

전도성 고강도 kevlar/polypyrrole 복합체 섬유의 제조와 성질

정 호, 조 재 환

건국대학교 섬유공학과

1. 서론

전도성 섬유 및 고분자 재료는 정전기 방지용, EMI 차폐용, 전도성 코팅용, 재충전 배터리용 등으로 응용될 수 있어 최근에 많은 연구가 이루어져 오고 있다. 이 가운데에서 polypyrrole은 높은 전기전도도와 우수한 환경 안정성을 갖고 있어 중요한 전도성 고분자 재료 중의 하나로 알려져 있다. 그러나 이의 역학적 성질이나 가공성면에서의 어려움은 여전히 남아 있어 대개 전기전도성 복합체를 형성하여 이용되어지고 있다. 전기전도성 복합체의 제조는 전도성 콜로이드 복합체의 형성, 전도성과 절연성 고분자들간의 블렌드화, 전도성 고분자 충전 복합체, 절연성 매트릭스에 전도성 고분자의 중합체 형성, 고분자 매트릭스와 유기금속과의 혼합, 유기/무기 혼성체 형성 등의 방법으로 이루어지고 있다[1]. 이 중에서 기상중합에 의한 polypyrrole의 복합체 형성은 비교적 간단한 중합방법으로 쉽게 복합체를 형성할 수 있으며 중합조건의 조절에 의하여 투명 전도성 재료를 만들 수 있어 poly(vinyl alcohol), poly(vinyl chloride), polyurethane, polystyrene 등의 절연성 고분자와 전도성 복합체를 형성하는 데에 많이 이용되어 왔다. 이러한에도 불구하고 polypyrrole 복합체의 역학적 성질에 대한 요구는 kevlar나 고강도 폴리에틸렌 등과 같은 고강도 고탄성률 섬유와의 전도성 복합체 형성에 대한 가능성과 흥미를 크게 유발시키고 있다. UHMWPE/poly(3-octylthiopene) 블렌드, UHMWPE/polyacethylene 복합체, kevlar/phthalocyanine 복합체, kevlar/ polypyrrole hybrid 등의 연구가 최근의 전도성 고강도 섬유의 제조를 위한 연구의 예이다[2-5]. 본 연구에서는 기상중합법을 이용하여 전도성 고강도 kevlar/polypyrrole 복합체 섬유의 제조하고 이의 여러가지 물성을 고찰하고자 한다.

2. 실험

섬유 시료로 kevlar 49(1140 den)를 사용하였으며 이 시료는 pyrrole의 중합처리 전에 아세톤으로 수세하여 사용하였다. 전도성 복합체의 형성은 여러가지 농도(3 - 40 wt %)의 FeCl₃ 수용액에 kevlar 섬유를 침지시키고 건조시킨 후 진공하에서 0°C 또는 상온에서 pyrrole을 기상중합시켜 얻어졌다. 얻어진 kevlar/polypyrrole 복합체 섬유의 여러가지 성질은 전기전도도 측정, Instron 인장시험, SEM 관찰, DSC 및 TGA 열분석 등으로 이루어졌다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 1은 0°C 및 상온에서 중합된 kevlar/polypyrrole 복합체 섬유의 전기전도도를 FeCl₃의 농도로 나타낸 것이다. FeCl₃의 농도가 증가함에 따라 전기전도도는 점차 증가하며,

상온에서 중합된 경우 30 wt %의 FeCl_3 농도에서 1.4×10^{-3} S/cm의 값을 갖는다. 이와 같은 경향은 전도성 물질로 충전된 블렌드 또는 복합체에서 나타나는 전형적인 전기전도도-농도의 관계이다. SEM 관찰 결과, polypyrrole로 중합된 복합체 섬유의 표면은 비교적 깨끗하였으며 FeCl_3 의 침투가 큰 경우에는 부분적으로 거친 부분도 나타났다.

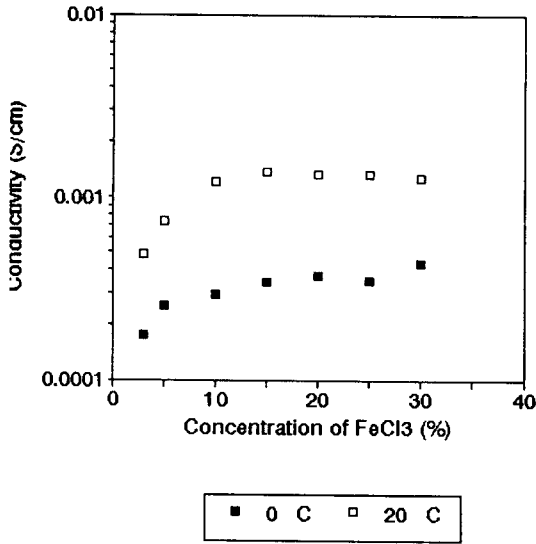


Fig. 1 Dependence of concentration of FeCl_3 on the conductivity of kevlar/polypyrrole composite fibers.

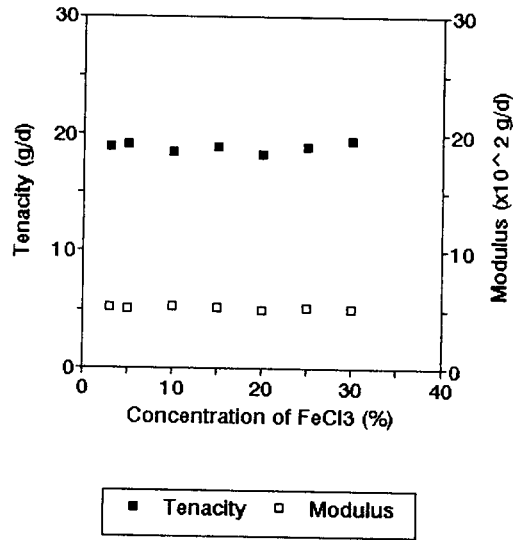


Fig. 2 Dependence of concentration of FeCl_3 on the tenacity and modulus of kevlar/polypyrrole composite fibers.

polypyrrole의 중합에 따른 kevlar/polypyrrole 복합체 섬유의 강도와 탄성률은 Fig. 2에서와 같이 FeCl_3 의 농도가 증가함에도 크게 변화하지 않았는데 이는 poly(ethylene terephthalate)/polypyrrole, poly(vinyl alcohol)/polypyrrole 등의 다른 전도성 복합체에서 나타나는 역학적 성질의 저하와는 아주 대조적이었다. 이는 kevlar 섬유 자체가 고강도를 갖기 때문에 본 연구에서 행한 기상중합법에 의하면 polypyrrole의 복합체 형성이 시료의 강도와 탄성률에 거의 영향을 주지 않는다는 것을 의미한다. 한편 Wynne 등[3]은 kevlar/pyrrole의 혼합용액으로부터 습식방사에 의하여 섬유를 제조한 후 pyrrole을 중합한 결과, FeCl_3 의 농도가 증가함에 따라 강도가 어느 정도 감소한다고 보고하였는데 이는 본 연구에서의 기상중합법에 의한 결과와는 상당히 다르다. 결과적으로 기상중합법에 의한 kevlar/polypyrrole의 복합체 형성은 다른 방법에 의한 전도성 복합체의 형성에 비하여 kevlar의 우수한 역학적 성질을 그대로 유지할 수 있음을 말해준다.

kevlar/polypyrrole 복합체 섬유의 열분해 특성을 알아보기 위하여 TGA 측정을 한 결과, FeCl_3 이 함량이 높은 kevlar/polypyrrole 시료일수록 온도 증가에 따른 무게감소가 크게 나타났다. Fig. 3는 순수한 kevlar 섬유와 polypyrrole 복합체 섬유의 TGA 곡선을 각각 나타내고 있다. FeCl_3 의 농도가 30 wt %일 경우 TGA 곡선은 70°C , 130°C 및 170°C 근처에서

다소 큰 무게감소를 보이고 있다. 이들은 각각 시료에 함유된 수분의 증발과 polypyrrole의 분해에 의한 것으로 생각되어진다. TGA 측정 결과는 DSC 열분석곡선에서도 그대로 나타나고 있는데, 130 °C 및 170°C 근처에서의 발열피크는 TGA 곡선에서의 무게감소에 해당되는 피크이다. 즉, 복합체 섬유에서의 polypyrrole의 열분해는 서로 다른 두가지 종류의 분해를 나타내며 이는 pyrrole이 비교적 빨리 kevlar 섬유 내부로 확산되어 polypyrrole을 형성한 경우와 비교적 나중에 중합된 polypyrrole의 분해에 의한 두가지 종류의 polypyrrole의 형성에 의한 결과라고 생각되어진다[6,7].

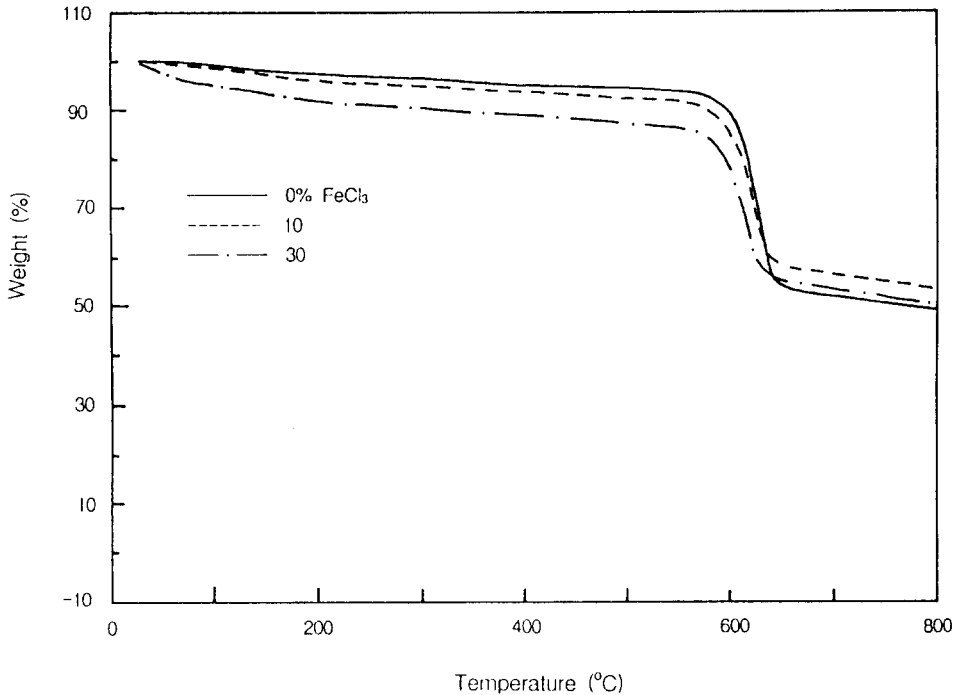


Fig. 3 TGA curves of kevlar/polypyrrole composite fibers.

참고문헌

1. J. Ulanski and M. Kryszewski, *Polish J. Chem.*, **69**, 651 (1995).
2. H. Nemoto and T. J. Marks, *Chem. Mater.*, **2**, 349 (1990).
3. J. Moulton and P. Smith, *J. Polym. Sci.: Part B: Polym. Phys.*, **30**, 871 (1992).
4. K. J. Wynne and A. E. Zacharides, *Polym. Commun.*, **26**, 162 (1982).
5. C. Xu, P. Wang, and X. Bi, *J. Appl. Polym. Sci.*, **58**, 2155 (1995).
6. J. C. Thieblemont, A. Brun, J. Marty, and M. F. Planche, *Polymer*, **36**, 1605 (1995).
7. M. A. De Paoli, R. J. Waltman, A. F. Diaz, and J. Bargon, *J. Polym. Sci.: Polym. Chem. Ed.*, **23**, 1687 (1985).