

---

## 고온 내열용 PTFE 코팅 아라미드 직물 동향

---

융복합섬유팀

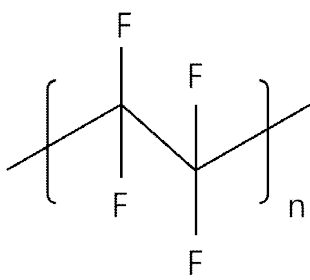


ECO융합섬유연구원  
Korea Institute of Convergence Textile



## 1. 서론






◎ 산업기술이 발달하면서 그에 필요한 산업자재들 또한 다양하고 특수한 기능이 요구되고 있으나 국내에는 산업용 섬유자재, 특히 수퍼섬유를 활용한 산업자재에 대한 연구가 미비한 상황으로 수입자재 의존도가 높아 국산화 연구개발이 절실한 분야이다.

○ 1938년 미국의 화학자 Roy Plunkett의 발견 이래 불소 화합물의 표면처리는 모든 산업 부문의 재료에 널리 사용되고 현재까지도 그 응용이 끊임없이 개발되고 있다.

○  PTFE(Polytetrafluoroethylene)은 불소와 탄소의 강력한 화학적 결합을 하고 있는 불소수지로, 매우 안정한 화합물을 형성하고 있으며 테프론(듀폰사), 플루온(ICI사) 등의 상품명에 있다. 높은 화학적 안정성으로 인해 내약품성이 뛰어나며, 높은 온도(325°C에서도 안정)에서 변화하지 않는다. 도금용 투입 히터의 케이스나 열교환기 등에 이용된다. 전기특성도 양호하며 불연성으로 내후성도 좋고, 비점착성으로 마모계수도 작으며 무독성이다. 내약품성을 이용한 벨트, 롤, 이형(異形)성을 이용한 금형의 내면 라이닝, 주방용품에서는 프라이팬, 제빙기의 내면 라이닝 등에 이용된다.

○ 코팅 방식에 따라 일반 액상 도장(conventional spray), 정전 도장(electrostatic spray), Dip-spin 도장 등이 일반적으로 많이 쓰이고 있으며, Hot flocking, coil coating, roller coating, fluidized bed, arc spray 같은 특수한 도장법도 있다. 또한 코팅 횟수에 따라 one-coat, two-coat, three-coat 등이 일반적이며 두꺼운 도막을 위해 multiple-coat(다중 코팅)를 할 수 있으며 전처리 과정 및 건조, 가열, 소성의 공정으로 비점착성, 내약품성, 비유성, 절연성, 대전방지성, 내열성, 저마찰특성 등 불화탄소수지 고유의 특성을 얻을 수 있는 장점이 있다.

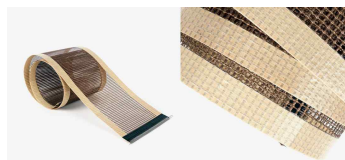
	비점착성	테프론에는 거의 모든 물질이 달라 붙지 않음 점착성이 아주 강한 재료의 경우에도 대부분 쉽게 분리
	저 마찰계수	부하, 미끄러지는 속도, 사용된 코팅 종류에 따라 다를 수 있으나 일반적으로 0.05~0.20 정도임

	비유성	테프론을 코팅한 표면은 물이나 기름이 잘 묻지 않기 때문에 청소가 용이하며 많은 경우 자동적으로 청결이 유지됨
	내열성	최고 290°C/550°F까지 연속 사용이 가능하며, 적절한 통풍 조건 하에서는 최고 315°C/600°F까지도 간헐적으로 사용이 가능
	전기적 특성	광범위한 주파수대에 걸쳐 높은 절연성, 낮은 손실률 및 높은 표면저항을 가짐 특수 기술로서 도전성을 부여하여 정전기 방지용 코팅제도 있음
	저온 안전성	극히 낮은 온도에서도 물리적 특성을 잃지 않음 최저 사용 온도는 -270°C/-454°F임
	내화학성	일반적으로 화학적 환경에 영향을 받지 않음 테프론 코팅에 영향을 미치는 것으로 알려진 화합물은 용융 알칼리 금속과 고도의 반응성을 지닌 불소계 화합물임

○ 아래는 PTFE의 특성을 나타낸다.

- Outstanding temperature resistance (from -170°C + 260°C)
- Resistant to corrosive caustic cleaning agents
- Resistant to corrosive agents
- Low thermal mass
- Controlled porosity
- Superior non-stick surface, easy to clean
- High dielectric strength
- Dimensional stability
- Resistance to UV, IR and HF
- Non-toxic
- Superior tracking

○ 이러한 비점착성, 내열성의 특성으로 인해 반대 급부로 가공처리 또한 낮은 부착성, 고온에서의 처리 등 매우 가혹한 조건에 의하여 획득이 되므로 불소수지 코팅은 유리섬유 직물, *p*-Aramid, *m*-Aramid 등의 고내열 소재에 국한되고 있고, 다양한 산업분야의 건조벨트 및 고온 이형·이송체 부품소재로 사용되고 있는 고성능 핵심 부품소재로서 현, 국내에서 생산기술이 미비하고 거의 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정이다.



## <불소코팅 아라미드 직물>

### 2. 개요

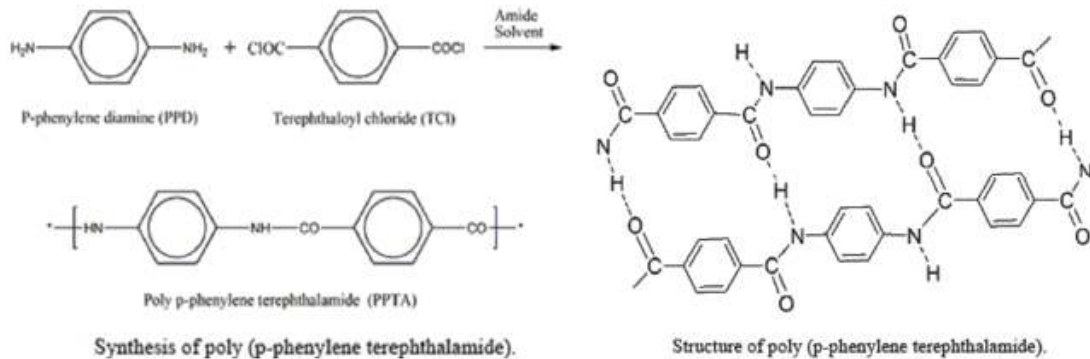
#### ◎ 테플론 코팅의 특성

- PTFE를 액상 도료화하여 페인트처럼 표면에 비활성의 단단한 코팅층을 형성하여 특유의 특성을 발현시키는 것을 목표로 한다.



#### ◎ PTFE 코팅용 아라미드 직물의 제작기술과 관련된 원사 특성 이해

- Aramid는 지난 수십년간 내열성 또는 고강도 섬유로 많은 연구 및 개발이 이루어져 왔으며, 크게 *m*-Aramid, *p*-Aramid로 나누어진다. 국내에서 주 연구가 이루어진 *p*-Aramid는 20~26g/d 수준의 높은 인장강도와 460~1,100g/d 수준의 인장탄성률을 가지면서도 다른 초고강력사에 비해 상대적으로 낮은 가격으로 인해 초고강도 섬유 시장의 70% 정도를 차지하는 대표적인 슈퍼섬유이다.
- 이에 비해 *m*-Aramid는 강도와 탄성률은 폴리에스터와 비교될 정도로 낮은 수준이지만 우수한 내열성, 난연성 및 전기절연성 등을 가지며 고온 여과재료, 절연지 및 방호복 등에 폭넓게 사용된다.
- 보통 *p*-Aramid로 불리는 섬유는 1971년 미국의 듀폰사에 의해 상업적으로 개발된 PPTA(poly-(*p*-phenylene terephthalamide))이며 이는 85% 이상이 아래와 같이 연결된 분자 구조로 이루어져 있고, 이웃한 분자쇄 간은 수소 결합을 이루어 매우 강력한 구조를 가지고 있다.
- 이로써 용융 불가한 PPTA는 적절한 용매에서 액정을 형성하게 되므로 이러한 강직쇄로 이루어진 액정 방사를 통하여 기본적으로 매우 강한 섬유 특성이 발현된다.



- *p*-Aramid는 액정 섬유로, 대부분이 결정으로 이루어지고 거의 100%의 섬유축 방향으로의 분자쇄가 배열된 분자구조 Eons에 PET나 나일론과 같은 일반섬유와 같이 부드럽거나 어느 정도의 신도를 갖는 것이 아니라 고탄성이고 신도가 낮아 제직하기에 아주 까다롭다. 즉, 제직 시 반복적인 개구 및 바디침으로 인한 경사장력 및 직물장력 변화의 환경에서 전체 경사 간, 또는 이웃한 경사의 장력차이로 인해 제직 불균일과 관련된 불량으로 나타난다.
- 고온 내열용도 PTFE 코팅 아라미드 직물의 요건은 아래와 같다.
  - PTFE sintering 가능 : 내열성
  - Belt의 기본 요구 성능 : 길이 방향 고강도, 고탄성
  - 10여회 정도의 코팅 시 모우로 인한 불량 발생 : 모우가 없어야 함
  - PTFE 수지 부착성 : 유제, 호제 및 오염물 정련
  - 최종 제품의 사용 안전성 : 직물의 형태 정확성
- Aramid 섬유에 불소 수지 코팅은 Aramid 섬유 종류에 따라 다음과 같이 크게 2종류로 나눌 수 있다.
  - Aramid 섬유에 mesh 형태로 불소 수지 코팅
  - 평직으로 직조된 Aramid 섬유에 불소 수지를 충분히 코팅한 sheet 형태
- 또한, Aramid 섬유 외에도 유리섬유에 PTFE 코팅을 하여 다양한 분야의 용도로 사용되고 있으며, 일반적인 응용제품의 예는 다음과 같다.
  - 항공우주 : 진공 성형에 릴리스 천으로 사용되는 다용도 블리더 재료, 진공 성형에 사용되는 릴리스 테이프, 항공기 케이블 랩
  - 의류 : 직물소재와 부직포소재의 결합을 위한 지지체, 직물 핸들링을 쉽게 하기 위한 봉제기계 및 커팅 테이블의 커버
  - 카펫 : 후면의 PVC 합성고무를 결합하여 큐어링 챔버를 통과하기 위한 이송체
  - 화학 : 산업현장에서 화학물질의 가공 및 포장을 위한 운반체 컨베이어 벨트, 유해화학물질의 비산 방지를 위한 커튼, 부식 방지를 위한 탱크라이닝 소재, 부식 처

리를 위한 플렉시블 덕트 직물소재

- 복합 재료 : 왁스 및 화학 세척제에 대한 필요성이 불필요하며, 마무리 작업 및 클린 소모시간 절감을 위한 이형용 직물
  - 음식 : 베이킹 트레이 라이너, 연속되는 냉동 제품의 해동용 컨베이어 벨트
  - 포장 : 열전달용 테이프 및 실링바에서의 폴리 필름 릴리스 제품, 수축 포장 컨베이어 벨트, 폴리백 결합 용도 이중 벨트
  - 플라즈마 스프레이 테이프 : 표준 금속 또는 세라믹 플라즈마 분사 공정과 HVOF 및 그릿 블라스팅에 사용되는 마스킹 테이프
  - 플라스틱 : 냉각 챔버를 통한 압출 부품 운반용 직물 벨트
  - 섬유 : 자동화 건조기 시스템에서의 모든 이송체 직물, 스크린 인쇄, 합성섬유의 열처리, 부직포의 큐어링 등
- 테프론이 가지는 우수한 특성은 제품 제조 시 고온 처리, 낮은 부착성에 대한 문제 해결이 필요하며, 코팅 시 수지 부착률이 낮아 특수 코팅 설비에서 고온의 열처리를 수차례 반복해야 한다. 특히, 고온 내열을 위한 테프론 코팅은 다중 코팅으로 더욱 까다로운 원단 품질이 요구되므로 코팅에 필요한 *p*-Aramid 직물은 엄격하고 높은 수준의 품질이 요구된다.
- *p*-Aramid 섬유는 고강도이나, 그 미세구조의 특성상 인장력에 비하여 전단이나 압축 방향으로의 물성은 다소 취약한 면을 보이고, 습식방사를 하고 스킨 부분의 고강도, 고탄성 물성이 나타나므로 가늘게 하여야 더 높은 물성을 얻기가 용이하여 용융방사 섬유에 비하여 무수히 많은 필라멘트로 구성되어 있다.
- 따라서, 단사 절사의 결과로 나타난 모우가 다소 많은 편이며, 제직 중의 가이드, 롤러, 종광, 바디 등에 의한 마찰, 전단, 비틀림의 각종 외력에 의하여 단사 절사가 많이 일어나는 특성이 있으므로, 제품을 개발하기 위해서는 제직 시 발생하는 모우를 줄이기 위하여 사이징(sizing) 공정이 필수적이다.
- 사이징 공정을 통해 제직된 직물을 오염이 없고, 불소수지 부착성이 향상된 PTFE 코팅하기 위해서는 정련 공정 또한 필수적이나, 국내에는 광폭의 산업용 직물의 정련에 적합한 설비는 전무한 실정이며, 있다 하더라도 몇몇 기업에 한정되어 있어 향후 산업용 섬유 개발 및 발전을 위해서는 이러한 인프라가 구축되어야 한다.
- PTFE 코팅에 있어 대부분의 substrate로는 유리 직물을 사용하고 있으나, 고강도, 고내구성을 위하여 유리섬유보다는 Aramid 섬유를 사용하고 있는 실정이다. 하지만, PTFE 코팅용 Aramid 섬유는 지금까지 수입에 의존하는 형태가 지속되어 왔으며, 수입대체를 위해 국내 기술 개발이 시급하다.

### 3. 기술동향

#### ◎ 국내 기술 동향 및 수준

- Aramid 섬유를 사용한 PTFE 코팅 기술은 어느 정도 선진 기술에 접근해 있다고 판단되며, 원가 절감에 의한 가격 경쟁력 및 생산성 향상, 납기 단축에 따른 적기에 공급할 수 있는 국제 경쟁력이 필요할 것으로 보인다.
- 특히, 국내 H사의 경우, 외산 Aramid 섬유에 대한 일반 불소 수지 코팅 뿐만 아니라 기능성 불소 수지 코팅의 기본적 기술은 축적된 상태이나, 아직 Aramid 섬유의 코팅 기술은 부족한 것으로 보고 있다. 그 이유는 유한회사인 H사를 제외한 국내 불소 수지 코팅 업체 중 Aramid 섬유에 불소 수지를 코팅한 제품이 시장에서 판매되고 있지 않기 때문이다.
- Aramid 불소 수지 코팅 제품인 경우, 관련 제품 적용 시장 규모는 국내의 경우 400억원 추산(2012, 산업통상자원부, 슈퍼섬유기반조성사업 보고서 인용)되며, 5% 정도가 국내 제품으로 나머지 95%를 수입에 의존하고 있는 수준이다.
- 수출의 경우, 국내 H사에서 5억원/년 수준으로, 이는 *p*-Aramid 직물 형태를 수입에 의존하여 가공하고 있어 가격 경쟁력의 부족으로 미약한 수준이나 전자, 식품산업 및 정밀 화학산업 등의 고내열, 내구성 및 안정성이 우수한 아라미드 계열 테프론 코팅 직물의 수요는 점차 커져가고 있는 추세로 그 수요량은 갈수록 증가하고 있으므로, 국내 Aramid 소재의 적용과 이에 대한 가공 기술이 뒷받침 된다면 가격 경쟁력 확보 시 상당한 수출이 예상된다.

#### ◎ 해외 기술 동향 및 수준

- 슈퍼섬유 *p*-Aramid 레노직물은 녹이 슬지 않으며 가볍고 유연하다는 점에서 높은 시장성을 가지고 있어 독일이나 러시아, 미국, 일본 등에서는 식품산업을 비롯한 각종 이송용 벨트, 동력전달용 벨트, 막구조 보강용 등 다양한 용도로 적용하여 각 수요산업에 맞춘 성능을 구현하는 기술을 개발하고 있다.
- Aramid 섬유에 대한 불소 수지 코팅 제품의 경우, 미주 및 서구 제품은 거의 선도적인 수준의 기술로 파악되고 있으며, 중국산 제품은 Aramid 섬유의 품질 문제와 함께 불소 수지 코팅 기술의 부족으로 제품 자체의 품질은 좋지 않은 상태이나, 최근 기술 수준이 점점 상향되고 있는 수준이고, 저가로 국내외 시장 점유율을

늘려가고 있는 상황이다.

- 대표적 선진제품인 미국 D사의 기술수준을 엿볼 수 있는 예로 Aramid 레노 직물의 PTFE 코팅 제품을 들 수 있다. 산업용 벨트류로 주로 사용되는 직물로서 그 특징은 다음과 같다.
  - Release Property : PTFE의 릴리즈 특성이 다른 고온 재료보다 우수하며, 이형의 특징은 작동 온도의 전체 범위에 걸쳐 유지됨
  - Permeability : 최적의 기계적 강도를 유지하여 직물상 오픈된 영역의 범위를 최대한으로 넓혀, 건조속도를 최대화 시킬 수 있도록 공기의 흐름을 높은 수준에서 제어할 수 있음
  - Dimensional Stability : *p*-Aramid에 의한 직물의 보강은 287도의 온도에서도 기계적 하중 및 장력에서 1%이하의 변형률을 가지므로 폭과 길이에 대한 변형이 낮아 형태안정성이 매우 우수함
  - Chemical Resistance : PTFE 코팅 수지의 *p*-Aramid의 적정 도포로 화학물질 및 용매에 대한 내구성이 높음

#### 4. 국내외 관련기업 현황

- 섬유소재에 PTFE를 코팅하는 국내 기업은 소수에 불과하며, 선진국을 추격할만큼 기술은 축적되어 있으나 아직까지 해결해야 할 과제들이 있음은 분명한 사실이며, 기존 선진 제품의 독점과도 같은 시장 진출을 위한 지속적인 연구가 뒷받침 되어야 한다.

##### ○ 관련 국내 기업

업체명	관련제품
(유)한국타코닉	산업용 PTFE 패브릭, 테이프, PTFE 벨트, 건축용 막재, 실리콘 패브릭, 고내열성 테이프, 식품가공용 제품, 이형시트 등
(주)나루	산업용 벨트, 테이프, 내열 테이프, 테프론 천막재, 적층용 패드 등
동보기업	테프론 코팅 직물 및 산업용 벨트 전문 제조
한남기업	테프론 코팅 업체
벨트론	산업용 컨베이어 벨트, 우레탄, PVC, 실리콘, 특수벨트 제조

- 미국의 Dupont사가 Kevlar 소재를 중심으로 용도전개를 함으로써 이를 활용한 소재의 제직기술 및 가공기술에 대한 선두주자라 할 수 있고, 일본의 Toray 클러스터 업체의 수퍼섬유 제직업체들의 경우 탄소섬유와 아라미드 같은 고강도, 저신도 소재들의 제직기술에 대한 기술 수준이 매우 높다.



## ○ 관련 해외 기업

업체명	국가	관련제품
Taconic	미국	PTFE Fabrics, Silicone Fabrics, PTFE Belting 등
AFC	미국	PTFE Fabrics, Silicone Fabrics, PTFE Belting 등
Precision Coating Co., Inc.	미국	PTFE Coated Fabrics, Anti-Static PTFE Coated Fabrics, Silicone Coated Fabrics 등
Textile Technologies Europe Ltd	영국	Fabrics, Coated Fabrics, Webbing Tape, Knitted Tape 등
Green Belting Industries Limited	캐나다	PTFE Coated Fabrics, PTFE Coated Woven Glass with Silicone Adhesive 등

## 5. 결론

- 각종 산업용 설비의 net-dryer, 벨트, 이형포 등의 부품에 사용되는 불소 수지 (PTFE) 코팅 Aramid 직물은 전량 수입에 의존하고 있는 실정으로, 이에 대한 국 산화를 위해 정부의 지원과 기업을 비롯한 각계의 적극적인 참여 및 연구개발이 필요한 시점이다.
- 현재 국내 대기업에서 소재개발이 진행되고 있기 때문에 개발에 대한 능동적인 커뮤니케이션으로 상품화를 위한 적극적인 대응이 가능하며, 제품화 기술 확보 및 시장 점유의 시지를 더욱 앞당길 수 있을 것으로 판단된다. 불소 코팅 Aramid 직 물은 소재의 용도 전개의 다양성과 산업 전반에 이용되는 수입제품 대체를 목적으로 기술의 수준을 선진국과 동일하게 경쟁할 수 있도록 올릴 수 있는 좋은 계기가 되고, 보다 명확한 시장에 진입을 한다는 것에 대한 의의가 있으며 향후 개발제품 외에 고온, 고내구성, 구조 지지체로서 접목되는 건축, 토목분야, 레저분야 등 개발 소재를 이용한 다양한 용도로의 제품 전개가 가능할 것으로 보인다.

## 참고문헌

1. 테프론 코팅의 용도 및 제조공정도 적용 사례
2. 텍스토피아 자료, PTFE 아라미드 직물 동향
3. 고내열성 아라미드 섬유, 김경우