20~25%인 경우에는 형상기억효과가 나타나지 않았는데, 이는 HS 내에서의 적은 분자간 수소결합으로 인하여 충분한 물리적 가교점을 형성하지 못했기 때문이다. 결과적으로 HS 30~45%인 경우가 가장 우수한 형상회복 특성을 가짐을 알 수 있었다.

코팅직물의 수분투과도는 HS 함량보다는 PU 용액의 농도가 지배적이었다(Figure

1). 직물시료의 수분투과도는 주위온도의 상승에 따라 점점 증가하였으며, 특히 20℃ 이상일 때에는 크게 증가하였다. 직물시료의 탄성계수는 HS 함량 40%에서 코팅했을 때가 가장 낮은 값을 가짐으로써 비교적 soft한 touch를 가질 수 있음을 알 수 있었다.

섬유복합재료는 높은 강도를 갖는 장점이 있지만 충격에너지를 효율적으로 발산시킬 수 있는 메커니즘을 갖고 있지 않기 때문에 damping 능력이 낮아진다. 형상기억수지를 섬유강화복합재료에 삽입한 결과 비교적 우수한 damping 효과가 나타났음을 알 수 있었다. 점탄성 측정과 충격시험의 결과 손실탄젠트의 값이 향상되었으며 HS 함량의 증가에 따라 충격강도는 낮아짐을 발견하였다(Figure 2).

4. 결론

본 연구에서 합성한 폴리우레탄의 형상기억특성은 HS 30~45% 범위에서 우수하게 나타났으며 이를 이용함으로써 지능형 투습방수직물 및 섬유복합재료의 제조가 가능하였다. 제조한 직물의 투습특성은 코팅용액의 농도에 크게 의존하였으며 역학적질은 PU의 물성, 직물구조, 코팅용액의 농도에 영향을 받았다. 섬유복합재료에 형상기억고분자를 첨가함으로써 점탄성 및 충격특성이 뚜렷하게 향상되었음을 알았다.

참고문헌

1. T. Takahashi, N. Hayashi, and S. Hayashi, *J. Appl. Polym. Sci.*, **60**, 1061 (1996).
2. M. Enomoto and K. Suehiro, *Text. Res. J.*, **67**, 601 (1997).
3. M. S. Yen and K. L. Cheng, *J. Coated Fabrics*, **25**, 87 (1996).
4. B. S. Lee, B. C. Chun, Y.- C. Chung, K. I. Sul, J. W. Cho, *Macromolecules*, **34**, 6431 (2001)
4. C. B. Wang and S. L. Cooper, *Macromolecules*, **16**, 775 (1983).

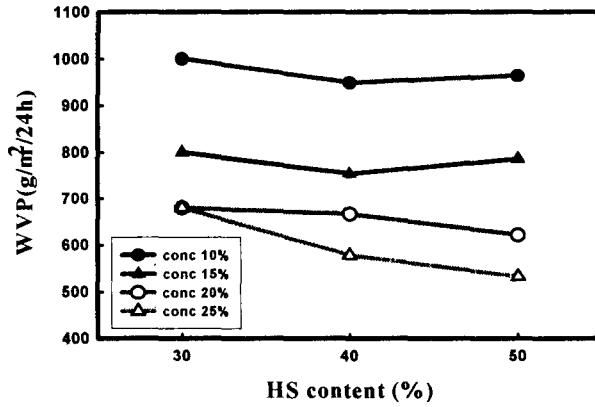


Figure 1. Water vapor permeability of fabrics coated with shape memory PU versus HS content at different polymer concentration.

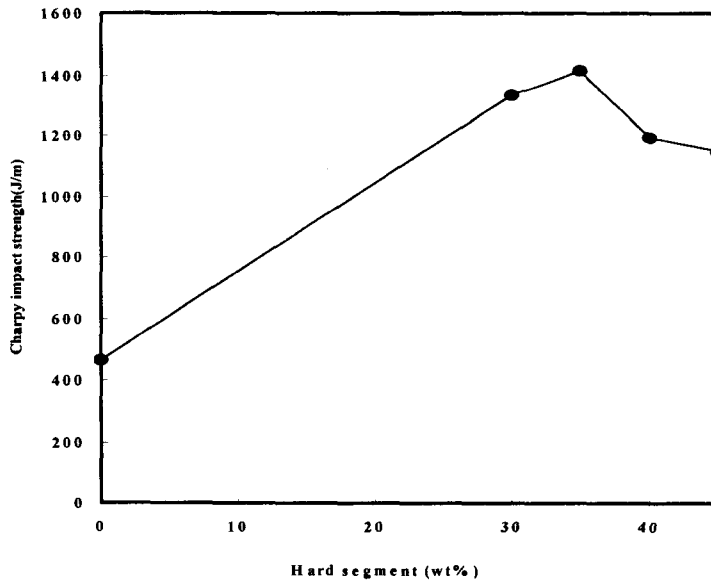


Figure 2. Charpy impact strength of PU-sandwiched glass fiber reinforced composites.