

CNT 기능화가 PET의 결정화에 미치는 영향

유혜진, 조재환*

건국대학교 공과대학 섬유공학과

Effect of Functionalization of CNTs on Crystallization of PET

Hye Jin Yoo and Jae Whan Cho*

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

1. 서론

탄소나노튜브(CNTs)는 역학적 물성과 전기적 성질이 매우 우수하여 고분자 나노복합체 등에 대한 응용이 크게 기대되고 있다. 그러나 고분자 매트릭스 내에서의 탄소나노튜브 분산성과 계면접착력은 여전히 CNT 나노복합체의 제조에 있어서 가장 큰 이슈가 되고 있으며, 이의 해결은 곧 나노복합체의 응용에 크게 기여할 것이다. 최근 이 분야에 대한 많은 연구는 산처리에 의한 화학적 개질을 비롯하여 고분자를 CNT에 직접 공유결합하는 방법과 CNT 표면에 고분자를 wrapping 하는 방법 등을 주로 이용하고 있다. 본 연구자들은 최근 poly(ethylene terephthalate)(PET)를 매트릭스로 하는 다중벽 탄소나노튜브(MWNTs) 나노복합체에 대한 연구를 진행해 오고 있다. PET와 CNT와의 결합력 증대와 CNT의 분산성 향상을 위하여 PET와 CNT간에 π - π 결합이 가능하도록 CNT 표면을 benzene 그룹을 함유하고 있는 물질로 기능화하는 방법을 도입하였다. 그 결과 PET 나노복합체의 역학적 물성이 크게 향상되었으며, 이는 CNT의 증가한 분산 특성에 크게 기인하였다.

본 연구에서는 이러한 기능화한 CNT를 이용한 CNT 나노복합체에서 결정화가 CNT의 기능화에 어떤 영향을 미치는지를 고찰한다. 즉, CNT 기능화 그룹의 차이에 따른 PET의 비등온 결정화 거동에 대하여 토의한다.

2. 실험

2.1. 시료 및 나노복합체 제조

본 연구에서는 CNT로 Iljin Nanotech의 MWNTs를 사용하였으며, 복합체를 제조하기 전에 다양한 기능화를 MWNT 표면에 처리하였다. MWNT를 황산과 질산을 3:1의 비율로 섞은 혼합용매에 넣어 90°C에서 10분간 처리하고 여러 번 수세하여 건조하였다. 또한 산처리 MWNT를 수분이 제거된 아세톤에 넣고 각각 benzyl isocyanate와 phenyl isocyanate를 혼합하여 질소 기류하에서 50°C에서 24시간 반응하여 benzyl기와 phenyl기가 도입된 MWNT를 얻었다. 이때 모든 탄소나노튜브는 초음파 처리하여 사용하였다. 나노복합체의 제조는 분자량 2,000g/mol인 PET chip을 사용하였으며 나노복합체 제조는 twin-extruder를 이용하여 제조하였다.

2.2. 비등온 결정화 거동 측정

제조한 나노복합체는 DSC를 이용하여 비등온 결정화 거동을 측정하였다. 상온에서 300°C까지 분당 10°C의 속도로 승온시킨 후 10분간 유지하고 각각 다른 속도로 상온까지 액체질소를 이용하여 냉각시켰다. 비등온 결정화의 분석은 modified Avrami식과 Ozawa식을 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

DSC 비등은 결정화 실험 결과, 냉각속도가 증가함에 따라 결정화 피크는 점차 낮은 온도에서 나타났으며, 순수한 PET에 비하여 나노복합체는 냉각속도에 따라 결정화 온도의 편차가 작게 나타나는 것을 관찰할 수 있었다. 또한 나노복합체가 순수한 PET에 비하여 결정화에 걸리는 시간이 작게 나타났는데, 이는 MWNT가 결정핵체 역할을 하였기 때문으로 생각한다. Modified Avrami 식을 이용하여 냉각 속도에 따른 나노복합체의 결정화 거동을 고찰하였다. 여기서 비등은 결정화 거동은 초기 부분과 중반 부분에 서로 다른 거동을 보였다. 이는 결정화 초기와 나중에 형성된 다른 결정화 차이에 의한 것으로 생각된다. 또한 나노복합체에서는 기울기 값이 4보다 큰 값을 나타내었는데, 이는 구정 또는 그 이상의 다차원 결정화에 의한 것으로 보여진다. Figure 1은 Ozawa 식을 이용하여 냉각 속도에 따른 결정화 거동을 나타낸 것이다. 기울기 m 은 Ozawa 지수로서 결정 성장의 형태에 영향을 받는다. 기울기 m 과 $\log K(T)$ 은 온도가 증가함에 따라 커지며, 높은 온도와 빠른 결정화 속도에서는 더욱 다차원의 결정화가 이루어지는 것으로 생각된다. 특히 본 연구에서는 PET와 CNT와의 결합력 증대와 CNT의 분산성 향상을 위하여 PET와 CNT간에 π - π 결합이 가능하도록 CNT 표면을 benzene 그룹을 함유하고 있는 물질로 기능화하는 방법을 도입하였기 때문에 기능화 그룹의 차이에 의한 비등은 결정화 거동이 주로 토의된다.

4. 결론

MWNT는 PET 나노복합체의 결정화에서 결정핵체의 역할을 하였으며, MWNT에서의 기능화 그룹 차이에 따른 비등은 결정화 거동의 차이가 나타났다. 또한 나노복합체의 경우 결정핵체로서 작용한 기능화한 MWNT가 존재할 경우 이의 결정화 거동이 순수한 PET에 비하여 다르게 나타났다.

Acknowledgements: This work was supported by the SRC/ERC program of MOST/KOSEF (R11-2005-065) and Korea Research Foundation Grant (KRF-2004-005-B00046).

참고문헌

1. Z. Li, G. Luo, F. Wei, and Y. Huang, *Composites Science and Technology*, **66**, 1022 (2006).
2. G. Hu, C. Zhao, S. Zhang M. Yang, and Z. Wang, *Polymer*, **47**, 480 (2006).
3. Y. Ke, T. W u, Y. Xia, *Polymer*, **48**, 3324 (2007).

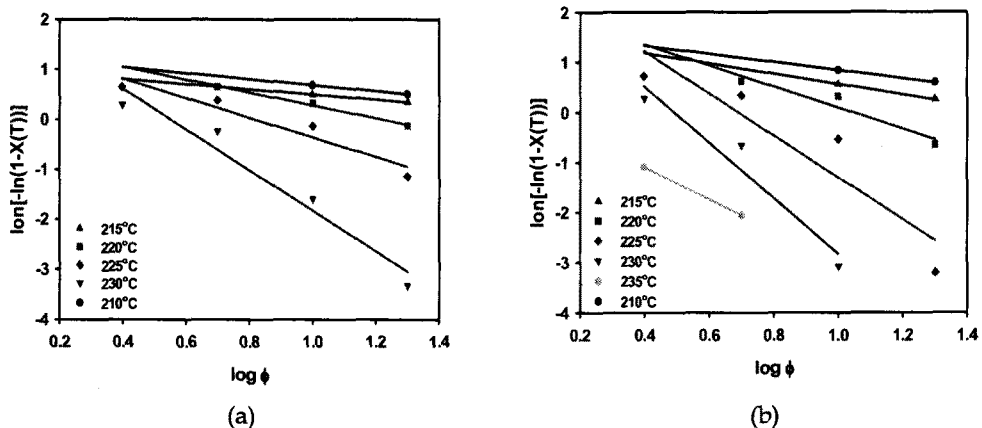


Figure 1. Ozawa curves obtained from non-isothermal crystallization for PET nanocomposites including (a) MWNT-benzyl and (b) MWNT-phenyl.