

전기방사에 의한 나노섬유 제조와 liquid filter 응용

김희진, 허훈, 이무재, 김기진*
한국생산기술연구원, 영성산업(주)*

Electrospun nanofiber for liquid filtration

Heejin Kim, Hoon Huh, Moojae Lee, Kijin Kim*
KITECH, Youngsung Ind.*

1. 서론

전기방사는 고분자의 표면장력 (surface tension) 보다 큰 고전압에 의해 노즐로부터 jet이 발생하는 원리를 이용한다. 발생된 섬유는 전기적으로 발생된 굴곡 불안정성 (bending instabilities)를 거쳐서 나노크기의 섬유로 연신된다. 전기방사 공정에서는 전기장의 크기와 고분자용액의 농도 등을 다르게 함으로써 섬유의 직경을 조절할 수 있다.

많은 고분자 재료들이 연구되었는데 특히 PAN 등을 이용한 ACF(activated carbon fiber)는 다결정의 섬유상 구조의 활성체로 흡착재료 등으로 이용될 수 있다. ACF는 활성탄소 보다 흡착효율이 10여배 이상 높고 연속화 활성탄소 섬유 웹트는 길이의 제한을 받지 않고 선택성이 좋으며 품질이 균일하고 안정적이며 흡착용량이 크고 강도가 높으며 내산, 내알칼리성, 내고온성, 무독, 무미의 성질을 가지며 흡탈착 속도가 아주 빠르고 사용수명이 길고 형태가 다양하며 가공이 편리하다. 공업, 농업, 석유 화학공업, 국방, 환경보호, 의료, 위생, 전자, 에너지, 음식물 및 사람들의 일상 생활 등 여러 방면에 광범위하게 사용된다. 전기방사에 의해 제조된 활성 탄소나노섬유는 활성 탄소섬유 보다 직경이 크게는 1/100로 감소시킬 수 있어 표면적이 훨씬 더 크고 물성 또한 더 우수하여 보다 더 많은 분야에 응용 가능하다.

2. 실험

활성 탄소나노섬유 제조를 위해 4 가지 종류의 고분자를 사용하였고 이를 Table 1에 나타내었다. PAN의 경우 활성탄소섬유 제조 시 탄소함량이 높아 수율이 높은 장점이 있지만, 용융점 (320C)이 열분해온도 (250C) 보다 높기 때문에 용융 전기방사법을 적용하기 어렵다. 이러한 문제는

methyl acrylate (MA)와의 공중합체로 해결 가능하다.

용액 전기방사가 가능한 PAN/DMF solution의 적정 농도 범위는 8-12 wt%이며, 본 system에서는 10 wt%로 설정하였다. PAN/MA copolymer의 경우 40 wt%로 설정하였다. 이러한 적정 농도는 분자량에 따라 현저하게 다르게 나타난다. 적용된 전압은 10-15 kV, 방사거리 (working distance)는 15cm, 그리고 flow rate는 0.01-0.025 ml/min으로 설정하였으며, needle size는 내부직경이 0.13 mm인 24 gauge를 사용하였다.

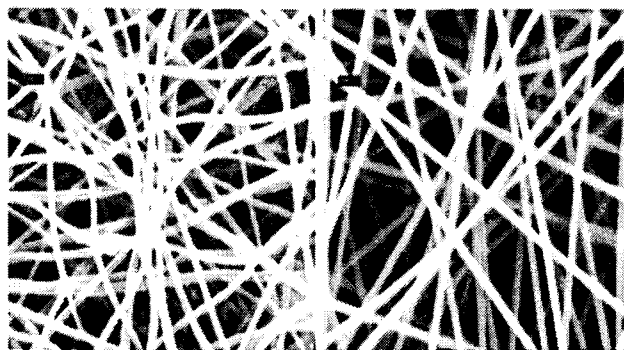
프리커서 및 용매	조성	제조사	분자량
Polyacrylonitrile (PAN)	100%	Aldrich	86,000
PAN / Methylacrylate (MA)	85% PAN / 15% MA	Monomer - Polymer & Dajac Labs	30,000- 100,000

활성화된 PAN 섬유는 UV 조사에 의한 안정화(stabilization), 탄소화(carbonization) 그리고 활성화(activation)의 단계적 공정을 거쳐 활성화하고 이를 이용하여 liquid filtration 특성을 평가하였다.

3. 결과

PAN의 경우 10 wt%에서 300-500 nm 직경의 섬유를 얻을 수 있었으며, 농도 및 방사 조건 변화를 통해서 직경 조절이 가능하며, 방사과정이 아주 간단하고 짧은 시간에 많은 양의 non-woven web을 얻을 수 있었다. PAN/MA copolymer는 40 wt% 이하에서는 비드가 많이 나타났지만 40 wt% 이상에서는 비드 없이 그림 6의 (b)와 같이 600-800 nm 직경의 나노 섬유를 제조할 수 있었다.

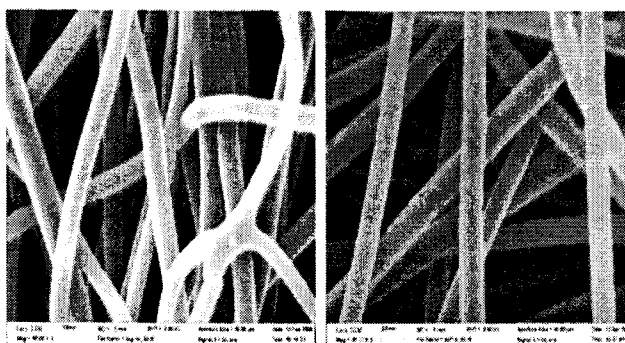
PAN 나노섬유의 탄소화 이후의 수율은 45%였으며, 직경은 150-200 nm로 급격히 감소하였다. 탄소화 이전의 섬유 직경은 300-500 nm였다. 활성화 이후의 수율은 25%, 직경은 100-150 nm로 더욱 감소하였다. 활성화 단계에서 이산화탄소를 이용한 활성화 시간은 1시간 반으로 하였다. 만일 활성화 시간을 증가시킬 경우 표면적은 증가하겠지만 섬유직경 및 수율은 현저히 감소할 것으로 예상되기 때문에 활성화 시간의 최적화가 필요하다.



(a)

(b)

Fig. PAN nanofibers by solution electrospinning. (a) 10 wt% PAN/DMF, (b) 40 wt% PAN/MA/DMF.



(a)

(b)

Fig. Morphology of PAN fiber after (a) carbonization and (b) activation.