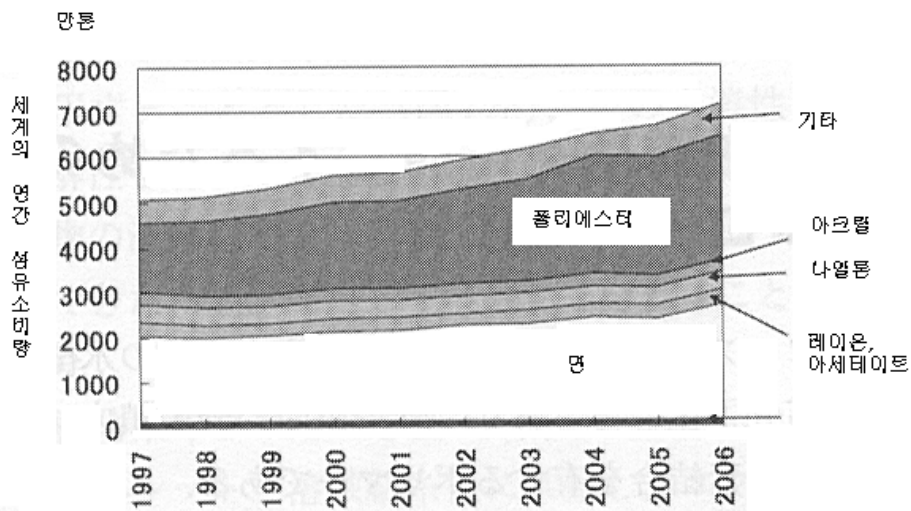


용융방사 셀룰로스가 섬유 “Foresse”

1. 서 언

세계의 섬유 소비량은 세계 인구가 매해 증가함에 따라 매년 증가하고 있으며, 2006년에는 대략 7,000만 톤의 섬유가 소비되고 있다<그림 1>. 폴리에스터, 나일론, 아크릴 등의 합성섬유는 기계적 특성이 우수하며 값이 싸다는 점 등의 이점으로 섬유 소비량의 약 50%를 차지하고 있다. 그러나 합성섬유의 원료는 석유로서 원료의 효율성 및 탄소 중립(Carbon-neutral)의 측면에서 문제가 된다.

* 탄소중립(Carbon-neutral): 경제활동으로 배출되는 탄소의 양이 전혀 없는 상태



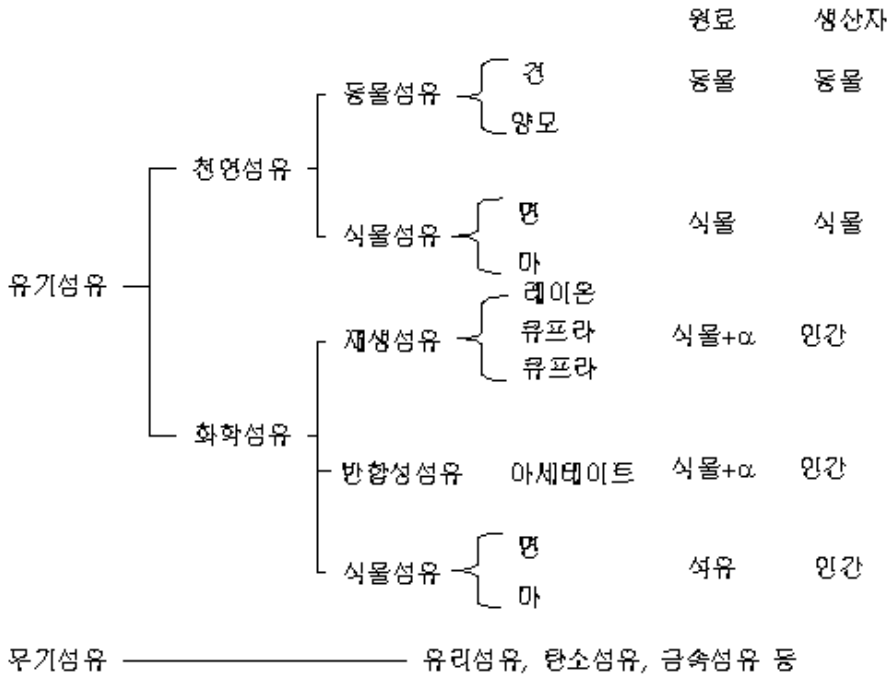
<그림 1> 세계의 연간 섬유 소비량

한편, 셀룰로스가 섬유 중 면은 약 2,000만 톤 이상, 레이온 및 아세테이트 등은 약 250만 톤 정도가 소비되고 있다. 셀룰로스는 광합성 및 이산화탄소와 물을 활용하여 매년 재생되는 바이오매스로서, 계획적으로 사용할 경

우 반영구적인 활용이 가능한 재료이다. 셀룰로스를 섬유는 흡습성 및 발색성 등의 장점이 있기 때문에 예로부터 사용되어 온 소재이지만, 최근에는 식물로부터 유래된 바이오매스로서도 높이 평가되고 있다.

2. 기존 셀룰로스계 섬유

유기섬유는 동·식물이 생산하는 “천연섬유”와 어떠한 방식이든 인간이 생산에 관여하는 “화학섬유”로 크게 구별된다. 천연섬유에는 동물이 생산하는 폴리아미노산계 섬유인 견, 양모 등이 있으며, 식물이 생산하는 셀룰로스계 섬유인 면, 마 등이 있다<그림 2>.



<그림 2> 섬유 분류

천연섬유인 면은 우수한 흡습성과 흡수성을 가진 쾌적 소재이며, 전세계적으로 널리 이용되고 있다. 섬유장이 길수록 고급품이며, 최고급면으로서는

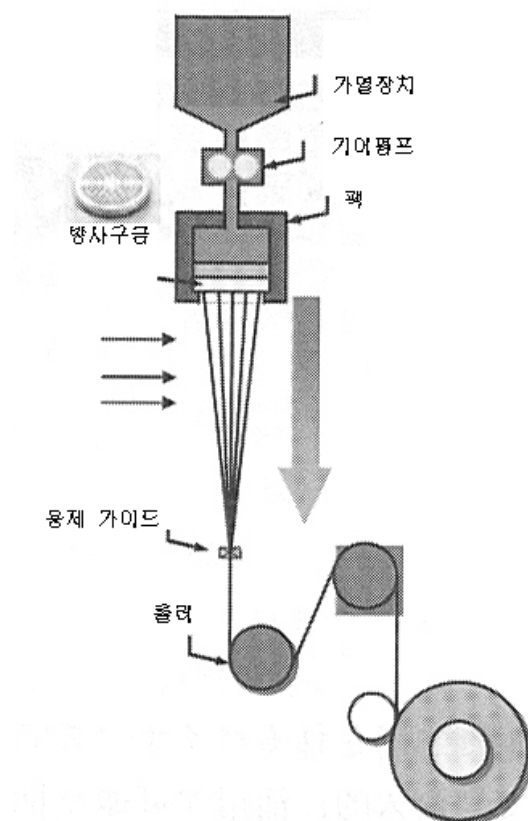
최장면인 해도면(Sea Island Cotton) 등이 알려져 있다. 면 섬유는 대표적인 천연섬유이며 의류 용도로서 알맞은 소재이지만, 필라멘트가 아닌 스테이플 상태이기 때문에 직물 및 편성물을 제조하기 위해서는 반드시 방적공정을 거쳐야 한다. 또한, 식물이 만드는 섬유이기 때문에 섬유의 단면 형상 등은 임의로 제어하는 것이 불가능하다. 합성섬유의 경우, 섬유 직경 및 단면의 형상 등이 임의로 설계가 가능한 반면 면의 단면 형상은 중공부를 가진 타원형이며, 섬유의 직경은 약 10 μm 의 수준으로 천연적으로 섬유의 직경이 매우 작거나 큰 것은 얻을 수 없다.

한편, 필라멘트로 얻을 수 있는 셀룰로스 섬유에는 레이온, 큐프라, 텐셀 등의 재생섬유와 아세테이트 등과 같은 반합성섬유가 있다. 레이온은 견과 유사한 우수한 광택을 지니고 있으며, 매우 우수한 흡습성, 드레이프성 및 양호한 촉감 등의 이점이 있어 고급 텍스타일에 채용되고 있다. 셀룰로스계 아세테이트도 우수한 발색성 및 적절한 흡방습성을 가진 고급 필라멘트로서 이용되고 있다. 최근에는 텐셀의 경우 스테이플이 주요 생산품이지만 세계적으로는 필라멘트의 생산량이 증가되고 있다.

그러나, 이러한 셀룰로스계 섬유는 고분자를 유기용매 등에 일단 용해시킨 후 비용매 혹은 가열 공기 중에 응고시키는 “용액방사”법으로만 제조된다. 셀룰로스는 일반적인 용제로는 용해가 어렵다. 셀룰로스의 “용액방사”에 사용되는 용제는 인체에 직접적인 유해한 영향을 미치기도 하며 취급이 잘못될 경우 폭발의 위험성이 있다. 이러한 이유로 셀룰로스계 섬유는 원료면에서는 셀룰로스를 사용하지만 제조면에서는 환경에 부담을 줄 수 있는 소재이다.

셀룰로스 섬유 제조에 있어 용제 사용을 피하고, 환경에 대한 위험성이 최소화된 상태로 섬유를 제조하기 위해서는 “용융방사”로 섬유화 하는 방법 외

에는 없다. 용융방사는 섬유 원료를 용융 압출기로 가열하여 용융한 후 기어 펌프로 정확히 계량하여 방사구금을 통해 용융된 고분자를 공기 중으로 밀어내는 단순한 공정이다<그림 3>. 고분자에 유동성을 부여하기 위해 필요한 조작은 단순히 가열하는 것 외에는 없으며 유기용매를 사용할 필요가 없어 친환경적인 방사 방법이다.



<그림 3> 셀룰로스 용융 방사의 모식도

3. 열가소성 셀룰로스 섬유 “Foresse”

고갈성 원료인 석유가 원료인 합성섬유를 소각할 경우 새로운 이산화탄소를 지구상에 배출하는 문제가 있다. 반면, 식물의 광합성에 의해 매년 재생산되는 셀룰로스 섬유를 사용하는 것은 지구환경에 있어 바람직한 일이다.

다만, 기존 레이온 및 아세테이트 등의 셀룰로스를 섬유는 섬유 제조시 환경에 대한 위험 부담성이 높은 약제를 이용하는 “용액방사”로만 제조가 가능하다.

식물로부터 얻은 셀룰로스 원료를 환경에 대한 위험성이 적은 용융방사로 섬유화 할 수 있다면 원료 및 생산 측면에 있어 바람찬 일이다. 본고에서는 용융방사로 섬유화가 가능한 새로운 셀룰로스를 섬유인 “Foresse”를 소개한다<그림 4>.

1. 지구상에서 가장 많이 광합성으로 생산되는 셀룰로스를 원료로 이용

- 비석유계 재생가능 재료
- 생분해성 환경적합 재료

재료	역톤/연
지구상의 셀룰로스 생산량	2,000
전세계 섬유 생산량	0.7

2. 유해한 약제를 이용할 필요가 없는 용융방사 기술로 제조

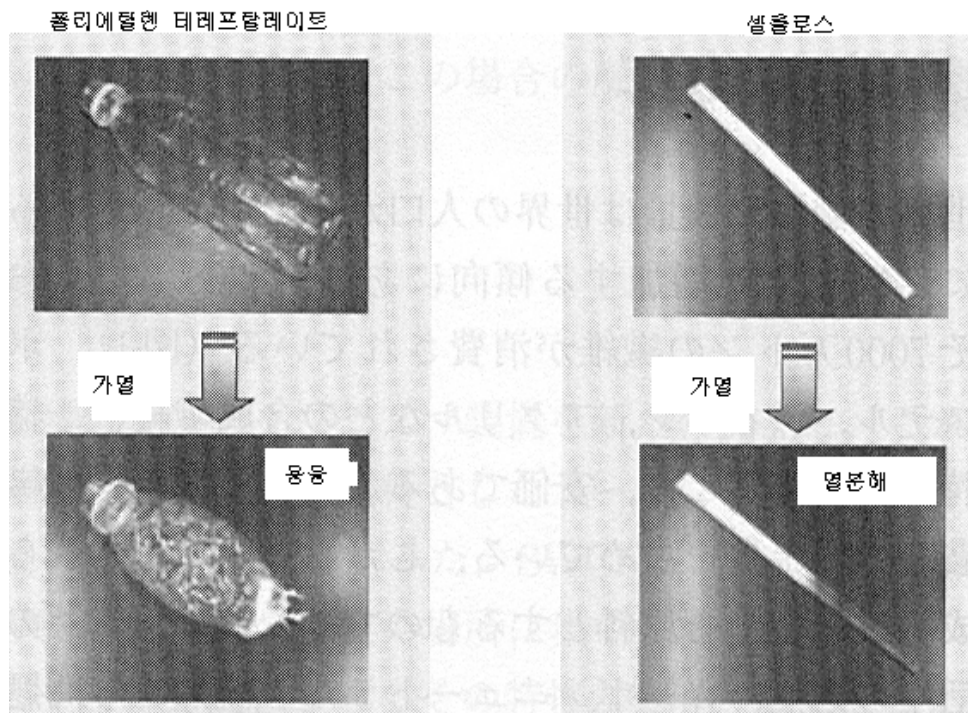
- 방사시 유기용매를 사용하지 않는 친환경 물질
- 다양한 실의 제조(이형단면, 중공, 극세 등)

⇒ 천연물 유래의 새로운 섬유의 창출

<그림 4> “Foresse”의 개요

4. 용융방사를 위한 셀룰로스 개질

셀룰로스는 글루코스 단위당 3 개의 수산기(-OH)를 가지고 있는 고분자로서 분자쇄간 및 분자쇄내에 강한 수소결합을 가지고 있는 고분자이다. 이러한 셀룰로스의 수소결합은 매우 강하기 때문에 열 에너지를 가할 경우 분자쇄가 움직이기 전(용융 전)에 열분해가 발생한다. 용융 방사로 제조되는 폴리에틸렌 테레프탈레이트는 열가소성이 양호한 고분자이다. 셀룰로스는 열가소성이 전혀 없기 때문에 그 자체로는 용융방사에 의한 섬유화가 불가능하다<그림 5>.

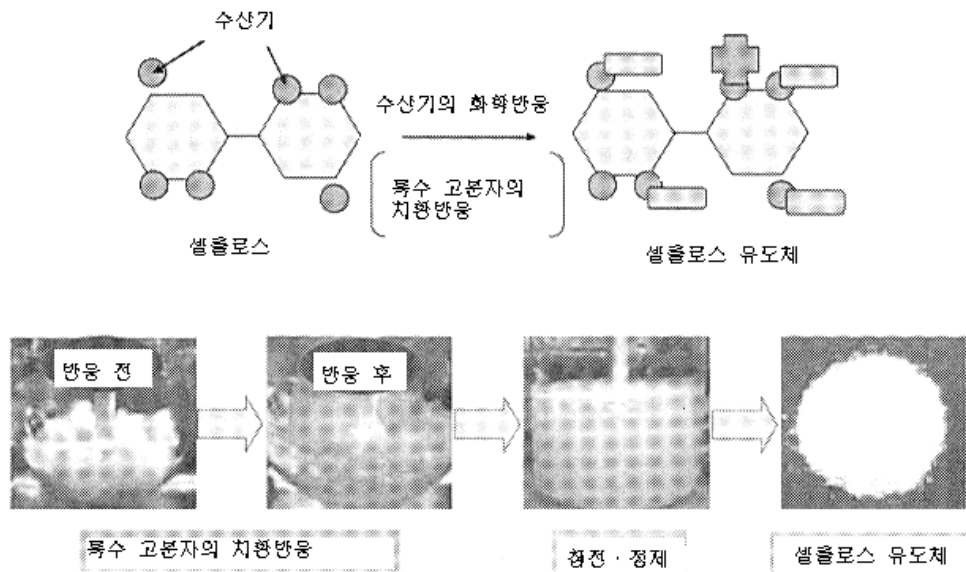


<그림 5> 소재의 열가소성

셀룰로스의 수산기를 봉쇄하여 수소결합력을 저하시킬 경우 양호한 열가소성을 얻을 수 있다. 수산기와의 반응이 비교적 용이한 에스터화, 에테르화, 카본메틸화 등은 일반적으로 알려진 반응이다.

가장 간단한 방법 중 하나는 에스터화로서 질산 및 황산 등 무기산을 이용한 에스터화, 초산 등 유기산을 이용한 에스터화가 가능하다. 셀룰로스의 에스터화 반응은 <그림 6>의 하단에 나타낸 바와 같이 실험실에서 간단하게 시행할 수 있다.

셀룰로스의 수산기에 부피가 큰 측쇄를 도입하는 것은 열가소성 부여를 위해 중요하지만 너무 부피가 큰 측쇄의 도입은 동시에 섬유적 열연화 및 강도를 저하시킨다. 용융 방사가 가능할 정도의 열 유동성과 섬유로서 이용 가능한 실용적인 내열성을 겸비한 물성을 얻기 위해 셀룰로스 치환기 및 치환도를 검사하여 최적의 고분자 사양을 결정하였다.

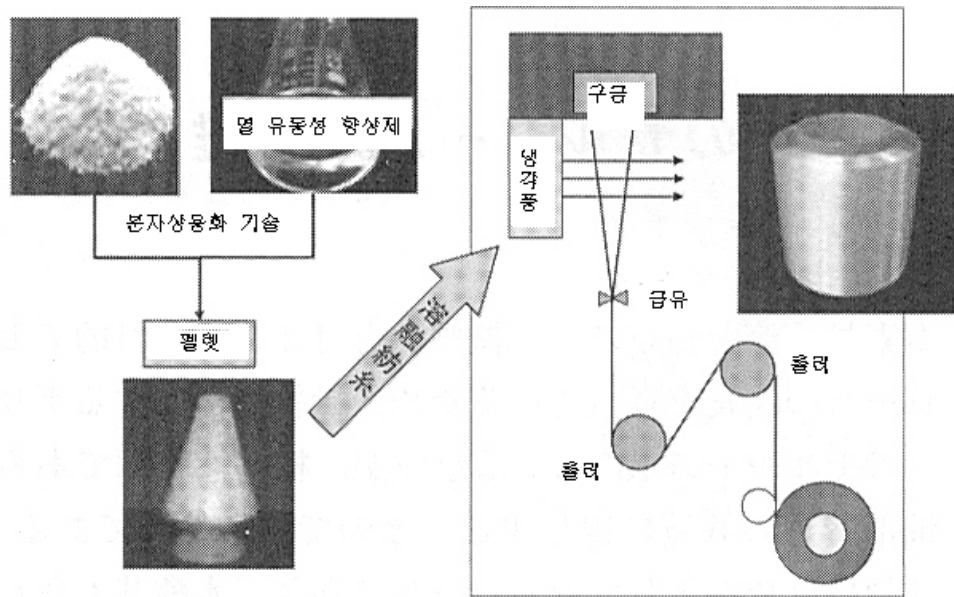


<그림 6> 셀룰로스 에스터화 반응

5. “Foresse” 섬유용 용융 방사

셀룰로스에 열가소성을 부여하기 위해 화학적으로 최적의 측쇄를 가진 고분자를 설계하였다. 이 자체로도 용융 방사가 가능하지만 용이한 섬유 제조를 위해 소량의 수용성 가소제를 병용하였다. 사용된 수용성 가소제는 생분해성을 가진 안전한 화합물이다. 이로 인해 고분자의 용융 점도 및 신장 점도가 대폭 저하되어 안정된 용융 방사가 가능하다.

용융방사 공정을 <그림 7>에 간략히 나타내었다. 고분자 펠릿(pellet)을 용융 방사기에 공급하고 이를 압출기 등의 가열 수단을 이용하여 용융시킨다. 용융된 고분자를 필터 팩 내에 설치된 방사 구멍을 통과시켜 대기중으로 방출하며 이때 대기 중에서 방출된 고분자의 온도가 내려가면서 고화되는 매우 단순한 공정이다. 방출된 필라멘트 섬유 한 올은 회전하는 고깃 롤러(godet roller)에 감긴 후 패키지에 권취된다.



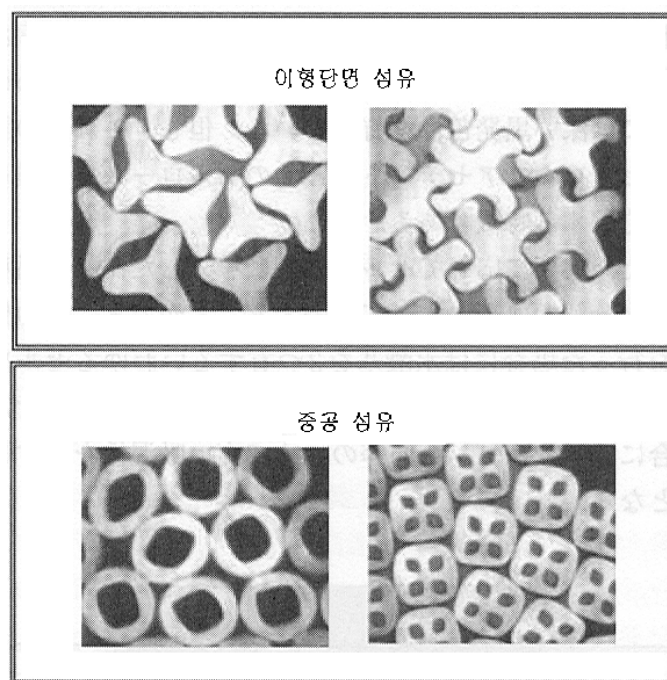
<그림 7> “Foresse” 용융방사 공정

6. “Foresse” 의 특징

열 가소성 셀룰로스 섬유 “Foresse”는 셀룰로스가 원료인 점은 기존 셀룰로스에 섬유와 같지만, 몇 가지 다른 특징이 있다. 첫번째로는 용융방사로 제조한다는 점이다. 이로 인해, 방사 공정 중 환경 부하가 높은 약제를 사용할 필요가 없어 친환경적인 제조방법이라는 이점이 있다. 즉, 방사 공정 중 인체에 유해한 유기용매가 휘발되거나 환경 중에 유출될 위험성이 없는 친환경적인 섬유이다. 또한, 용제 회수 공정이 불필요하며 고속방사가 가능하다.

또한, 섬유 자체의 특징으로서 용융 방사법을 채용함에 따라 방사 구금의 구멍으로부터 방출된 용융 고분자 그대로를 냉각시켜 제조하기 때문에 섬유 단면을 다양한 형태로 설계할 수 있다는 이점이 있다. 예를 들면 견과 유사한 삼각단면, 흡수성 향상을 위한 수리검(일명 포창, 손안에 쥐었다가 적에게 던지는 작은 칼) 모양 단면, 섬유 중앙에 중공이 있는 소위 중공 섬유 및 田

모양으로 복수의 중공이 존재하는 단면을 가진 복수 중공 섬유 등 임의의 이형단면 섬유를 안정적으로 제조하는 것이 가능하다<그림 8>. 또한, 열가소성 셀룰로스 고분자 및 그 외의 열가소성 고분자를 이용한 복합방사도 가능하며 용해성분으로서 이종 고분자를 사용하고 비용해 성분을 열가소성 셀룰로스 고분자로 사용한 해도(海島)복합섬유를 제조하는 것이 가능하다.



<그림 8> 열가소성 셀룰로스의 단면 모양의 예

7. 기존 셀룰로스 섬유와의 비교

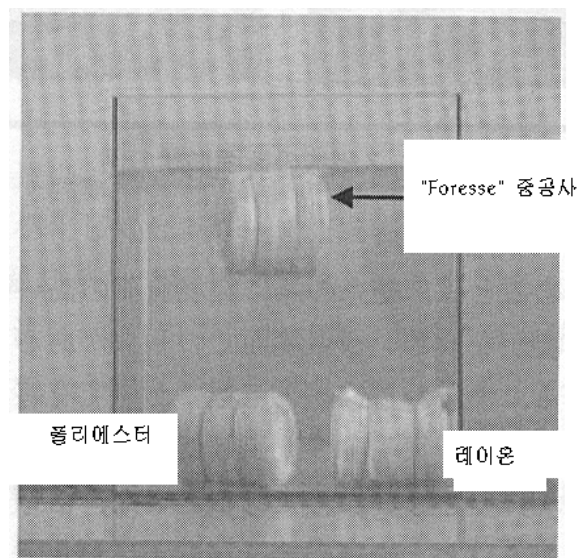
본 소재는 용융방사로 섬유를 제조하기 위해 셀룰로스를 개질한 것이다. 섬유를 구성하는 고분자가 셀룰로스 100%는 아니지만, 고갈성 자원인 석유의 소비량 감소에 기여할 수 있는 소재이다.

주쇄의 기본 화학구조는 개질 전과 같으며 수산기도 잔존하고 있기 때문에 섬유 물성 측면으로 볼 때 셀룰로스의 특징이 발휘된다. 구체적으로는 흡

습성, 제전성이 우수하고 접촉 냉감 등이 있어 착용 쾌적성이 우수한 특징이 있으며, 짙은 블랙 색상으로 염색이 가능하다. 이러한 특징은 셀룰로스 아세테이트 등 기타 셀룰로스계 섬유도 갖고 있는 특징이기도 하다.

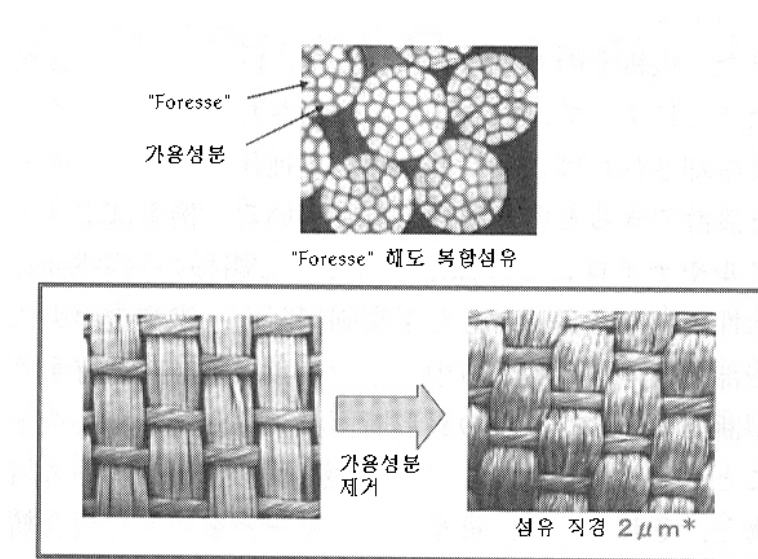
또한, 필요에 의해 셀룰로스에 도입된 측쇄는 간단한 가수분해 처리에 의해 제거가 가능하며, 이러한 처리로 인해 3 개의 수산기를 갖는 셀룰로스로 재생되는 것이 가능하다. 이러한 방법으로 재생된 셀룰로스는 레이온과 동등한 수준의 높은 흡습성을 가진다.

기존 셀룰로스계 섬유와 달리 “Foresse”는 용융방사로 제조되기 때문에, 중공 섬유의 제조도 용이하다. 공극률이 40%인 중공 섬유를 이용한 원형 편성물의 경우 겉보기 비중(다공성 물질이나 가루 물질에서 겉보기에 부피로 생각되는 비중)이 0.8 이 되기 때문에 물에 뜨는 셀룰로스계 섬유를 얻는 것이 가능하다<그림 9>. 기존 셀룰로스계 섬유는 비중이 높기 때문에 무겁다는 점이 문제가 된 경우가 있지만, 중공 섬유를 이용한 “Foresse”는 이러한 단점이 없는 경량의 텍스타일이다.



<그림 9> “Foresse” 중공사를 이용한 초경량 셀룰로스계 소재

<그림 10>은 “Foresse” 열가소성 셀룰로스 고분자를 이용한 해도섬유 필라멘트 직물을 나타낸 것이다. 이 직물을 후가공으로 알칼리 가수분해하여 최종적으로 단사 직경이 2 μm 인 셀룰로스 필라멘트를 제조한다. 이러한 해도복합방사 기술은 폴리에스터 극세섬유 제조에 사용되는 방법으로 셀룰로스의 열가소성 부여가 성공함에 따라 셀룰로스 초극세 섬유를 얻는 것이 가능해졌다.

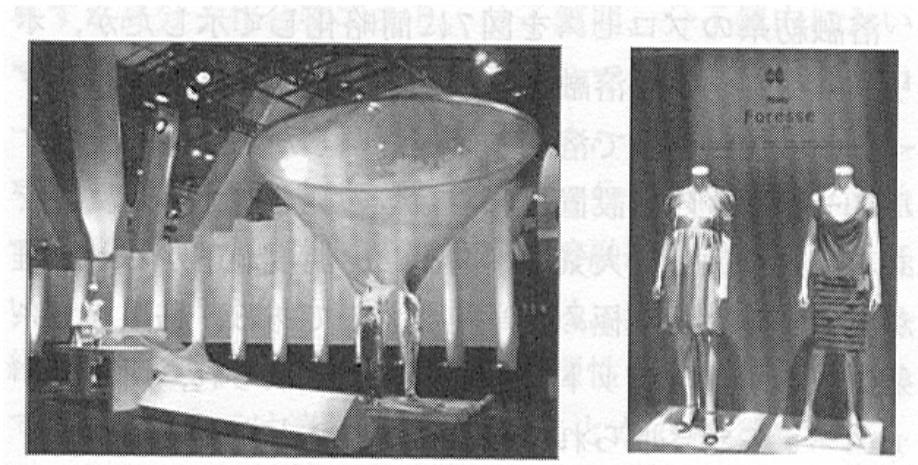


<그림 10> “Foresse” 해도 복합섬유를 이용한 초경량 셀룰로스계 섬유

8. 결 언

지금까지 기술한 바와 같이 용융 방사가 가능한 열가소성 셀룰로스 섬유 “Foresse”는 합성섬유가 가진 용이한 제조성과 화학섬유가 가진 양호한 섬유 물성을 겸비한 기존에 없는 새로운 섬유 소재이다. 현재, 발색성, 염색성, 흡습성, 촉감 등의 기존 셀룰로스계 섬유의 특징과 세섬도화, 이형단면화 등 용융 방사 기술에 의해 얻어지는 특징을 가지고 있다. <그림 11>은 전시회에 출품된 다양한 형태의 “Foresse” 제품을 나타낸 것이다.

앞으로는 친환경성, 쾌적성 및 용융방사에 의한 다양한 설계가 가능한 점을 활용하여 새로운 셀룰로스계 섬유 “Foresse”를 대형 소재로 전개하기 위한 연구가 진행되고 있다.



<그림 11> 전시회에 출품된 “Foresse” 제품