

# 나노섬유 기반 고성능 방수 원단 제조기술 개발

정구, 김현기  
한국섬유소재연구원  
tkfxoddl@koteri.re.kr

## Development of manufacturing technology for nanofiber-based high performance water proof nonwoven fabric

Koo Jung, Hyun Ki Kim  
Korea High Tech Textile Research Institute

### 요약

나노섬유는 직경 1 $\mu$ m 미만의 초극세 섬유상 물질로 양산성과 응용 측면에서 전기방사(Electrospinning) 기법이 가장 효율적으로 생산 가능하며, 전기방사된 나노섬유는 이면에서 표면지 기공이 무작위로 연결된 3차원 망상구조로 단위부피 당 비표면적이 넓고, 60~80%의 높은 기공률을 가져 투습 방수용 의류 분야에서 전기·전자 기기용 부품까지 전 산업 분야에 다양하게 적용되고 있으며 거의 모든 전자기기에서 제품의 수명과 신뢰성 향상을 위해 고기능화와 더불어 수명 관련 등급확보 등 다양한 요구가 있음.

스마트폰을 비롯한 최신 전자기기들은 급격한 온도 변화, 고도 및 압력 변화, 터치스크린에 가해지는 압력 및 침수 등 다양한 환경 조건에 노출되며, 성능 향상을 위해 더욱 많은 부품, 센서 등이 탑재되면서 제품 내·외부 간의 환경에 편차가 높아지고 있으며 장기 사용 시 이러한 문제는 하우징 실링에 압력을 가해 물과 오염물질이 장치에 유입, 트랜스듀서(Transducer)의 왜곡과 음향 품질 저하는 물론 기기의 오작동과 고장 등의 원인이 됨.

특히 전자기기의 생활필수화에 따라 항상 사용자와 함께하는 제품들의 경우 다양한 수분 환경에 노출되는 경우가 많아 방수 기능을 필수적으로 제공할 필요성이 있음.

3차원 다공성 망상구조의 나노섬유로 구성된 고기능성 원단은 최적의 방수 소재로 전자기기의 내·외부 압력평형을 빠르게 유지하면서 스피커와 리시버, 마이크의 왜곡현상을 최소화할 수 있으며, 기기의 수명향상은 물론 신뢰성 증진을 동시에 만족할 수 있는 부품소재임.

기존에 사용된 불소계, 비불소계 방수제의 안전성에 관한 문제가 논의되기 시작하면서 환경유해물질이 잔류하고 우리 인체에서 배출되는 시간이 매우 오래 걸린다는 것이 판명되었기 때문에 전 세계적으로 불소계, 비불소계 방수제 사용을 금지하고 있는 추세이며, 이를 대체할 수 있는 방수제 연구가 활발히 진행되고 있음.

따라서 C6타입의 방수제가 주로 사용되고 있으며 C6 타입의 방수제는 종래의 C8 타입에 비하여 촉감, 초기발수성, 내구성, 가격 등에서 문제는 많지만, 기술개발이 지속적으로 행해지고 있어 차레차레 해소되어 갈 것이라고 생각되며 아직도 C8 타입의 방수제를 사용하여 가공하는 해외 가공업체와의 경쟁이 당분간 우려가 되기도 하지만 최종적으로는 친환경 방수제의 사용으로 전환이 필요한시점임.

따라서 본 연구에서는 전자기기용 방수 나노섬유 제조기술을 통한 나노 부직포 제조 및 C6이하 친환경 방수제 코팅 기술 적용을 통한 표준화 및 평가를 진행 할 예정임.

## 1. 서론

나노섬유 기반 전자기기용 고성능 방수원단 기술 개발은 휴대용 전자기기에서 자율주행자동차, 사물인터넷 등 4차 산업혁명을 리딩할 핵심적인 부품소재로 선진국에 대한 기술선점은 물론 독자적인 기술 개발을 통한 물성의 비약적 향상을 가져올 수 있는 신기술로 반드시 연구, 개발 및 지원이 필요한 분야임.

따라서 본 연구에서는 나노섬유화가 가능한 고성능 고분자 및 나노입자를 선택하고, 최적 구조의 나노섬유 디자인 및 유·무기 혼합방사를 통해 나노섬유를 제조하고, 제조된 나노

섬유를 최종 목적에 맞도록 후처리하여 방수 특성을 극대화하는 것임.

## 2. 본론




### 2.1 전기방사를 이용한 나노섬유 제조

#### 2.1.1 나노섬유 용매 시스템 및 안정성 평가

PVDF, TPU 소재는 PTFE (polytetrafluoroethylene)와 유사한 불소계 수지로 PTFE와 달리 DMF나 DMAc와 같은 유기용매에 대한 용해성과 생체적합성, 내마모성, 내광특성 등

이 우수하여 전기방사용 소재로 다양하게 이용되고 있음.  
 본 연구에서는 전자기기에 적합한 나노소재 멤브레인으로 PVDF, TPU를 소재를 선정하고, 이를 고속 전기방사를 실시하기 위해 다양한 용매 시스템에서의 시간경과에 따른 겔화를 통해 용액의 안정성 평가를 진행하고 결과에 따라 최적의 용매로 DMF를 선정하였음.

[표 1] 전기방사 용액의 안전성(시간경과에 따른 겔화유무) 평가

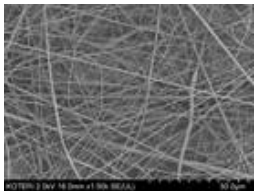
재료	용매	용액 상태	농도 (wt%)	사진
PVDF or TPU	DMF	Gel	17	
	DMAc	상분리		
	NMP	No Gel		

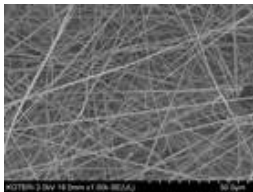
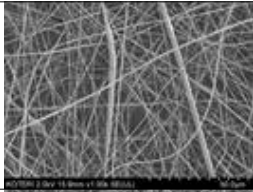
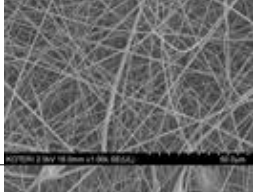
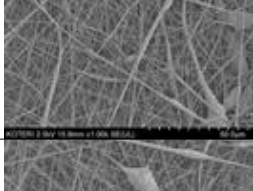
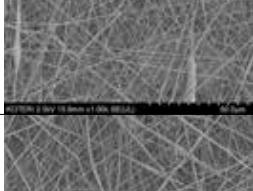
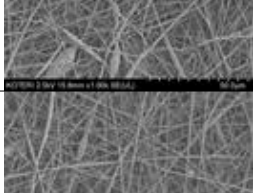
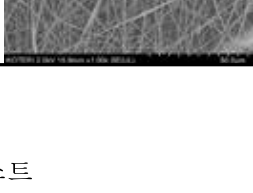
2.1.2 Lab Scale 전기방사 가능성 검토

온도, 습도, kV, DCD, 토출량, 노즐 길이/크기(L/D)에 따른 방사성 평가 및 전기방사 조건별 SEM 분석 진행하였음.(젖음, 젖음/비드, 비드 다수, 양호 평가)

- 방사온도 : 25, 50℃
- 습도 : 35±2 %
- 고전압 : 40kV
- DCD : 400mm
- 토출량 : 0.1g/min
- 노즐 : 27G(1/2")

[표 2] FVDF 전기방사 조건별 방사성 평가

농도 (wt%)	온도 (℃)	섬유직경 (μm)	FE-SEM
17	25	0.47	 양호

16	50	0.41		양호
	25	0.48		양호
15	50	0.37		양호
	25	0.37		비드 다수
14	50	0.26		비드 다수
	25	0.25		비드 다수
	50	0.27		비드 다수

2.2 발수가공 테스트

2.2.1 발수처리 가공 조건

제조된 PVDF, TPU 나노섬유 부직포를 불소계, 비불소계, C6타입 발수제로 처리하였으며, 이때 발수제 5%로 나노섬유를 5분간 침지 하였음. 이후 → padding → 건조 순으로 진행하였음.

### 2.2.2 Padding

- Pick-up율 : 피가공물의 단위면적 당 수분율을 의미함. Pick-up율이 높으면 과도한 건조에너지가 소요되고 낮으면 건조에너지를 절감할 수 있기 때문에 생산현장에서는 매우 민감한 요소가 되고 있음. 그러나 pickup율 결정은 처리하는 약품의 농도와 연계해서 정해야 함. 본 연구에서는 pick-up 율 30%로 진해함.

### 2.2.3 건조

일반적으로 건조 온도는 물이 끓는 온도보다 조금 높은 120℃ 정도에서 5분 이내로 권장하고 있음. 이는 발수제 성분이 섬유 내부까지 충분히 침투한 상태에서 서서히 수분을 증발 시켜야 발수제 성분이 그대로 섬유에 흡착할 수 있으나 이보다 높은 온도에서 건조할 경우 발수제와 수분의 섬유 표면으로의 이동으로 인한 발수성의 불균일성은 물론, 수분의 과도한 증발로 인해 발수제성분까지 휘발되어 처리효과가 떨어질 수 있음.



[그림 1] 발수 효율 증진을 위한 건조 조건

본 연구에서는 PVDF, TPU 및 발수제의 열적 특성을 고려하여 90~100℃에서 2분간 건조 하였음.

### 2.2.4 발수도 분석

KS K ISO 4920에 의거, 가공 샘플별 발수도 측정

[표 3] 발수도 평가결과

구분	PVDF			TPU		
온도	90	95	100	90	95	100
불소계	3	4	4-5	3	4-5	4-5
비불소계	4	4-5	4-5	3	4-5	4-5
C6타입	3	4	4-5	3	4	4-5

## 3. 결 론

본 연구에서는 PVDF, TPU를 원료로 하는 나노섬유 제조 및 최적 공정 조건을 확립 하였으며, 최근 문제가 되고 있는 불소계, 비불소계 발수제를 대체할 C6타입 발수 가공제의 가능성을 테스트하였음.

그 결과 95℃ 이상에서 4등급이상의 결과값을 나타내는 것으로 보아 완전 건조가 이루어져야 발수제 기능이 원활하게 발현되는 것으로 판단됨. 또한 C6계 발수제도 기존에 사용되고 있는 불소계, 비불소계 발수제와 비슷한 수준의 발수등급을 보여 활용 가능성을 확인하였음..