

PTT의 활용과 잠재 성장 가능성

개선된 PTT 섬유의 특성과 활용

폴리트리메틸렌 테레프탈레이트(polytrimethylene terephthalate)는 열가소성 고분자의 일종으로서 주로 폴리트리메틸렌 테레프탈레이트 섬유 즉, PTT 섬유를 생산하는데 이용되고 있다. PTT 섬유에 대한 연구는 1990년부터 빠르게 진행되어 왔으며 듀폰(DuPont)이나 셸(Shell)과 같은 유명한 회사에서 PTT 연구를 위한 많은 노력을 기울여 왔다. 듀폰에서 만든 PTT는 소로나(Sorona), 셸에서는 코테라(Corterra)로 각각 불리고 있다.

PTT섬유의 흡수도는 일반 폴리에틸렌 테레프탈레이트 섬유보다 훨씬 낮기 때문에 의복용으로 PTT 섬유의 적용을 확대하기 위한 개발과 더불어 열과 수분평형을 유지시킬 수 있는 의복의 기능성을 향상시키기 위한 방법으로서 단면 형상의 이형화를 통한 섬유의 특성을 개선시키는 것이 필수적이다.

여러 유명한 회사들은 합성 섬유에 투습성을 부여하기 위한 수많은 연구를 해왔다. 이러한 바탕으로 듀폰의 쿨맥스(Coolmax), 효성의 에어로쿨(Aerocool), 아쿠아에프(Aqua-F), 홍콩 유희의 소브텍(Sorbtek), 그리고 대만 칭구앙의 쿨텍(Cooltech) 등이 개발 되었다.

일반적으로 합성 섬유의 공기 및 수분 투과성을 개선시키는 방법에는 두 가지가 있다. 하나는 친수성 고분자를 사용한 복합 방사, 표면 가공 처리나 이형 단면화를 포함하는 물리적인 방법이 있고, 또 다른 하나는 그래프트 공중합을 통해서 고분자에 친수성기를 부여하는 방법이 있다. 여기서 우리는 방사구의 형태를 디자인하고 방사 요소들을 조절함으로써 다양한 종류의 이형 단면을 갖는 PTT 섬유를 만들어 낼 수 있다.

고분자 섬유의 한 종류로서 PTT 섬유는 PET 섬유와 같이 견고한 페닐기

를 가지고 있는데 PET의 두 메틸렌(methylene)과 매우 다르게 PTT의 고분자 상에 페닐기를 연결한 세 개의 메틸렌이 있다. 이 메틸렌 수가 홀수인 경우에 볼 수 있는 현상으로 PET 섬유보다 PTT 섬유의 고분자 고리가 더 굴곡성을 가지게 된다. PTT 섬유 고분자의 굴곡 구조는 “Z” 형태와 흡사하다.

PPT 섬유의 결정화 속도는 PET 섬유보다 약 15배에 달하기 때문에 PTT 섬유의 결정화도는 PET 섬유의 40%보다는 적은 약 30%를 나타내고 있다.

이런 독특한 고분자 구조로 인하여 PTT 섬유는 낮은 모듈러스(modulus)와 우수한 신축성을 가지고 있다. 동일 응력 하에서 PTT 섬유는 높은 변형(strain)을 얻을 수 있어서 PET나 나일론 섬유, PBT 그리고 다른 탄성 섬유보다 더 부드러운 촉감을 지니고 있다.

저온에서 캐리어 없이 가능한 염색은 PTT 섬유의 후처리 비용을 상당히 절감시키게 한다. 가장 적합한 염색 온도는 110~120°C이며 염색의 품질은 일반 섬유와 유사하다. PTT 섬유의 열 고정 온도는 PET보다 훨씬 낮으며 PTT 섬유의 신축성은 열 고정에 의해서 감소되지 않는다. PTT 섬유는 내후성, 내염소성, 스트레치성, 정전기 방지성, 방오성, 이지 케어성과 같은 다양한 특성을 지니고 있다.

24시간 이후의 PTT 섬유의 수분 흡수성은 0.03%이고 14일 후는 단지 0.15%에 이른다. PET 섬유에서 흡수성은 0.09% 그리고 0.45%이다. 이처럼 PTT 섬유에 대한 수분 흡수 능력은 의복의 편안함에 대한 요구와 거리가 멀기 때문에 의복에 PTT 섬유의 적용을 확대하기 위해서는 단면 이형화 가공을 통해서 PTT 섬유의 공기 및 수분 투과성을 개선시키는 것이 필수적이다.

이러한 연구를 통해서 우리는 개선된 섬유의 단면적으로 모세관 흡수도를 충분히 적용하기 위해 PTT 섬유의 낮은 흡수성을 이용해 왔다. 표면적의 비율이 증가하게 될 것이고 수분은 계면 사이의 장력에 의해 빨리 의복 바깥

으로 배출될 것이다.

다양한 형태의 단면적은 각기 다른 모세관 흡수도를 가진다. PTT 섬유에 대한 공기 및 수분 투과성을 향상시키는 문제를 다룰 때, 우리는 모세관의 부가적인 압력차이, 유동, 속도, 모세관과 섬유의 수, 단면적의 형태, 동일 반경과 둘레 그리고 단면적의 면적과 같은 어떤 이해를 도출해내었다.

섬유에 대한 다양한 형태의 단면적에 따른 공기와 수분 투과성을 비교하기 위해서 우리는 형태 모델링 응용 프로그램인 비주얼 C++를 사용하였다. 형태 모델링의 이론적 기초는 무작위로 동일한 크기의 단면적으로 섬유의 종류와 형태를 입력하는 것이다. 일단 형태가 만들어지면 섬유의 설정과 방식을 예측할 수 있다. 실의 꼬임과 섬유 간에는 어떤 압력이 존재하지 않는다. 이것은 섬유가 이상적으로 방적사내에 자리 잡고 있다고 할 수 있다.

소재의 수분 흡수성, 실의 꼬임, 원단의 조직 그리고 그 외의 어떤 다른 요소들이 공기와 수분 투과성에 영향을 끼치는 요인들이다. 연구 중에 우리는 일시적으로 영향을 끼치는 다른 요인들을 간과하고 최종제품의 공기와 수분의 투과성과 개선된 단면적 사이의 상호관계로만 한정하였다. 모세관 흡수도에 대한 정비(direct ratio)를 가지는 동일 반경, 모관과 섬유의 수를 계산하여 우리는 순조로운 모세관 흡수도를 나타내는 좋은 단면적의 형태를 발견할 수 있었다. 이러한 모든 연구 작업은 새로운 섬유의 개발에 대한 유용한 참고자료로 이용될 수 있다.

다음 자료에서 우리는 섬유 단면적을 모델링한 그래픽을 몇 가지 제시하였다. 그리고 계산 결과와 분석은 아래와 같다.

모세관 흡수도의 필요조건은 모세관 현상 중에 수분 자체의 중력 못지않은 부가적인 압력이 존재한다. 이에 상응하는 공식은 다음과 같다.

$$\frac{2\sigma \cos \theta}{r} \pi r^2 - \pi r^2 h d g \geq 0$$

h - 모관상의 높이 (m);

g - 중력가속도 (m/s²);

d - 액체 비중 (kg/m³);

r - 모관의 동일 반경;

θ - 액체의 탄젠트 값;

σ - 액체/가스간의 상호 인장력(N/m),

[20°C, 물 = 0.0725(N/m)]

공식 (1)로 부터 다음과 같이 추론할 수 있다.

$$h \leq \frac{2\sigma \cos \theta}{rdg}$$

섬유 소재와 액체가 변하지 않는다면 모관상의 높이는 동일 반경이 더 작아질 때보다 분명히 높아질 것이다. 따라서 개선된 단면적을 지닌 섬유의 모관상의 동일 반경을 비교하는데 의미가 있다.

<표 1> 개선된 단면적과 관련한 형태 인자

	섬유의 수(N1)	모관의 수(N2)	모관의 동일 반경(r)	N1/N2
F1	123	42	0.2457	2.9286
F2	66	25	0.2255	2.64
F3	143	54	0.1987	2.6481
F4	111	54	0.2627	2.0556
F5	79	40	0.1820	1.975
F6	140	92	0.1522	1.5217

<표 1>을 통해 우리는 F6의 모관의 수가 최대화될 동안 동일 반경이 최소화됨을 바로 확인할 수 있다. 이러한 관점에서 공기 및 수분 투과성을 개선시키기 위한 보다 나은 선택으로서 F6을 취할 수 있다.

그런데 우리는 쉽게 적합한 형태를 발견할 수 있다. 이러한 부가적인 방법으로 노동력과 시간을 아낄 수 있을 뿐만 아니라 제품 개발의 다음 단계를 위한 폭넓은 범위를 제공받을 수 있다.

PTT 방적사와 원단의 디자인 초안 : 낮은 모듈러스와 부드러운 촉감으로 인해 PTT 섬유는 울(wool) 또는 모헤어(mohair)와 혼용되어질 수 있다. 만약 우리가 면과 PTT 스테이플을 섞는다면 원단은 면의 질감과 신축성을 얻을 수 있을 것이다. 면과 PTT의 적당한 비율은 대략 60/40이다. 반면에 최종 제품은 이상적인 강도와 편안한 촉감을 얻을 수 없다.

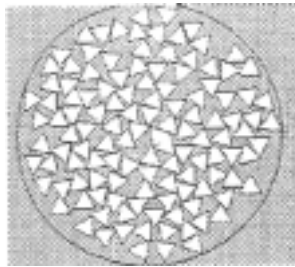
PTT 섬유는 또한 마, 대나무 섬유, 콩 섬유, 비스코스, 텐셀과 같은 것과 혼용될 수 있고 우수한 탄성 회복률과 부드러운 촉감을 지닌 식물, 부직포 그리고 편성물과 같은 섬유제품으로 만들어 질 수 있다. 이러한 원단은 미세 탄성력, 형태 안정화, 유연한 신장성 그리고 특유의 부드러운 촉감과 같은 성질을 지니고 있다. PTT 필라멘트(filament)는 실크 또는 다른 합성 필라멘트와 교직될 수 있다.

방적사의 섬도와 함께 두 수직적 방향간의 원단 피복률이 증가하면서 원단의 통기성은 개선될 수 있다. 반대로 물결무늬 구조와 꼬임과 같은 원단 피복 요소의 증가로 공기 투과성은 감소될 것이다. 온도와 습도에 대한 환경은 어느 정도로 원단의 편안함에 영향을 끼친다.

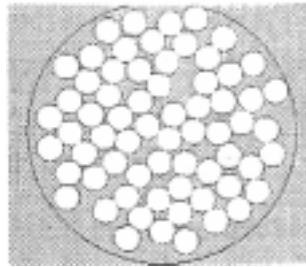
공기와 수분 투과성이 있는 원단의 디자인 예 : 이러한 연구로 우리는 PTT 필라멘트의 단면적과 동일한 단면화된 형태를 취하였고 모델링과 분석을 통해 이러한 형태가 통기성을 개선시킬 수 있음을 확신할 수 있었다.

경사가 110dtex/48f PTT 필라멘트, 800T/m(Z)이고 위사가 110dtex/48f PTT 필라멘트, 800T/m(Z) 그리고 75D/48f PET 필라멘트, 1200T/m(S)이고 구조가 물결무늬로 이루어져 있으며 위사의 설정은 PTT와 PET가 하나씩 차례로 삽입

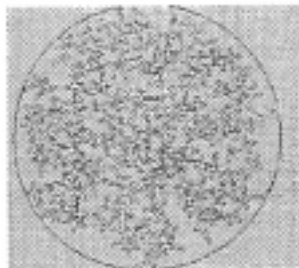
시킨다. 폭은 203cm 이고 전체 중량은 133g/m이며, 제직 장치는 제트 2300이다.



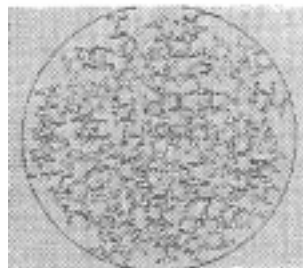
<그림 1>



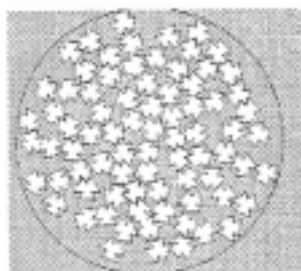
<그림 2>



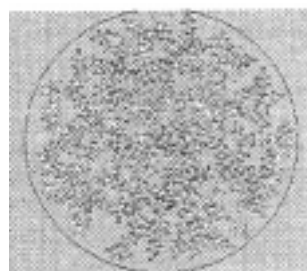
<그림 3>



<그림 4>



<그림 5>



<그림 6>

상해 시험연구소에서 시험을 의뢰한 결과는 통기성 요소가 80.0 정도이고 탄성 회복률은 95%를 초과한 수치를 나타내고 있다. 원단에 대한 수분률은 30분 동안 1% 정도 증발되었다. 보편적으로 이러한 특성은 일반 원단과 유사하다.

PTT 원단은 나일론을 대신해서 특히 트렁크 형태의 수영복과 스포츠 웨어인 의복용으로 폭넓게 사용되고 있다. 이것은 또한 가벼운 잠옷, 속옷, 구속복, 작업복, 스타킹 등으로 사용될 수 있다. 이러한 이유로 개선된 단면적을 가진 PTT 섬유는 의복용으로 각광을 받고 있다.

PTT는 독특하고 부드러운 촉감과 감마선(gamma ray)에 대한 저항성을 지닌 인조가죽을 만드는데 미세 섬유로 방사될 수 있다. 의류용의 부직포나 위생타월, 냅킨(napkin), 장식용 섬유제품 등으로 PTT 섬유는 부직포 시장에서 잠재된 성장 가능성을 갖고 있다.

PTT 섬유의 수분 흡수율은 매우 낮아서 더 많은 연구 노력이 필요하다. 그 중에서도 특히 공기와 수분 투과성을 개선시키는 것이다. PTT 섬유의 탄성은 매우 좋으나 이러한 탄성은 후처리의 원인으로 원단에 적절하게 드러나지 않을 수 있다. 그래서 이러한 문제는 가능한 한 빨리 해결되어야 한다.

결 론

폴리트리메티렌 테레프탈레이트 섬유는 부드럽고 탄성이 좋으며 염색성이 좋은 새로운 폴리에스터 섬유의 일종이다. PTT 섬유의 낮은 수분 흡수성을 겨냥해 우리는 단면 이형화 처리에 대한 연구를 진행하였다. 그동안 우리는 수학적 모델링과 분석을 통해서 섬유 단면적에 대한 형태를 선택하는데 이로운 방법을 발견할 수 있었다. 여기서 우리는 PTT 원단을 디자인하는데 어떤 구상을 통하여 디자인에 대한 한 예를 제공하였다. PTT 섬유의 활용은 광범위하지만 아직도 해결해야 할 PTT 섬유에 대한 문제가 여전히 남아있다.

(PTT uses and potential : Textile Asia, 2006, 4)