

의류용 폴리에스터 섬유

1. 서론

합성섬유란 석유 등을 원료로 사용하여 화학적으로 합성한 물질로부터 제조된 섬유로 나일론, 아크릴, 폴리에스터, 비닐론, 폴리프로필렌, 폴리염화비닐, 폴리에틸렌, 폴리우레탄, 아라미드, 폴리 유산(Poly(lactic acid)) 등 섬유 종류가 다양하다.

그 중에서도 20세기 초에 발명된 나일론, 아크릴 및 폴리에스터 3대 합성섬유는 실용적인 측면에서 천연섬유보다 우수한 물성(강도, 치수안정성, 내구성, 방충성 등)이 많고, 품질 안정성도 확보되었기 때문에 석유화학공업의 발전에 따라 대량 생산되었다. 특히 폴리에스터 섬유는 가격 대비 성능이 우수한 섬유로 세계 섬유 시장에서 급성장하여 현재는 천연섬유를 포함한 전체 섬유 중 생산량이 가장 많다.

본고에서는 의류용 폴리에스터 섬유에 초점을 맞추어 기본적인 지식과 특성, 용도 및 섬유로부터 제품이 만들어지기까지 다양한 가공 등에 대해서 소개한다.

2. 폴리에스터 섬유

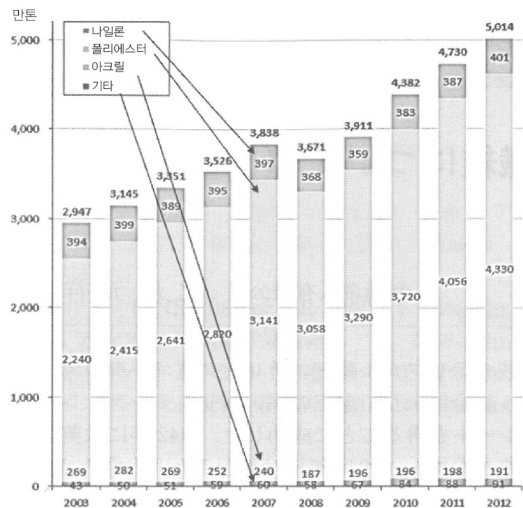
폴리에스터 섬유는 Carothers(미국)에 의해 나일론보다 먼저 합성되었지만, 지방족 폴리에스터로 융점이 낮았기 때문에 실용성이 떨어졌다. 그 이후에 Whinfield와 Dickson (Calico Printers사, 영국)은 방향족 테레프탈산과 에틸렌 글리콜의 에스터결합으로 융점이 높은 폴리에틸렌 테레프탈레이트를 제조하였다. 1942년에 영국 특허를 획득하였고, 1943년에 ICI(영국)와 공동으로 상품명 “Terylene”으로 개발되었지만, ICI가 특허권을 얻어 생산한 것은 1955년이였다. 한편, Dupont사(미국)에서도 폴리에스터 섬유에 착안하여

1953년에 상품명 “Dacron”으로 생산하였다.

일본에서는 1957년에 데이진(Tejin)과 도레이(Toray)의 2개사가 공동으로 ICI로부터 기술을 도입하여 1958년부터 상품명 “Tetoron”으로 생산한 이후, 일본 레이온(현, 유니타카), 도요보, 쿠라레이 등이 생산 설비를 구축하여 현재 총 7개사가 폴리에스터 섬유를 생산하고 있다.

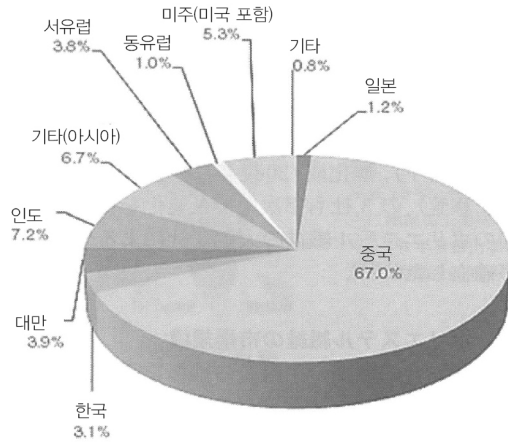
3. 폴리에스터 섬유의 시장규모

〈그림 1〉은 세계 합성섬유의 생산량 변화이다. 2012년에 전체 합성섬유 생산량은 5,014만 톤이며, 폴리에스터, 나일론 및 아크릴의 3대 합성섬유가 전체의 98% 정도이고, 그 중에서도 폴리에스터가 전체의 86% 정도로 폴리에스터 중심으로 생산이 지속적으로 증가하고 있다.



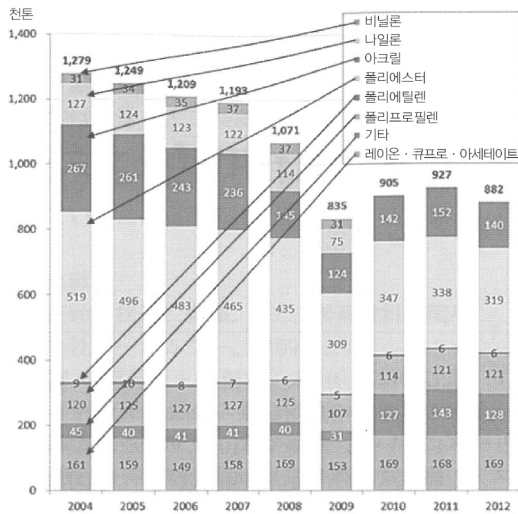
〈그림 1〉 세계 합성섬유의 생산량 추이

합성섬유의 주요 국가별 생산비율을 살펴보면, 세계 합성섬유의 약 70% 정도가 중국에서 생산되며, 한국에서 생산량은 약 3.1%이다(그림 2).



〈그림 2〉 합성섬유의 주요 국가별 생산비율(2012년)

일본의 화학섬유 생산량은 매년 감소하고 있다(그림 3). 폴리에스터 섬유의 생산량도 1992년 75.1만톤(필라멘트 44.6만톤, 스테이플 30.5만톤)을 정점으로 매년 감소하여, 2012년에는 31.9만톤으로 최대 생산량일 때와 비교하면 절반 수준으로 감소하였다(그림 4).

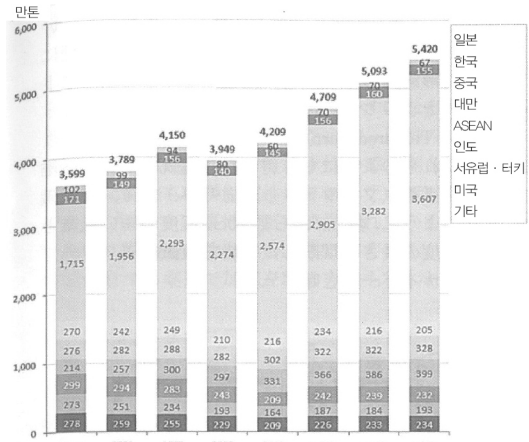


〈그림 3〉 일본의 합성섬유 생산량 추이



〈그림 4〉 일본의 폴리에스터 생산량 추이

그러나, 주요 국가별 화학섬유의 생산량 변화를 살펴보면, 세계적으로 화학섬유의 생산량은 증가하며, 특히 중국의 신장률이 크고 다른 국가의 생산량은 거의 변화가 없다(그림 5). 2012년에는 중국의 화학섬유 생산량은 3,607만톤으로 세계 생산량의 약 67%정도 이다.



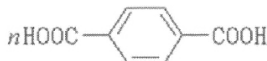
〈그림 5〉 주요 국가별 화학섬유의 생산량 추이

이와 같이 화학섬유는 중국을 중심으로 주로 해외에서 생산되며, 일본의 국제경쟁력은 가격을 포함하여 떨어지고 있지만, 고도의 기술을 적용한 고기능 차별화 품종의 생산과 엄격한 생산관리·품질관리기술을 바탕으로 고급품 분야에서 점유율 확보를 도모하고 있다.

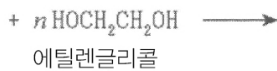
4. 폴리에스터 섬유의 특성과 용도

폴리에스터는 2개의 카복실기[$-\text{COOH}$]를 가지는 디카복실산과 2개의 수산기[$-\text{OH}$]를 가진 디올의 중축합 반응으로 얻어지며, 에스터결합[$-\text{COO}-$]를 가지는 직쇄상 고분자의 총칭이다.

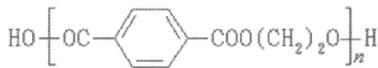
예를 들면, 테레프탈산과 에틸렌 글리콜의 중축합 반응으로 제조되는 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET, 그림 6), 테레프탈산과 1,3-프로판디올로 제조되는 폴리트리메틸렌 테레프탈레이트(PTT, 그림 7), 테레프탈산과 1,4-부탄디올로 제조되는 폴리부틸렌 테레프탈레이트(PBT, 그림 8), 2,6-나프탈렌 디카복실산과 에틸렌 글리콜로 제조되는 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN, 그림 9) 등의 다양한 종류가 있다.



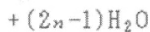
테레프탈산



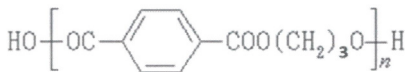
에틸렌글리콜



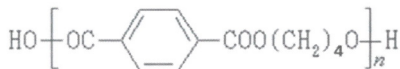
폴리에틸렌 테레프탈레이트



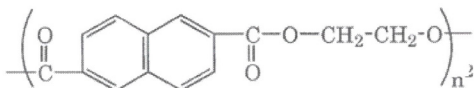
〈그림 6〉 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET)



〈그림 7〉 폴리트리메틸렌 테레프탈레이트(PTT)



〈그림 8〉 폴리부틸렌 테레프탈레이트(PBT)



〈그림 9〉 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN)

이와 같이 폴리에스터는 산성분과 알코올성분이 에스터 결합으로 서로 연결된 구조의 고분자이지만, 일반적으로 폴리에스터 섬유는 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET)를 말하며 폴리에스터 생산량의 대부분을 차지한다.

참고로 폴리에스터 섬유(PET, PTT, PBT)의 성능을 비교하여 정리하였다(표 1).

〈표 1〉 폴리에스터섬유의 성능 비교

물성항목	PET	PTT	PBT
강도(cN/dtex)	3.7~4.4	2.8~3.5	3.5
신도(%)	30~38	45~53	38
탄성률(cN/dtex)	97	20	23
20% 신장회복률(%)	29	67~88	40
비중	1.38	1.34	1.34
수분율(%)	0.4	0.4	0.4
비등수 수축률(%)	7	7~9	15
융점(°C)	254	230	230
유리전이온도(°C)	69	51	25

폴리에스터 섬유는

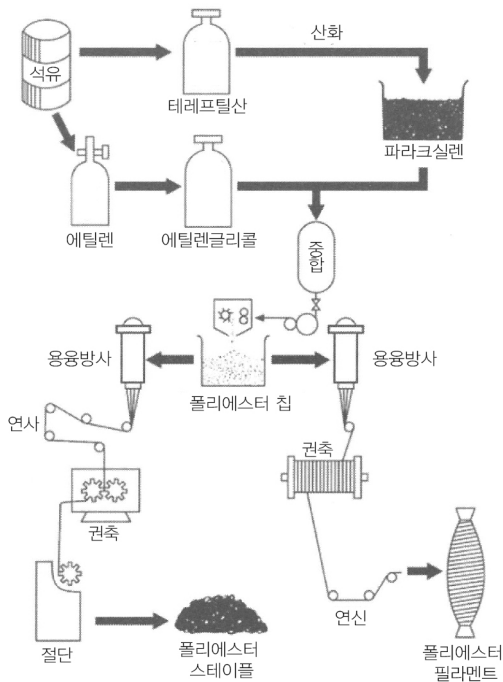
- ① 강도가 높고, 젖은 상태에서도 강도변화가 없다
 - ② 마모에 강하다
 - ③ 구김이 쉽게 발생하지 않고, 발생하더라도 쉽게 회복된다
 - ④ 흡습성, 흡수성이 거의 없고, 즉시 건조된다
 - ⑤ 장시간 햇빛에 노출되어도 강도저하가 거의 없다
 - ⑥ 열가소성이기 때문에 플리트 가공이 용이하다
 - ⑦ 약품에 강하고 벌레나 곰팡이의 상해를 받지 않는다
- 등의 특징을 가지고 있다.

이와 같은 다양한 특징으로 취급이 용이하기 때문에 의류 소재로 많이 사용되며, 부인복, 신사복 등의 일반 의류용도에서 스포츠웨어, 아웃도어 등의 발수성, 흡한 속건성, 내수성 등의 기능성이 요구되는 용도까지 많이 사용된다.

또한 커튼, 식탁보, 이불 커버, 시트, 방석 등의 인테리어·침장용도, 자동차 시트, 자동차 내장재, 안전벨트, 자동차용 타이어 보강재, 필터, 인공피혁·합성피혁, 우산지, 재봉사 등의 비의류 용도에도 사용된다.

5. 폴리에스터 섬유의 제조

〈그림 10〉은 폴리에스터 섬유의 제조공정이다. 폴리에스터 섬유는 원료가 되는 고분자화합물(폴리머)의 칩을 고온으로 용해시켜 노즐을 통해 압출시킨 후 냉각 고체화시키면서 연속적으로 권취하여 섬유가 된다.



〈그림 10〉 폴리에스터 섬유의 제조공정

이와 같이 방사되어 1,000m/분 정도의 저속으로 권취된 미연신사(UDY: Undrawn Yarn)는 섬유구조가 불안정하기 때문에 다음공정에서 연신(및 열처리)으로 분자의 섬유축 방향으로 배열(배향)이나 결정화가 일어나서 강도나 내열성 증가 등의 섬유특성이 부여된다. 과거에는 이러한 연신 공정을 별도의 공정으로 실시하였지만, 최근에는 방사-연신을 하나의 공정으로 실시

하는 직접방사 연신사(SDY: Spin Draw Yarn 또는 FDY: Fully Drawn Yarn 등)가 일반적이다.

이에 반해 과거의 방사방법에서 방사속도를 올리고 미연신사를 고속(2,500~4,000m/분)으로 권취하는 부분 연신사(POY: Partially Oriented Yarn)는 거의 결정화가 일어나지 않았지만 부분적으로 배향도가 높아진 미연신사가 되어 내열성이 향상되기 때문에 이 POY사에 꼬임을 가한 후 열처리로 형태를 고정시키고 해연하여 실에 토크와 크림프를 형성시킨 드로 텍스처사(DTY: Draw Texture Yarn)를 얻을 수 있다.

이와 같이 제조된 섬유중 길이가 긴 섬유를 장섬유(연속 필라멘트), 천연섬유처럼 수cm~수십cm 정도의 짧은 섬유 정도의 길이로 절단된 섬유를 단섬유(스테이플 섬유)라 한다.

폴리에스터 섬유는 합성섬유이기 때문에 섬유를 제조하는 단계에서 화학적 또는 물리적으로 개질시켜 다양한 성능을 부여할 수 있는데 대표적인 사례는 다음과 같다.

5.1 원료 단계에서 개질

섬유의 원료인 고분자 화합물(폴리머)에 제 3성분을 공중합시키거나, 무기성분 또는 유기성분을 첨가·혼합시키는 방법으로 섬유의 성능을 개량할 수 있다.

이 방법으로는 염색성 개선이나 저융점화, 광택제거, 난연성이나 대전방지성 부여, 섬유 표면의 요철(凹凸)화 등의 개량이 가능하다.

① 제전성 폴리에스터

폴리에스터 섬유는 공정수분율이 0.4% 정도로 낮기 때문에 마찰에 의해 정전기 발생 및 먼지가 부착하기 쉽고, 피부에 쉽게 달라붙는 성질이 있다. 이를 방지하기 위하여 원료인 고분자에 제전성능을 가진 친수성 첨가제를 혼합하여 섬유로 만든 것이 제전성 폴리에스터로 속옷, 란제리, 안감 등에 사용된다.

또한, 직물·편물 등의 원단에 제전성이 있는 약제로 가공하는 방법도 있다.

② 난연성 폴리에스터

폴리에스터 섬유는 본래 불에 타고 용융되지만, 원료인 고분자에 열분해에 의해 불연성 가스를 발생하는 물질이 함유된 첨가제나 다른 난연성 고분자를 첨가하여 섬유로 만든 것이 난연성 폴리에스터로 커튼, 침장품 등에서 사용된다.

또한, 직·편물 원단에 약제로 난연 성능을 부여하는 방법도 있다.

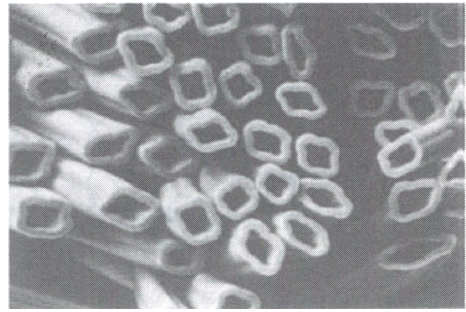
5.2 섬유 단면 형태에 의한 개질

폴리에스터 섬유의 원료를 다수의 세공(細孔)이 있는 노즐로부터 압출되어 섬유상으로 만들 때 구멍 형상을 변화시키거나 압출조건을 변경시키는 방법으로 섬유자체의 단면 형상이 삼각형이나 편평한 모양, 중공, +자 등인 다양한 이형 단면의 폴리에스터 섬유를 제조할 수 있다. 이러한 단면 형태를 활용하여 폴리에스터의 기본적인 성능은 그대로 유지하면서 천연섬유에는 없는 태, 광택, 기능(흡한속진, 경량보온, 방투습성, 방시인성(防視隠性) 등)을 지닌 새로운 원단을 만들 수 있다.

단면 형태에 의한 개질의 대표적인 것은 천연섬유에서 유일한 장섬유인 실크를 목표로 만든 실크 라이크 직물로, 1965년경부터 연구하기 시작하여 실크의 단면을 모방한 삼각형 단면섬유를 이용하는 방법, 알칼리 감량가공으로 섬유간 공극을 만드는 방법 등 원리적인 것은 밝혀졌으며, 알칼리감량 생산기술의 확립으로 대량생산이 가능하게 되었다.

소광제를 함유하지 않는 브라이트계 삼각 단면의 폴리에스터 섬유는 투명감이 있는 아름다운 광택을 가지고 있다. 더욱이 이러한 기술을 응용하여 오각 단면, 육각 단면 섬유도 만들어지고 있다.

또한, 섬유 단면의 중심부에 빈 부분이 있어 겉보기보다 가볍고 따뜻한 중공 폴리에스터 섬유(그림 11)는 일반 의료용 및 이불 등의 충전재용으로 사용된다.



〈그림 11〉 중공 폴리에스터 섬유
(데이진 프린티어 : AERO CAPSULE®)

〈그림 12〉는 노즐구멍형상과 섬유단면형상의 예이다

노즐구멍형상	단면형상

〈그림 12〉 노즐구멍형상과 섬유단면형상의 예

5.3 복합방사에 의한 개질

복합방사기술에 의한 개질은 다른 타입의 원료(성분 또는 점도가 서로 다른 고분자 등)를 방사시 하나의 노즐에 함께 압출시켜 섬유화한 것으로 2층 접합 구조사, 코어 쉬스(core-sheath)사 등 다양한 종류가 있다.

천연섬유인 양모는 성질이 다른 2종의 단백질이 접합된 구조를 하고 있지만(그림 13), 2가지 단백질의 수축률이 약간 다르기 때문에 열이나 수분이 가해지면 고수축 성분이 내측에, 저수축 성분이 외측에 배치되는 나선모양의 수축이 일어난다.



〈그림 13〉 양모의 구조

이러한 원리를 응용한 폴리에스터 섬유로 데이진 프린터가 개발한 “Solotex®”는 2가지의 성질이 다른 PTT 고분자를 사이드·바이·사이드 상태로 접합시킨 섬유로서 쾌적한 스트레치성이나 부드러운 쿠션성 등의 특징을 가지고 있다.

또한 탄소 미립자를 일반 폴리에스터 섬유의 고분자와 복합방사하여 〈그림 14〉와 같은 단면 형상의 도전성 섬유가 만들어진다. 도전성 섬유는 일반 섬유와 섞어 직물 등으로 만들어 정전기가 문제되는 정밀전자부품, 의약품 등의 공장 작업복에 사용된다. 도전성 섬유를 사용하면 착용 중 정전기가 반복적인 코로나 방전에 의해 방출되기 때문에 정전기에 의한 장애가 방지되는 효과가 있다.

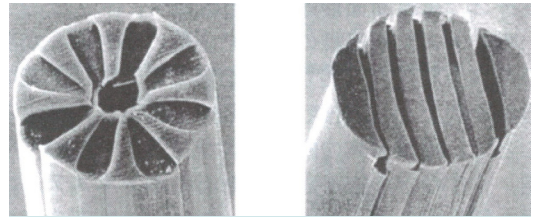


〈그림 14〉 도전성 섬유

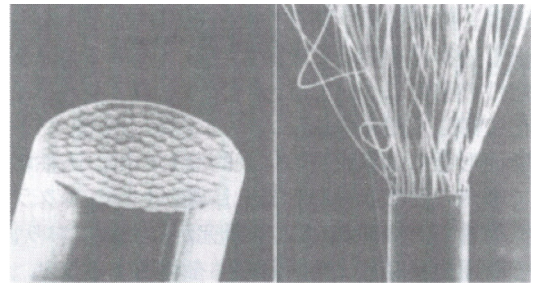
5.4 섬유의 극세화에 의한 개질

천연 섬유 중에서 실크가 가장 가는 섬유이지만, 이러한 실크의 1/10 ~ 1/100정도의 가느다란 극세 섬유가 복합방사기술로 만들어지고 있다.

폴리에스터와 나일론과 같은 서로 다른 2가지 성분으로 구성된 섬유나 폴리에스터와 열수 또는 알칼리에 용해되는 성분으로 구성된 섬유를 만들어 직·편성물로 제작한 후 열을 가하는 방법으로 2가지 성분을 분리시키거나 한쪽 성분을 용해시키는 방법으로 매우 가느다란 극세 섬유로 구성된 원단을 제작한다(그림 15, 16)



〈그림 15〉 분할형 극세섬유의 예



〈그림 16〉 용해형 극세섬유의 예

극세 섬유 원단은 유연하면서 부드러울 뿐만 아니라 섬유 사이에 형성된 공극도 아주 작기 때문에 표면적이 증가하는 특징도 있어 스웨드조 의류 등의 의료용 분야 뿐만 아니라 인공피혁, 각종 필터, 안경 닦기 등의 닦개 천(Wiping cloth), 고흡수성 타월 등에 활용되고 있다. 또한, 최근 데이진에서는 나노 단위의 초극세 폴리에스터 섬유 “NANOFONT®”를 개발하여 논슬립성과 파괴력을 이용한 장갑나 양말, 피지 오염을 닦아 제거하

기에 최적인 코스메틱 상품, 미용액의 침투를 촉진하는 마스크팩용 섬유제품 등에 응용하고 있다.

5.5 사가공에 의한 개질

사가공이란 실에 2차 가공을 실시하여 새로운 성능이나 특징을 부여하는 것으로, 다양한 방법으로 실에 권축을 부여하여 볼륨감이나 권축에 의한 신축성을 부여한 것이나 수축이 서로 다른 종류의 필라멘트를 혼합시킨 혼섬사로 수축률 차이를 이용하여 직편물에 팽윤감을 부여하는 이수축 혼섬 등이 널리 알려져 있다.

권축 가공의 대표적인 것은 멀티필라멘트에 꼬임을 가하고 꼬임 형태를 열고정한 후 해연하여 실에 토크나 권축을 일으키는 가연 가공 이외에, 실을 편성물로 짜서 열고정한 후 다시 풀어내는 방법으로 실에 환편 공정에서 부여된 형태적 특성을 그대로 지니게 하는 니트

드 니트(Knit-de-knit), 게다가 특수한 형상의 노즐에 압축 공기와 함께 실을 불어 넣는 방법으로 압축 공기의 작용으로 멀티 필라멘트가 루프를 형성하고 서로 얹혀서 방적사와 같은 외관을 가지는 가공사를 얻는 타슬란(Taslan) 가공 등이 있다.

6. 결론

본고에서는 의류용 폴리에스터 섬유에 초점을 맞추어 기본적인 지식과 특성, 용도 및 대표적인 가공 등에 대해서 소개하였다. 폴리에스터 섬유는 물성이 우수하고, 사용 편이성이 우수하기 때문에 다양한 용도로 폭 넓게 사용되고 있다.

일본소비과학 Vol.57 No.7 / Vol.58 No.9