

## 오늘의 한국 화섬산업(2)

### 1.2. 3대 합섬섬유의 경쟁력 차이

3대 합섬인 나일론, 폴리에스테르 및 아크릴은 그 경쟁력 및 특성에 의해 시장의 점유율이 계속 변화되어 왔다. <표 1.1.5>는 세계의 각종 섬유별 생산량이다[8]. 1990년 현재로는 폴리에스테르섬유가 필라멘트와 단섬유를 합쳐서 8,621천톤으로 전체 섬유 생산량의 48.7% 정도 차지하여 가장 생산량이 많고 그 다음이 나일론으로 3,017천 톤으로 세계 섬유생산량의 17%정도로 폴리에스테르의 1/3정도를 유지하고 있고, 아크릴은 13%정도로 이 세 섬유 중 가장 낮다. 나머지 11%가 레이온과 아세테이트가 차지한다. 이 중 나일론은 주로 필라멘트로 사용되고 11%가 레이온과 아세테이트가 차지한다. 이 중 나일론은 주로 필라멘트로 사용되고 아크릴은 주로 단섬유로 사용되기 때문에 섬유별 생산량 비교는 필라멘트는 필라멘트끼리, 단섬유는 단섬유끼리 비교해 볼 필요가 있다.

<표 1.1.5> 세계 인조섬유 생산량

(단위 : 천 톤)

	합계	폴리에스테르		나일론	아크릴	레이온과 아세테이트	
		필라멘트	스테인플	필라멘트	스테인플	필라멘트	스테인플
1950	1,681	-	-	-	-	871	738
55	2,545	-	-	-	-	1,042	1,236
60	3,310	36	87	359	128	1,126	1,477
65	5,390	137	319	908	402	1,376	1,968
70	8,136	638	1,007	1,682	999	1,393	2,043

75	10,311	1,641	1,726	2,083	1,388	1,136	1,824
80	13,718	2,094	3,033	2,595	2,057	1,161	2,081
85	15,420	2,763	3,739	2,771	2,378	923	2,007
90	17,715	3,910	4,711	3,017	2,322	905	1,945

위의 <표 1.1.5>를 보면 폴리에스테르 필라멘트는 1985년에 2,763천 톤으로 나일론의 2,771천 톤과 거의 같아 지다가 1990년에는 3,910천 톤으로 나일론 필라멘트의 1.3배의 생산량에 도달한다. 일본의 경우를 보면 지난 1980년에 나일론 필라멘트 생산량이 30만 420톤, 폴리에스테르 필라멘트가 30만 5,021톤으로 폴리에스테르가 나일론을 추월하기 시작한 이래 폴리에스테르가 일방적인 우세를 기록하고 있다. 단섬유의 경우를 보면 거의 1970년부터 폴리에스테르의 생산량이 아크릴을 앞섰다.

합성 필라멘트사의 두 기둥인 나일론과 폴리에스테르의 경쟁에서 나일론이 밀리고 있는 사정을 살펴보면 다음과 같다. 1970년대 후반부터 80년대 초에 걸쳐서 나일론 필라멘트의 용도로 알려졌던 분야에 폴리에스테르 필라멘트가 진출하기 시작하여 나일론의 폴리에스테르화란 말이 등장하였다. 그 예가 방풍복(wind breaker), 방한복 등이며 타이어코드에서도 래디얼 타이어화와 더불어서 폴리에스테르가 각광을 받기 시작한 것도 그때부터였으며 그 밖의 여러 가지 산자용 분야에서도 폴리에스테르화 현상이 일어난 것이다.

오늘날, 나일론과 폴리에스테르의 물성과 성능대비 가격(cost/performance) 측면에서 양자의 경합상황과 그에 따른 장래 전망이 다시금 주목되고 있는데, 나일론은 원료가가 2~2.5배나 높고, 방사 및 권취경비도 나일론쪽이 높기 때문에 동일한 계통의 제품으로는 나일론 제품이 고가이므로 가격경쟁에서 불리하다.

나일론의 원료인 카프롤락탐이 상대적으로 비싼 이유는 그 제조 법이 벤젠으로부터 출발하여 암모니아와 환산 등의 화학품을 사용하며 그 공정도, 크실렌으로부터 출발하는 TPA 제조공정에 비하여 복잡하기 때문이다. TPA는 한 라임으로 완결되지만 카프롤락탐은 3계열의 커다란 설비를 필요로 한다. 그러므로 건설경비가 TPA는 연산 25만 톤 정도의 설비에 2억 달러 정도면 가능하지만 카프롤락탐은 연산 10만 톤의 설비에 500억 달러 가까이 소요된다고 한다[9]. 그러므로 톤당 건설비는 무려 5배 가깝게 들며 나일론과 폴리에스테르의 가격차는 엄청나게 벌어지는 것이다.

### 1.3. 화성기술의 현황

#### 1.3.1. 폴리에스테르의 축합중합에 관계되는 기술

폴리에스테르(polyethyleneterephthalate, PET)를 만들 수 있는 방법은 여러 가지가 알려져 있으나 일반적으로 사용되는 방법은 에틸렌글리콜(ethyleneglycol, EG)과 디메틸테레프탈레이트(dimethylterephthalate, DMT)를 축합중합 시키는 DMT법과 에틸렌글리콜과 테레프탈산(terephthalic acid, TPA)를 축합중합 시키는 TPA법이다. 한국에 1968년에 처음 도입된 기술은 DMT법이었다[10]. 그러나 현재는 주로 TPA법으로 이행되고 있는 추세이다. 기술적인 발전단계로 보면 TPA법이 현재 혹은 미래지향적 기술이며 DMT는 지난 시절의 기술에 해당한다[11]. TPA법은 정량적으로 보면 DMT법보다 17% 정도 더 효율적이다. 다시 말하면 1톤의 폴리에스테르를 생산하는데 DMT는 1.01톤이 소요되나 TPA는 0.865톤으로 생산이 가능하다. TPA법의 또 다른 장점으로 메틸알코올의 처리문제가 있고 공정상의 장점으로 TPA가 DMT보다 EG와 더 잘 섞이므로 축합중합에서 DMT법보다 EG의 양을 줄여서 반응시킬 수 있다는 점이다. 현재는 고품질 자기기록필름용이나 공강역사용으로는 아직 DMT법

이 사용되지만 가까운 시일내에 TPA법으로 제조방법이 개발될 것으로 예측된다.

중합의 첫 단계는 에스테르화 공정이라 불리며 EG와 TPA를 에스테르화 반응시켜 중합도 1~4의 BHET를 얻는 것이고 축합중합 공정으로 불리는 그 다음 단계는 BHET 올리고머를 중합촉매 및 안정제 존재하에서 반응온도 285~290°C, 진공도 0.1~0.2 torr로 반응시켜 중합시켜 중합도 100정도의 중합체를 얻는다. 이러한 축합중합 반응에서 유의해야 할 사항으로는(bath공정) 초기 온도가 260°C정도에서 최종온도(보통 287°C)까지 서서히 올리는 동시에 진공도 함께 서서히 걸어 반응개시후 40분~1시간 후에 최종진공도에 도달하도록 해야 하는 일이다. 그 이유는 초기 BHET 올리고머의 온도와 진공을 급격하게 함께 올리게 되면 저비점의 반응물이 비산되어 진공하인을 막히게 하는 공정불량이 발생하기 때문이며 이를 방지하기 위하여 각 공정조건에 따라 온도와 진공 프로그램을 최적화하여 사용하고 있다.

현재 생산공정에서 채택하고 있는 에스테르화 반응율은 대부분 95~98% 수준이며 이때 상가는 350~450 eq/10<sup>6</sup>g으로 반응시간이 평균 3.0~3.5 시간이 소요되고 있다. PET를 제조하는데 있어서 제조장치 및 공정의 중요성과 아울러 사용되는 반응촉매와 첨가제의 종류, 양 그리고 투입위치와 방법의 차이는 최종 PET 제품물성에 많은 영향을 주기 때문에 매우 중요하다. 처음 PET가 제조되면서부터 지금까지 많은 연구자들이 촉매에 대하여 수많은 연구를 해왔으나 현재 TPA법에서 사용되는 촉매로서는 안티몬(Sb), 게르마늄(Ge), 주석(Sn), 티타늄(Ti) 화합물중에서도 특히 삼산화안티몬(Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)와 안티몬트리아세테이트[Sb(OAc)<sub>3</sub>]가 주종을 이루며 Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 대부분을 차지한다. 국내에서도 일부 회사가 특히 연속중합시 Sb(OAc)<sub>3</sub>을 사용하고 있으나 전체적으로 볼때 Sb<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 거의 대부분을 차지하고 있고 소량의 Sn계 화합물이 함께 사용되기

도 한다[12].

폴리에스테르의 중합기술은 현재 산업용과 병(bottle)용 칩을 고상중합하는 수준에까지 도달해 있다. 현재 연구되고 있는 것은 중합효율을 올리는 방법에 관한 것과 생산되는 품질의 균일성에 대한 것들이다.