

난연사 개발동향

김기호 · (주)세한

1. 서론

사랑하는 가족과 소중한 재산을 송두리째 빼앗아 가버리는 것 중의 하나가 바로 화재일 것이다. 이것은 작은 불에서부터 시작되지만 그 피해는 결코 작지 않으며 초기에는 손쉽게 제어가 가능하지만 순식간에 자라 결국에는 감당하기 어려운 마귀로 변해버리고 만다.

인류의 조상들은 불을 다루기 시작하면서 추위와 맹수들로부터 자유로워지기 시작했고 문명의 발전에 기반을 다지게 되었지만, 때때로 원하지 않는 불상사가 발생하기도 하여 아픔과 슬픔을 피할 수 없었다. 그리하여 많은 사람들이 불을 보다 안전하고 효율적으로 사용할 수 있도록 연구해 왔고, 불로부터 우리의 생명을 지킬 수 있는 방법을 모색하여 왔다. 최근들어 호텔, 상가 등과 같은 건물에서의 화재로 많은 인명피해가 발생하자 화재의 위험성에 대한 우려가 높아지고 있으며 화재로부터 인명을 보호한다는 측면에서 난연성섬유(flame retardant fiber)가 큰 주목을 받고 있다.

화재가 진행되기 위해서는 화원, 가연성물질, 산소와 같은 3가지 요소가 필요하며 이들 중 어느 것 하나를 제거함으로써 화재를 제압할 수 있다. 즉, 불의 확산을 막고 소화하기 위해서는 가연성 물질로의 열전달을 차단하고 연소를 억제하는 것과 열분해에 의해 발생하는 가연성 가스의 발생량 및 발생 속도를 제어하는 것이 매우 중요하다.

일반 섬유의 연소에 의하여 발생하는 위험성은 다음과 같다.

- 착화: 열을 받아 용융됨 → 화상
 - 분해: 가연성 기체 발생 → 소화활동의 장애, 화재의 확산
 - 연소 유독성 기체 발생 → 호흡장애 또는 중독에 의한 사망
- 섬유재료를 연소성의 관점에서 분류하면 불연성, 내열성, 난연성, 가연성으로 대별되며 섬유별 연소성을 Table 1에 나타내었다.

일반적으로 연소성을 평가하는 지표로서 LOI (limited oxygen index, 한계산소 지수)를 이용하는 경우가 많은데, LOI 수치란 소정의 시료가 계속해서 타기 위하여 필요한 혼합가

스 중의 최저 산소농도를 의미한다.

가연성 섬유는 불길에 닿으면 쉽게 착화되어 타기 쉬운 물질이며, 난연성 섬유는 불길에 닿는 경우에는 어느 정도 타지만 불길을 멀리하면 자연스럽게 꺼지는 것을 의미하는데 LOI 수치가 약 26이상이면 난연성 섬유로 분류한다. 내열성 섬유는 섬유자체의 열분해온도가 높고 분해가스의 발생이 어려우며 잘 타지 않는 섬유를 말하며, 불연성 섬유는 불길에 닿아도 타지 않는 섬유로 유리섬유, 실리카, 탄소, 금속 등의 무기섬유, 아스베스토스(석면) 등의 광물섬유 등이 있다.

서로 다른 여러 종류의 섬유가 혼용되어 있는 제품의 연소의 경우에는 단독으로 존재하는 경우에 비해 더욱 잘 탄다. 예를 들어, 용융성 섬유와 비용융성 섬유의 혼용 시 용융성 섬유는 불꽃에 녹아 떨어져야 하나 비용융성 섬유가 녹지 않으므로 용융성 섬유는 비용융성 섬유에 녹은 상태로 붙어 있어 더욱 잘 타게 된다.

합성섬유에 대한 난연성 부여의 방법은 섬유고분자가 가지고 있는 난연기구 등을 중심으로 꾸준히 연구되어 왔다. 섬유를 비롯한 고분자물질의 난연성 부여 방법은 건축 내장재, 직

Table 1. 연소성에서 본 섬유의 분류

구분	섬유명(상품명)	LOI 수치	용융 온도(°C)
불연성	유리섬유	-	760 - 815
	asbestos	-	no melting
내열성	아라미드(Nomex)	30	400
	polyphenylenesulfide	34	285
	polybenzimidazole	41	450
난연성	난연 레이온(타프반)	30 - 32	no melting
	난연폴리에스터(에스프론)	28 - 32	240 - 250
	염화비닐(테비론)	35 - 37	480
	난연아크릴(카네가론)	27 - 31	no melting
가연성	cotton	17 - 19	no melting
	레이온	17 - 19	no melting
	폴리프로필렌	19 - 20	164 - 170
	폴리에스터	20 - 22	252 - 292
	나이론	20 - 22	160 - 260
	아크릴	18 - 20	-
	양모	24 - 26	no melting

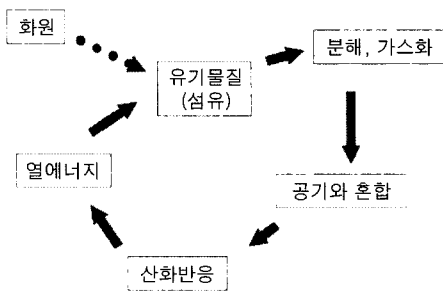


Figure 1. 섬유의 연소 거동.

물, 일용품 등 화재위험성이 높은 분야에서의 수요가 증가할수록 난연화 기술이 더욱 필요시 되고 있다. 특히 합성섬유에서 현재 매우 큰 비중을

차지하고 있는 폴리에스터의 경우에 있어서도 난연화 기술에 대한 연구가 지속적으로 진행되어 오고 있으며, 소방대의 방화복, 항공기 및 철도 차량의 내장재료, 제철, 화학 공장의 작업복 및 안전용구 등 산업 자재 용도에 고기능 내열성 섬유의 적용이 점차 확대되는 추세이다.

2. 난연성 섬유의 제조방법

2.1. 연소 거동

섬유의 연소과정은 크게 다음과 같이 정리할 수 있다. 주변의 열원에서 섬유에 열이 전달되면 섬유는 건조되고 용융되어 용융물이 떨어지기 시작한다. 그리고 온도가 높아지면 분해나 해중합을 일으켜 가연성 기체, 불연성 기체 및 탄화 물질을 생성한다. 가연성 기체는 공기중의 산소와 반응하여 발화되고 열원으로서 계속 진행하게 된다.

2.2. 난연성 부여 방법

섬유의 연소 과정을 살펴보면 다음과 같은 방법에 의해 섬유의 난연화를 추진할 수 있다.

- ① 섬유의 연소 시 발생하는 가연성 기체의 발생 억제
- ② 섬유의 내열성을 향상시켜 섬유의 분해반응을 억제

- ③ 섬유에 가열 시 불연성 기체를 발생시켜 산소와의 접촉을 차단
- ④ 섬유 용융물의 낙하를 촉진하여 연소되는 부위에서의 섬유를 이탈
- ⑤ 연소열의 저하(흡열분해, 불연 혼합물) 등으로 연소에 필요한 열의 공급을 억제

섬유의 난연화 방법을 공정상의 측면에서 구분할 때 난연성을 지니는 고분자 물질의 섬유 제조 시에 난연성을 부여하는 방법(선방염)과 제조된 섬유 또는 섬유 제품에 난연성을 부여하는 방법(후방염)으로 대별할 수 있다.

난연성을 가지는 섬유 제조 시에 사용되는 고분자로는 자체가 난연성을 가지는 소재와 기존의 고분자를 개질한 고분자가 있다. 자체적으로 난연성을 가지는 고분자로는 아라미드, 불소계 고분자, PVC 등이 있는데, 이들 고분자의 특징은 고분자물 자체가 상당히 높은 난연성을 가진다는 장점은 있으나 고가의 제품이고 섬유화가 어렵다는 단점이 있어 보통 특수한 방사법으로 섬유화가 이루어지고 있으며 의류용보다는 산업용 자재로 주로 이용되고 있다.

기존의 고분자를 난연화한 개질 고분자로는 PET, PP, PE, nylon, PBT 등이 있으며, 이 개질 고분자들은 주로 공중합이나 난연제의 혼입에 의해 제조되고 제조 경비가 상대적으로 저렴하여 일반적인 난연사의 제조에 널리 사용되고 있다.

제조된 일반 섬유의 난연화에는 난연성을 갖는 물질을 이들 제품에 고착 시키는 방법이 사용되고 있으며, 합성섬유뿐 아니라 천연섬유 제품의 난연화에도 적용되고 있다.

난연제로 사용되는 화학물은 공통적으로 난연성을 갖는 원소들을 함유하고 있으며 난연의 기능을 가지는 원소들은 주기율표상의 III족의 B(붕소), V족의 N(질소), P(인), Sb(안티몬) 및 VII족의 할로겐원소 들이다. 이 중 섬유의 난연제로 쓰이는 물질은 대부분 인과 할로겐원소인 Br, Cl 등이다.

Table 2. 선방염과 후방염의 비교

구분	선방염(난연사) 제품	후방염(방염가공) 제품
난연제 type	주로 인(P)계 난연제 사용	주로 브롬(Br)계 난연제 사용 인계 난연제도 있으나 가격문제로 잘 사용되지 않음.
난연 mechanism	주로 고체상 반응으로 연소 저지 연소시 열분해로 난연제가 비휘발성 고분자인 폴리인산을 생성시키는데 이것이 탄소층을 형성시켜 연소열을 차단시킴	주로 기체상 반응으로 연소 저지 연소 시 생성되는 수산화 라디칼이 발열반응으로 인화를 촉진시키는데 브롬계 난연제는 이 활성라디칼에 결합되어 지속 인화를 저지함.
난연성능	우수	우수(인계 대비 좀 더 빠르게 반응)
연소 발생 가스	기본적인 CO와 CO ₂ 가스 발생	CO, CO ₂ 외 맹독성 발암물질인 다이옥신과 퓨란 발생
환경/인체에 미치는 영향	환경에 무해	폐기 또는 연소시 맹독성 발암물질 발생으로 인체에 치명적임
세탁 내구성	세탁에도 난연성 저하 없음(반영구적)	세탁후 난연성 저하됨
cost	제조가격이 다소 높음	제조가격이 낮은 편임

Table 3. 주요 인계 난연제의 종류와 특성

	TYPE A	TYPE B	TYPE C
분자 구조			
화학적 구조	방향족(aromatic)	방향족(aromatic)	지방족(aliphatic)
제조 회사	Saehan	三光(日), 竹本(日)	HOECHST(獨)
형상	Powder	Liquid(EG용액)	Powder
분자량(MW)	214	348	134
인(P)함유율	14.4%	8.9%	23.1%
난연성(동량 P)	◎	○	◎
상업화 시기	Saehan (96년)	1980년대 (Toyobo 독점)	1970년대 (독점)

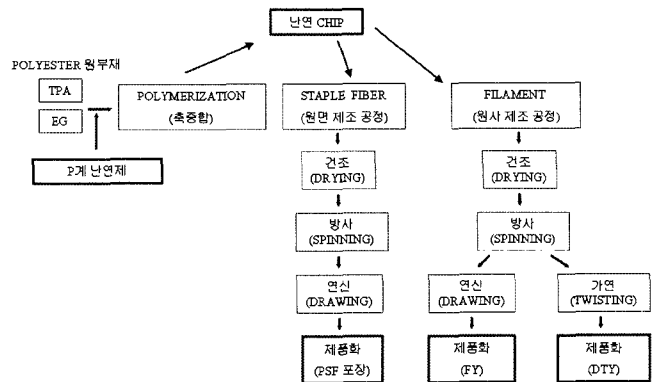


Figure 2. 난연 폴리에스터 섬유 제조 공정(PF, PSF).

2.3. 3대 합성섬유의 난연사 제조방법

2.3.1. 폴리에스터

난연 폴리에스터 섬유 제조용의 난연제로는 과거부터 인계와 브롬(Br)계의 난연제가 주로 이용되어 왔으며, 이 중 브롬계를 사용한 난연사는 다이옥신과 같은 인체에 치명적인 독성 가스의 발생으로 현재 유럽과 미국을 중심으로 사용이 규제되고 있다. 우리나라에서도 과거에는 브롬계의 난연제를 사용한 난연사의 개발이 있었으나 지금은 채용되지 않고 있으며 현재 난연 폴리에스터 섬유용 난연제로는 거의 모든 회사들이 인계를 사용하고 있고, 그 구조는 phosphinic acid의 형태가 이용되고 있다.

폴리에스터 중합에 사용되는 원료로는 테레프탈산(terephthalic acid, TPA)과 같은 산성분과 에틸렌글리콜(ethylene glycol, EG)과 같은 알콜성분이 있는데, 난연 폴리에스터 고분자의 중합시에는 난연제가 주로 산성분 화합물로 되어 있으므로

산성분중의 일부를 난연제로 투입하여 EG와 반응시켜 축중합하면 고분자 주쇄에 난연 화합물이 결합된 새로운 난연 폴리에스터 고분자가 얻어진다.

공중합되는 난연 화합물의 함량에 따라 최종 제품에서의 난연 성능이 좌우되며, 보통 고분자내에서의 인함량이 3000-6000 ppm 존재하도록 난연 폴리에스터를 설계하고 있다. 난연제의 함량이 증가함에 따라 난연성은 우수해지나 용융온도 및 섬유 강도의 저하를 초래하여 생산성이 불량해지는 경우가 발생하게 되므로, 공중합형식의 난연제 선정에 있어서 난연제 내의 인함량이 높은 화합물이 물성저하를 방지하는 데에 유리하다.

또 난연 폴리에스터 중합 시 최종 제품의 부가적인 요구 특성에 따라 항균제, 소광제 등과 같은 기능성 첨가제를 사용하거나 염기성 염료에 염색이 가능한 단량체를 공중합시킴으로써 보다 다양한 용도로의 적용이 가능한 난연 폴리에스터가 만들어진다.

Table 4. 회사별 난연사(원사,원면) 제품 List

구분	회사명	상표	난연화 방법	LOI	용도
폴리에스터 장섬유	Hoechst	Trevira CS	인화합물 공중합	28-32	커튼류
	東洋紡	Heim	"	28-30	인테리어
	Unitika	Honogard	"	30	인테리어
	새한	에스프론	"	28-32	커튼, 인테리어
	효성	Firex	"		인테리어
폴리에스터 단섬유	Kuraray	Nannex	난연제 첨가		침구(충진재)
	東洋紡	Heim	인화합물 공중합	28-30	인테리어, 침장
	Teijin	Superester	"		의류, 인테리어
	새한	에스프론	"	29-32	의류, 인테리어
아크릴	旭化成	Nonba	난연제 공중합	29-32	카펫, 모포
	東洋紡	Exran NX	염화비닐리덴 공중합		카펫, 모포
	Kanebo	Lufnen	염화비닐리덴공중합		
			난연보조제	29-32	의류, 산자
	鐘化	Kanekolon	염화비닐 공중합	32	인테리어
	三陵레이온	Vonel	염화비닐리덴, 인계		의류, 인테리어

난연 공중합체는 통상의 섬유고분자 대비 용융온도가 5 - 15 °C 낮아지므로 방사시에 방사온도의 조절이 필요하고, 일 반적인 폴리에스터 보다 강도가 약하므로 보다 세심한 방사 조건 설정이 요구된다. Figure 2는 난연 폴리에스터 섬유의 제조 공정을 간략하게 도식화하여 나타내었고, Table 4에는 섬유 maker 별 대표적인 난연사 제품을 정리하여 소개하였다.

공중합에 의한 난연 폴리에스터 제조 방법 이 외에 공중합 형이 아닌 난연제를 혼합하여 방사하는 방법이 일부 연구되 어 왔으나 실제 공업적으로는 많이 이용되고 있지는 않다. 그 이유는 혼합된 난연제의 열안정성이 문제가 되는 경우가 많 으며 첨가한 난연제의 균일한 분산이 문제가 되어 방사 작업 성이 불량해지는 경우가 많기 때문이다. 첨가형 난연제를 사 용하는 방법에 적합한 난연제의 선정 기준으로는 섬유형성 중합물과의 상용성이 우수해야 하며 난연제의 분해 및 용출 이 없어야 하고 섬유 물성의 현저한 저하가 없어야 한다. 또 한 내광성의 저하, 독성 및 피부장해가 없어야 하는데, 이 방 법은 난연제와 섬유형성 중합물과의 상용성이 부족하여 장기 간의 사용이나 세탁 시에 난연 성능이 저하되는 문제가 발생 하기도 한다.

2.3.2. 아크릴

아크릴 섬유는 가열하면 용융과 동시에 격렬하게 연소된다.

그래서 난연화 방법으로는 주로 반응기를 가진 vinyl chloride, vinylidene chloride 또는 vinyl bromide 등을 공중합한 고분 자물을 방사하여 섬유화하고 있다. 그러나 이들 섬유들도 PVC(polyvinyl chloride)와 마찬가지로 연소중에 다이옥신이 생성되므로 규제가 강화되고 사용량에 제한이 따르고 있다.

2.4. 내열성 난연사의 제조방법

고기능 섬유란 폴리에스터와 나일론 등의 범용섬유에 비하 여 강도, 탄성을, 내열성, 난연성, 내약품성 등이 뛰어난 특성 을 가진 고분자 섬유를 말하며, 특히 내열성섬유는 각 산업 에서의 제조공정상 고온화가 진행되고 있기 때문에 산업자재 로서 폭 넓게 적용되고 있다

고내열성이란 고분자가 열이력을 받을 때에 재료 특성(역 학특성, 형태안정성, 난연성, 내약품성)의 변화가 작으며 그 성 능을 유지하고 있는 것을 말하며, 고분자 재료의 내열성은 용 점 또는 열분해 온도로 평가되는 경우가 대부분이다. 자유 에 너지의 식에서 구해지는 용점(Tm)은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\Delta G = \Delta H - T_m \Delta S = 0$$

$$T_m = \Delta H / \Delta S$$

용융 시의 엔탈피 변화(ΔH)가 크고 엔트로피 변화(ΔS)가 적은 구조가 고융점이 되며 강직한 고리구조를 가진 고분자

Table 5. 대표적인 내열성 고기능 섬유

분류	섬유명	상품명	제조회사	유리전이 온도(°C)	분해온도(용점)(°C)	LOI
내열	메타계 아라미드	Nomex	DuPont	275	400-430	29-32
		코넥스	Teijin			
	폴리아미드이미드	Kermel	Kermel	< 315	380	32
	폴리아미드	P84	도요보세키	315	500	40
	PPS	프로콘	도요보세키	NA	(285)	34
		토르콘	Toray			
	PEEK	Zyex	Zyex	NA	(345)	33-34
	PTFE	테프론, 토요프론	Toray	NA	(327)	95
		프로필렌	ATOFINA			
	노보로이드	카이놀	군에이화학	NA	350	32
	멜라민	Basofil	Basofil Fibers LLC	NA	370	32
	폴리벤즈이미다졸	PBI	Inter Tech	> 400	450	41
	내염화	파이로맥스	도호 테낙스	NA	NA	55
SGL Carbon						
고강도·내열	파라계 아라미드	Kevlar	DuPont	340	> 590	29
		토와론	Teijin			
	공중합 파라계 아라미드	Technora	Teijin	NA	500	25
		Terlon	-			
	폴리아릴레이트	Vectran	Kuraray	NA	> 400	28
PBO	자이론	도요보세키	-	650	68	

즉 방향족 복소환고분자의 내열성이 높다는 것을 알 수 있다. 실제 이와 같은 구조를 가진 내열성 섬유는 용점이 분해온도보다 높은 경우가 많고, 그 내열성은 열중량분석(TGA) 측정에 의한 감량곡선에서 구하는 분해온도로 평가되는 것이 일반적이다.

대표적인 내열성 고기능 섬유의 특성에 대하여 Table 5에 나타내었다. 여기서는 분해온도(또는 용점)가 280 °C 이상인 유기섬유에 대하여 정리하였다.

아라미드 섬유는 전방향족 폴리아미드의 총칭이며 적어도 아미드기의 85%가 2개의 방향족 고리와 결합하고 있으며 또한 아미노기의 50%까지 이미드기로 바뀌 놓을 수 있는 구조로 구성된 직쇄상 합성고분자를 말한다. 아라미드 섬유는 메타계와 파라계의 2종류로 분류할 수 있다. 메타계 아라미드 섬유의 대표로는 'nomex'와 '코넥스'가 있다. 이들의 유리전이 온도는 270 °C, 분해온도는 약 400 °C로 내열성, 난연성, 내약품성이 뛰어나다. Figure 3과 Figure 4에는 메타계 아라미드 섬유의 구조와 제조방법에 대하여 나타내었다.

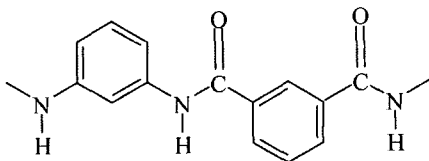


Figure 3. 메타계 아라미드 섬유의 구조(nomex).

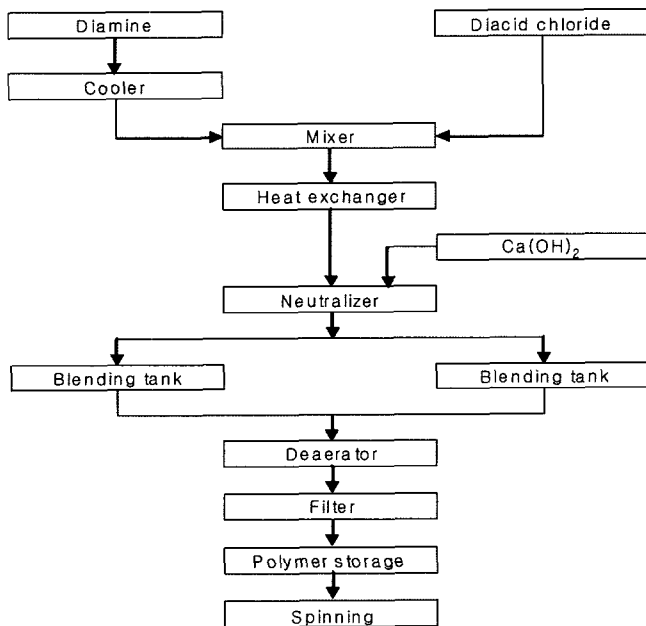


Figure 4. 용액중합 및 방사에 의한 메타계 아라미드 섬유의 제조.

폴리아미드이미드 섬유 'kermel'은 디페닐메탄·다이소시아네이트 위에 무수 트리메리트산을 중축합하여 얻어진다. 분해온도는 약 380 °C로 메타계 아라미드 섬유와 같이 내열성, 난연성, 내약품성이 뛰어나며 특히 열이력을 받았을 때의 수축이 적은 것이 특징이다.

폴리아미드 섬유 'P84'는 이염기산과 다이소시아네이트의 중축합 반응에 의하여 얻어지며, 매우 높은 유리전이온도(315 °C)를 가지며 용점은 가지고 있지 않다.

분해온도는 500 °C 이상으로 내열성, 난연성, 내약품성이 뛰어나다. 또한 섬유단면은 특수한 이형단면으로 여과 특성에서 우위의 구조를 가지고 있다.

폴리페닐렌술파이드(PPS) 섬유 '프로콘', '토르콘'은 유화 나트륨과 할로겐화 벤젠과의 축합반응에서 얻어진다. 유리전이온도는 91 °C, 용점은 285 °C로 내열성, 난연성, 내약품성, 전기특성이 뛰어나다.

불소수지 섬유의 대표로서 '테프론', '토요프론', '프로필렌'이 있다. 불소섬유의 유리전이 온도는 126 °C, 용점은 325 °C이며 내열성과 내약품성, 비점착성, 표면저마찰, 전기절연성을 가진다.

페놀섬유 '카이놀'은 페놀수지를 용융방사한 후 염산/포름알데히드 용액 중에서 가교반응시킴으로써 얻어진다. 유리전이온도, 용점은 없고 분해온도는 350 °C이며 내열성과 함께 내약품성, 전기절연성을 가진다. 주 용도는 방염안전상품, 전기절연재료, 필터, 전극재료로 사용되고 있다.

멜라민섬유 'basofil'은 멜라민과 포름알데히드와의 반응에 의해서 얻어지는데, 분해온도는 370 °C이며 열수축도 작다. 주 용도는 필터, 방염안전상품이 있다.

폴리벤즈이미다졸(PBI) 섬유는 디페닐이소프탈레이트와 테트라아미노디페닐과의 중합체로 변형 안정화를 위하여 술폰화되어 있다. 분해온도는 450 °C로 주 용도는 방화복 등의 안전방호재이다.

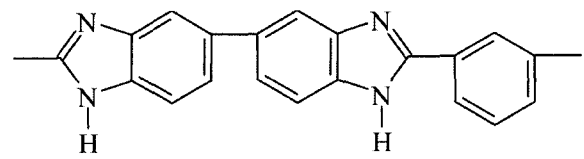


Figure 5. 폴리벤즈이미다졸 섬유의 구조 (PBI).

PBO 섬유 'xylon'은 디아미노레졸시놀과 테레프탈산을 반응시켜 중합하는데, 분해온도는 650 °C이며 유기섬유 중에서도 최고의 내열성을 나타낸다. 내열성을 활용한 분야에는 방화복, 안전방호재, 내열마찰재, 용접스패터 시트 등이 있으며

그 외에도 고무자재, 내절창 방호재, 전기절연재, 컴퍼지트 등에 사용된다.

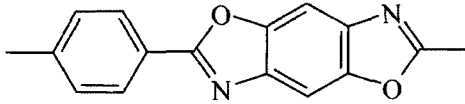


Figure 6. 폴리-p-페닐렌벤조비스옥사졸 섬유의 구조(PBO).

파라계 아라미드 섬유의 대표인 ‘Kevlar’, ‘Twaron’은 테레프탈산 디크로라이드와 파라페닐렌디아민의 중합체로 분해 온도는 500 °C 이상으로 용융이 곤란하여 황산을 이용한 용액방사법으로 제조한다.



Figure 7. 폴리파라페닐렌테레프탈아미드 섬유의 구조(Kevlar).

내열성을 활용한 분야에는 방화복, 안전방호재, 내열마찰재, 전기절연재, 프린트 기관 재료 등이 있으며 주 용도로는 방탄복, 콘크리트보강, 복합재 등에 사용되고 있다.

지금까지 소개한 내열성을 가진 고기능 섬유는 앞으로도 각 산업을 지탱하는 내열 재료로 중요한 역할을 해나갈 것이며 지속적으로 수요가 확대될 것으로 전망된다.

3. 결론

난연에 대한 의식이 높아지고 섬유의 난연화에 대한 기술이 진보하면서 난연섬유의 시장이 점차 확대되고 있는데 기존의 홈텍스타일, 교통수단 및 대중 건물의 내장재 섬유제품 중심에서 유아용 등의 일반용품과 산업자재용으로의 적용이

증가하는 추세이고, 세계적으로 난연에 대한 법적 규제가 보다 엄격해지고 있어 섬유의 난연화에 대한 연구와 개발은 더욱 활발해질 것으로 전망된다. 향후 난연화 섬유의 연구 방향은 다음과 같이 크게 세가지로 전개될 것으로 예상된다.

- 기존 제품의 난연화 가공: 천연 소재 및 천연과 합성섬유와의 복합제품의 난연화를 위한 후가공 방식
- 섬유 소재의 난연화: 공중합 방식의 난연제를 이용하여 폴리에스터를 중심으로 하는 범용 합성섬유의 난연사 개발
- 고기능성 난연 섬유 신소재의 개발: 방화복, 산업자재용 등에 사용 가능한 내열성이 우수하고 고기능을 갖는 신소재의 개발 및 응용분야 확대

일반적인 섬유 제품으로는 더 이상의 부가가치가 확보되지 않는 상황에서 섬유 선진국으로서의 위상을 계속 유지하고 진보하기 위해서는 섬유의 난연화에 대한 연구와 투자가 집중적으로 이루어져야 하고 지속적인 용도 발굴과 상품화가 진행 되어야 할 것으로 판단된다.



김 기 호

(주)새한

1988. 서울대학교 섬유공학과 졸업
 1990. 서울대학교 섬유공학과(석사)
 1990-현재. (주)새한 기술연구소 팀장
 e-mail: kkkh@sachan.co.kr