

Solid-state 전기방사

송준형, 김주용

송실대학교 유기 신소재·파이버공학과

Solid-state Electrospinning

Junhyung Song, Jooyong Kim

Department of Organic Materials and Fiber Engineering, Soongsil University, Seoul, Korea

1. 서 론

전기방사는 나노크기의 섬유를 생산하는데 간단한 기술이며, 두 가지 타입으로 분류할 수 있다. 하나는 특정 고분자를 특정 용매에 용해시켜 만든 용액 방사법이며, 다른 하나는 고분자 자체를 용융하여 방사하는 방법이다. 지금까지 나노크기의 섬유를 제조하기 위해 용액 전기방사를 많이 사용하였다. 그러나 용액 전기방사의 경우 이 방법으로 방사할 수 없는 고분자가 존재하며, 방사 시 섬유에 잔여물이 남아 의약품 등의 응용제품을 만드는데 적합하지 않다. 그러나 용융 방사의 경우 고분자 자체를 용융시켜 전기방사를 하므로 잔여물이 남지 않으며 용매를 사용하지 않아 친환경적이다. 본 논문에서는 바이오메디칼 산업에 널리 사용되는 고분자인 Poly(ethylene terephthalate)를 용융 전기방사 기술로 방사하여 이 고분자의 사용가능성 여부를 확인하고자 하였다.

2. 실험

2.1. 시 료

PET chip이 실험에 사용되었다. 칩 형태의 샘플은 $IV = 0.68 \text{ dl/g}$, $T_m = 125^\circ\text{C}$, $MFR = 14.5 \pm 2$ (160°C)의 값을 가진다. 일반적으로 PET T_m 이 약 245°C 인 것을 고려할 때, 위 샘플의 T_m 은 상당히 낮은 값을 가지는 LM고분자로 용융 전기방사에 적합하며, 고분자와 유체사이에 마찰을 측정하여 얻은 IV 를 통해 칩 형태의 폴리머의 분자량이 일반적인 PET보다 상대적으로 적다는 것을 알 수 있다.

2.2. 용융방사 공정

Figure 1. (a)는 용융 전기방사의 개략적인 모식도이다. 주사기에는 온도를 조절할 수 있는 컨트롤러가 몸통부분(T_1)과 니들 부분(T_2)에 존재하며, feed rate를 조절할 수 있는 펌프와 함께 구성되어 있다. 주사기 안에 PET chip을 넣고 T_1 의 온도를 265°C 로 유지시킨 후 20분간 방치하였다. T_2 의 온도는 실험동안에 $250^\circ\text{C} \sim 450^\circ\text{C}$ 구간에서 세팅되었으며, 컬렉터는 35°C 로 유지되었다. 전압은 18-gauge 니들에 13kV가 인가되었고, volumetric feed rate은 0.3 ml/min 로 하였다. 주사기 안의 폴리머가 충분히 용융되었을 때, 고전압을 걸어 5cm의 거리에 위치한 구리 컬렉터에 섬유를 형성하여 웹을 얻었다.

3. 결과 및 고찰

Figure 1. (b)는 실험에 사용된 PET칩과 용융 방사된 PET 섬유의 DSC 곡선을 각각 보여준다. 칩의 경우 90°C 도 부근에서 발열피크가 낮게 관찰되는데 반해 방사된 섬유는 발열피크를 보이지 않는다. 이는 방사된 섬유의 결정화도가 낮으며 비정질성 고분자를 형성하고 있음을 보여준다. 또 방사된 섬유의 경우 T_m 이 근소하게 작게 나타나는데, 이는 용융시 고분자의 사슬의 분해가 일어나기 때문이다. Figure. 2는 방사된 섬유의 모폴로지 관찰을 위한 SEM 이미지다. 전압이 높아짐에 따라 섬유의 직경

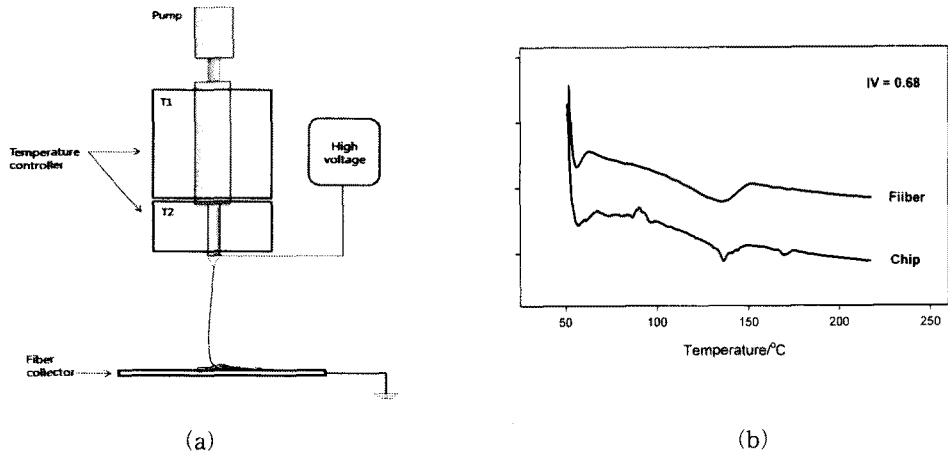


Figure. 1. (a) Schematic diagram of a melt-electrospinning system, (b) DSC curves of electrospun web

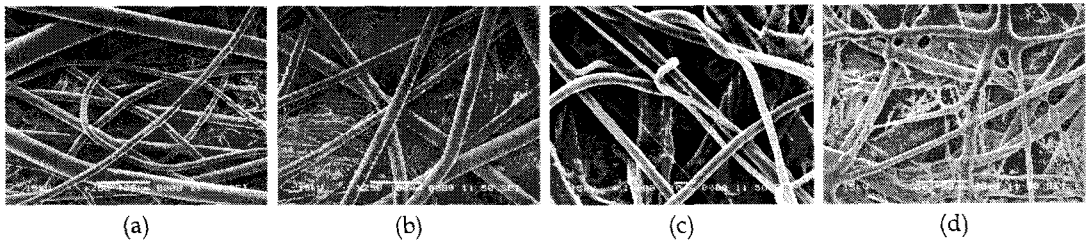


Figure. 2. SEM images of melt-electrospun fibers
 (a) $T_2=250^\circ\text{C}$, $Cd=8\text{cm}$ (b) $T_2=250^\circ\text{C}$, $Cd=8\text{cm}$ (c) $T_2=450^\circ\text{C}$, $Cd=8\text{cm}$ (d) $T_2=450^\circ\text{C}$, $Cd=13\text{cm}$

이 작아지므로 전압을 13kV로 고정하고 니들의 온도(T_2)에 따른 섬유 직경을 측정하였다. T_2 의 온도가 250°C 일 때, 섬유직경은 약 $8\mu\text{m}$ 부터 생성되었고, T_2 의 온도를 450°C 로 올렸을 때, 직경은 약 $2.4\mu\text{m}$ 부터 생성되었다. 이는 높은 온도에서 방사 jet의 빠른 움직임과 강한 휘핑모션의 결과가 더 작은 직경의 섬유를 생성하였음을 보여준다. 그러나 일부분에서 높은 온도의 결과로 섬유가 형성되기전에 서로 엉겨붙는 경우도 관찰되었다.(d) 이는 섬유 직경 및 모폴로지를 컨트롤 하는데 있어 공정 중에 시스템 각 부분의 온도조절이 중요한 요소임을 보여준다.

4. 결론

용융 전기방사 시스템을 통하여 용액 전기방사가 어려운 PET 웹을 제작하였다. 니들의 온도가 증가할수록 섬유의 직경은 감소하였으며, DSC 결과를 통해 용융방사 후 약간의 열분해가 있어왔고 큰 결정성을 띄지 않는 것을 확인하였다.

5. 참고문헌

- [1] Jason Lyons, Christopher Li and Frank Ko, Polymer 45(2004)7597-7603
- [2] Nobuo Ogata, Naoki Shinji Yamaguchi, Koji Nakane and Takashi Ogihara, J. Appl. Polym. Sci., 105(2007)1127-1132