

# 전기방사시 공정조건이 아크릴 섬유의 선밀도에 미치는 영향

심현주, 이승훈  
승실대학교 섬유공학과

## Effect of Processing Variables on the Acrylic Fiber Fineness during Electrospinning

Hyun-Joo Sim, Seung-Hoon Lee

Department of Textile Engineering, Soongsil University, Seoul, Korea

### 1. 서 론

극세사를 제조하는 방식은 복합방사 방식 외에 고온, 고속의 공기를 이용하여 연신된 초세화 섬유를 fiber web으로 제조하는 melt-blown방식과 전기방사(electrospinning)등이 있다. 전기방사에 의한 방식은 용액방사와 용융방사에 의한 방식이 가능하여 적용 고분자의 종류가 보다 다양할 뿐 아니라 공정자체가 semi-static하여 연속 필라멘트의 제조가 가능하며 전기장에 의하여 섬유가 분리됨으로, 사용 고분자에 따라 영구대전 가능성이 있을 뿐 더러 melt-blown 방식에 의한 fiber web보다 개섬성이 우수하며, 수집된 fiber web의 random화가 용이하고, 방사 후 섬유간의 협착을 방지 할 수 있는 등 많은 장점을 갖고 있다.

본 연구에서는 아크릴섬유를 휘발성이 우수한 N, N-Dimethylformamide(DMF)로 용해하여 전압과 방사거리를 변화시키며 전기방사를 행하였으며, 전기방사시 공정상 영향을 주는 인자로, 고전압을 사용하여 전장을 크게 함으로써 고전압 적용시 fiber의 세화에 미치는 영향, 고분자 용액 농도의 영향, 금속계 나노입자 첨가에 따른 나노입자의 섬유내 분포 및 방사상의 특이점, fiber collector의 재질에 따른 섬유의 포집상태, 비도전성 물질의 collector상부 설치 시 포집 섬유의 포집상태 등을 조사함으로써 보다 폭넓은 공정조건에서 전기방사의 유효성과 상업화 가능성에 대하여 연구하였다.

### 2. 실험

#### 2.1. 실험장치 및 시료

고전압발생장치는 모델명 SL50×300(Spellman High Voltage Electronics CO.)로, 50kV의 고전압을 발생 할 수 있으며 전기저항이 각각 다른 collector를 사용하였고 HITACHI사의 microscope(SEM) S-2400과 S-3000N을 사용하여 분석하였다. Coleparmer사의 주사기형 펌프(U74900-25)를 사용하여 토출량을 조절하였고, 전압측정은 100kV까지 측정 가능한 STATIRON-M2(Shishido Electrostatic, LTD)를 사용하였다. T사의 수평균분자량(Mn) 35,000인 아크릴(Acrylic)섬유를 N, N-Dimethylformamide(DMF)를 이용하여 용해하였다. 첨가제로는 Nanophase Technologies Corp.의 단일 입자크기는 25nm이며 평균 cluster 크기가 400nm인 이산화티탄늄 나노물질을 사용하였다.

#### 2.2. 실험조건

전기방사에 영향을 주는 본 실험에서는 전압의 변화(0~50kV), 방사거리의 변화(5~50cm), 고분자용액 농도의 변화(3~23wt.%), collector 재질의 따른 변화, PAN/DMF용액에 TiO<sub>2</sub> 나노입자를 첨가 하였을 때 전기장과 web의 형태의 변화와 나노입자가 전기방사시 미치는 영향에 대해 조사하였다.

### 3. 결 과

PAN/DMF용액을 공정변수로 전압/방사거리, PAN의 농도, collector의 재질에 따른 섬유의 포집상태, 비도전성 물질의 collector상부 설치 시 포집 섬유의 포집상태, 이산화티탄늄 나노입자 첨가 등의

변화를 주어 전기방사를 한 결과 다음과 같다.

- 전압이 높아짐에 따라 부직포 web의 크기는 collector의 크기 내에선 점차 증가하며, web을 이루는 Fiber의 직경은 5kV부터 25kV까지는 전압이 높아짐에 따라 감소하였다.

- 전압이 25kV이고, 방사거리가 5~25cm사이 일 때는 원활한 전기방사가 이루어지나, 5cm이하에서는 용매가 미처 다 휘발되지 못하여 bead, droplet이 많이 생성되어 부직포 web을 만들 수 없다. 35cm이상에서는 전기장이 약하여 collector에 fiber들이 제대로 하전되지 않고 이산되어 날아가 적층된 web의 양이 적었으며 fiber 직경이 불균일하였다.

- 고분자농도가 8~23%일 때 web을 형성할 수 있었으며 12~17%일때 가늘면서도 균일하며 bead나 droplet이 없는 부직포 web을 만들 수 있었다.

- Collector를 전기전도도가 가장 높은 동판으로 설정하였을 때가 전기방사 자체는 잘 이루어져 가장 가는 fiber로 구성된 부직포 web을 만들 수 있었으나, web의 중심부분과 외곽부분에서의 불균일하게 적층되었다. 동판 상부에 절연물질인 OHP 필름을 붙인 경우가 균일한 부직포 web을 만들 수 있었으나 높은 전압이 필요하다.

- 수평균분자량 35,000의 PAN/DMF를 전기방사할 때, 최적의 공정 조건은 전압은 25~30kV, 방사거리는 15cm, 고분자농도는 12~15wt%, collector는 알루미늄 코팅 동판을 사용한 경우이며, 이때 평균 섬유직경이 300nm 정도의 균일한 부직포를 만들 수 있다.

- 첨가된 금속나노입자로 인해 기대되었던 효과에 대해서는 아직 더 연구가 필요하다.

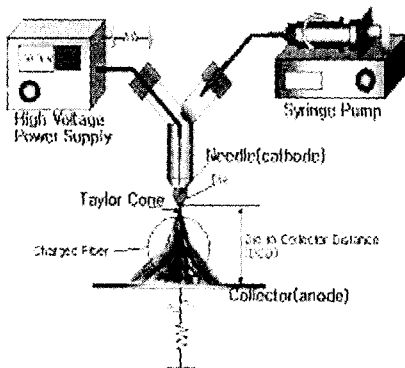


Fig 1

Fig 1. Schematic diagram of the electrospinning apparatus.

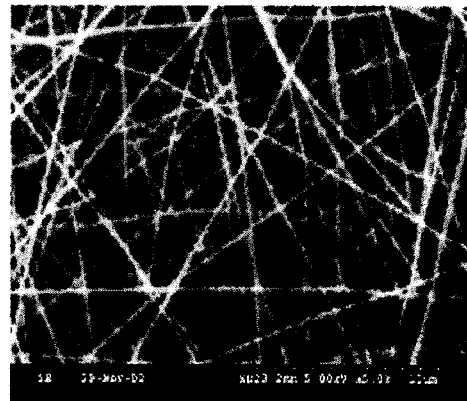


Fig 2

Fig 2. SEM photographs of PAN fibers electrospun using 15wt.% solution, fixing DCD 15cm and voltage 30kV simultaneously. ( $\times 5000$ )

## 5. 참고문헌

1. G. C. Rutledge, M. Y. Shin, S. B. Warner, A. Buer, M. Grimler, and S. C. Ugbolue, "A Fundamental Investigation of the Formation and Properties of Electrospun Fibers", NTC Report, M98-D01(1999)
2. J. Deitzel, N. C. Beck Tan, J. D. Kleinmeyer, J. Rehrmann, D. Tevault, D. Reneker, I. Sendjarevic and A. McHugh, Army Research Laboratory Report ARL-TR-1999(1999)
3. J. M. Deitzel, W. Kosik, S. H. McKnight, N. C. Beck Tan, J. M. DeSimone and S. Crette, "Electrospinning of polymer nanofibers with specific surface chemistry", *Polymer*, **43**, pp.1025-1029(2002)
4. Kosuke Ohgo, Chenhua Zhao, Mitsuhiro Kobayashi and Tetsuo Asakura, "Preparation of non-woven nanofibers of Bombyx mori silk, Samia cynthia ricini silk and recombinant hybrid silk with electrospinning method", *Polymer*, **44**, pp.841-846(2003)