

## 1C3) 전기방사 극세 섬유 공기정화용 필터의 특성

### Properties of Electrospun Ultrafine Fiber Air Filter Media

박현설

한국에너지기술연구원 청정시스템연구센터

#### 1. 서론

공기정화용 필터의 성능 평가는 집진효율, 통기성, 사용 수명의 3가지 항목 측정을 기본으로 하여 이루어진다. 국내외 유수의 필터 제조업체에서는 필터 성능 향상을 위해 다양한 방법을 도입하여 왔으며, 크게 분류하자면 정전기력을 이용하는 방법, 섬유의 크기(직경)를 조절하는 방법, 필터의 단면 구조를 조정하는 방법 등이 있다. 현재 가장 광범위하게 적용되는 방법은 필터섬유를 전기적으로 대전시켜 동일한 통기성을 갖는 필터에 대해 먼지 입자의 제거효율을 향상시키는 것으로, 저렴한 비용으로 성능향상을 꾀할 수는 특징이 있다(Brown, 1993). 필터 대전이 부가적인 방법에 의해 필터 성능을 향상시키는 것인 반면, 보다 근본적인 방안으로 필터 섬유의 직경을 최대한 줄이려는 노력이 진행되어 왔다. 필터를 구성하는 섬유의 직경은 필터의 집진효율과 압력손실에 직접적인 영향을 미친다. 즉, 필터 섬유의 직경이 작아질수록 효율을 증가하고, 동일한 효율에 대해 압력손실은 낮아진다(Brown, 1993). 섬유 제조 기술 중 최근에 가장 각광을 받는 것 중 하나가 전기 방사(electrospinning) 기술이며, 제조할 수 있는 섬유의 직경 범위는 수십 나노미터에서 수백 나노미터 정도이고, 타 기술에 비해 균일한 직경의 섬유 제조가 가능하다(Reneker and Chun, 1996). 다른 섬유 제조기술로 제조할 수 있는 섬유의 직경이 수~수십 마이크로미터 정도임을 감안한다면, 전기방사 섬유 필터의 성능이 크게 향상될 것으로 예상된다. 본 고에서는 전기방사 실험조건에 따른 섬유의 직경 변화 및 필터로서의 여과성능을 살펴보았으며, 기존 필터소재와의 성능 비교실험 결과를 다루었다.

#### 2. 연구 방법

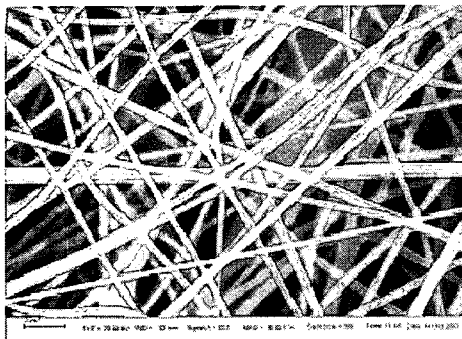
전기방사기술은 기존의 용액방사기술에 고전압을 인가하여 섬유를 제조하는 기술이다. 고분자 용액이 채워져 있는 캐필러리(capillary) 관 내부에 고전압을 가해주면, 캐필러리 노즐 끝단에 일명 테일러 콘(Taylor cone)이라는 형태의 용액 분사가 이루어지고, 분사된 고분자 용액 중 용매가 휘발되며 순간적으로 고분자의 연신과 응고가 이루어지며 매우 가는 섬유가 형성된다. 본 연구에서는 고분자 용액으로 나일론-6,6을 포름산에 용해하여 사용하였다. 전기방사에서 섬유의 직경과 형상을 좌우하는 변수로는 전압의 세기, 용액의 점성, 표면장력, 용액 토출량 등이 있다. 이러한 변수의 값을 달리하여 섬유를 제조하였으며, 그 형상은 전자현미경을 이용하여 분석하였다.

전기방사 섬유 필터는 근원적으로 방사과정에서 전기적으로 대전되는데, 섬유 필터의 대전으로 인한 영향을 보기 위해 필터의 표면전위를 측정하였으며, 시간에 따른 필터 전하의 방전특성을 기존의 정전 필터와 비교하여 살펴보았다. 또한 전기방사 섬유 필터의 여과특성으로 압력손실, 집진효율, 그리고 먼지 보유능력을 기존의 고효율 유리섬유 필터와 비교 분석하였다.

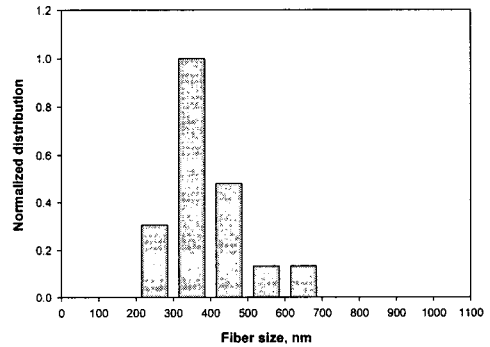
#### 3. 결과 및 고찰

그림 1(a)는 나일론 6,6의 무게농도가 20%인 용액을 사용하여 제조된 섬유의 전자현미경 사진을 보여 주며, 그림 1(b)는 이때의 섬유 크기 분포를 나타낸 것이다. 평균 직경은 약 350 nm 정도이며, 매우 균일한 크기 분포를 지니고 있음을 알 수 있다. 인가된 전압의 세기에 따른 섬유직경 변화는 전압이 높을수록 제조된 섬유의 직경이 감소하며, 용액의 고분자 농도가 높을수록 섬유의 직경이 증가함을 확인할 수 있었다. 그림 2는 전기방사 섬유 필터의 방전 특성을 보여주고 있다. 비교대상으로는 델트블로운

(melt-blown) 방법으로 제조된 정전 필터를 사용하였다. 이 필터는 멜트블로운 섬유 필터를 코로나 (Corona) 대전 방법으로 정전 처리한 것이다. 그림에서 보듯이 전기방사 섬유 필터는 단시간 내에 모든 전하량을 잃었으며, 반면 코로나 대전된 필터는 시간에 따른 방전이 거의 일어나지 않음을 알 수 있었다. 전기방사 필터의 경우, 방사 순간에는 유도 대전되지만 금속재질의 방전극에 섬유가 쌓이는 과정에서 곧바로 방전이 되며, 단지 제조된 필터를 다루는 과정에서 마찰로 인해 대전되었고, 이렇게 대전된 필터의 경우 쉽게 방전됨을 알 수 있었다. 반면, 코로나 방식에 의해 대전된 필터는 자연적인 방전이 없었으며, 따라서 전기방사로 제조된 필터도 코로나 방식과 같은 별도의 방법으로 대전될 경우, 정전기력에 의한 필터 성능 향상을 도모할 수 있을 것으로 예상된다. 그림 3은 전기방사 필터와 기존의 유리섬유로 구성된 고효율 공기정화용 필터(03,  $\mu\text{m}$ -98% 효율)의 여과성능을 비교한 것이다. 실험조건은 여과속도는 5 cm/s로 유지하였고, 입자 농도 측정은 SMPS(Model 3936 TSI)를 사용하였으며, 압력손실은 미소차압계(FCO 510, Furness Controls Ltd.)를 사용하였다. 그림에서 보듯이 유리섬유 필터와 동일한 집진효율을 갖는 전기방사 필터의 압력손실이 약 25% 정도 낮은 값을 보여, 섬유 직경의 감소로 인한 필터 성능 향상을 확인할 수 있었다.



(a) SEM image



(b) Fiber size distribution

Fig. 1. SEM image and fiber size distribution of electrospun fibers.

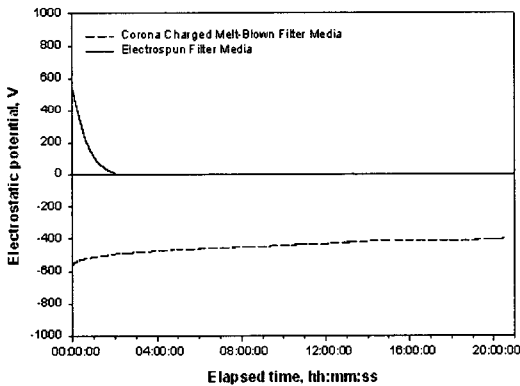


Fig. 2. Electrical charge decay of electrospun filter.

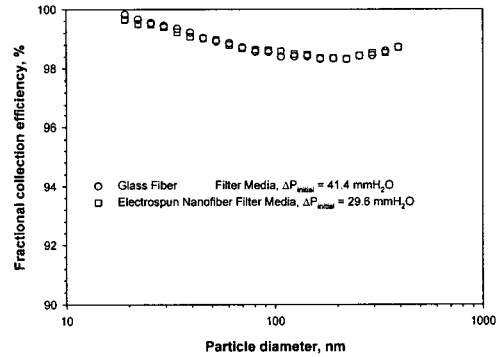


Fig. 3. Comparison of collection efficiency of electrospun filter with glass fiber filter media.

### 참 고 문 헌

- Brown, R.C. (1993) Air Filtration: An Integrated Approach to the Theory and Applications of Fibrous Filters. Pergamon Press.
- Reneker, D.H. and I.S. Chun (1996) Nanometre Diameter Fibres of Polymer Produced by Electrospinning. Nanotechnology, 7: 216-223.