

난연제의 소개 및 최근 동향

박 창 순 · 정 우 원

1. 서 론

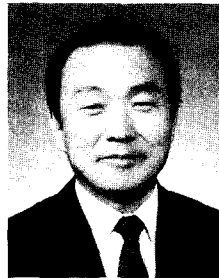
세계의 연간 플라스틱 생산량은 1999년 현재 약 1억 4000만톤으로 집계되고 있고, 우리나라는 이 중 약 600만톤을 생산하고 있다. 이와 같이 국내 뿐만 아니라 전세계에서 폭 넓게 사용되는 플라스틱은 대부분 탄소, 수소, 산소로 구성된 유기물로서 여러 가지 뛰어난 성능을 가진 것에 비해, 불에 타기 쉽다는 문제점을 가지고 있다.

난연제란 연소하기 쉬운 성질을 가진 고분자 재료에 할로젠, 인, 질소, 그리고 수산화 금속 화합물 등의 난연성 부여 효과가 큰 화합물을 첨가함으로써 발화를 늦춰주고, 연소의 확대를 막아주는 물질이라고 설명할 수 있다. 그러나 난연제는 단순히 난연효과만을 발휘해서는 실제 제품으로의 사용이 어렵고, 연소시 발연(發煙) 및 독성가스의 발생이 적고, base polymer와의 혼합성도 좋아야 하는 등 여러 가지 요구 조건을 만족시켜야 제품으로서 사용이 가능하다. 그뿐만 아니라 제품의 기계적인 물성에도 영향을 끼쳐서는 안된다.

난연재료에 대한 관심은 1960년대 후반부터 미국과 유럽의 일부 선진국을 중심으로 시작되었는데, 이때는 단순히 연소하기 어려운 재료를 개발하는 것에 초점이 집중되었다. 하지만 최근에는 환경문제가 대두되면서 단순한 난연효과 뿐만 아니라, 환경과 인체에 대한 안전성을 고려해서 저유해 가스화, 저발연화, 저부식성, 리사이클링 등을 겸비한 제품의 개발로 관

심이 모아지고 있는 실정이다. 난연규제 규격도 선진국을 중심으로 전기·전자 기기(가전제품), 자동차, 건축용 재료, 선박, 항공기, 전선분야 등에 엄격히 적용되고 있다. 1994년에는 독일에서 다이옥신을 발생시킬 수 있는 브롬계 난연제의 사용을 법적으로 규제하였고, 네덜란드도 PBOPE계 난연제의 사용 금지를 발표했다. 그리고 일본은 국가 프로젝트로서 환경친화형 난연재료의 연구를 준비하고 있지만, 우리나라는 아직까지 이에 대한 준비가 활발히 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

본 글에서는 현재 사용되고 있는 난연제의 종류 및 기능을 간단히 소개하고, 환경친화형



박창순

1964~ 서울대 기계공학과 졸업
1968
1970~ 강신산업(주) 대표이사
현재



정우원

1991~ 경원대 화공과 졸업
1997
1997~ 한양대학원 화공과 (석사)
1999 졸업
1999~ 강신산업(주) 근무
현재

난연제의 소개 및 최근 난연화 기술의 개발 방향 등을 개괄하여 보고자 한다.

참고를 위해서 표 1에 세계각국의 대표적인 난연규격의 안전규격 제정기관을 소개하였다.

표 1. 세계각국의 대표적인 안전규격 제정기관

국 가	약 호	Full name
미 국	UL	Underwriter Laboratory
캐나다	CSA	Canadian Standard Association
일 본	JIS	Japanese Industrial Standard
	JMI	Japanese Mechanical Electronic Inspection
독 일	VDE	Verband Deutsche Elektrotechnike
영 국	BSI	British Standard Institute
스위스	SEV	Schweizerische Elektrotechnischer Verein
스웨덴	SEMKO	Svenska Elektriske Materielkontrollonstaiten

2. 난연제의 분류와 난연 메카니즘

플라스틱의 난연화 방법은 크게 네가지로 나눌 수 있다. 첫째는, 분자 구조 변경을 통해 내열성 플라스틱을 제조하는 것으로 CPE, PVC 등이 이에 속한다. 둘째는, 난연성분의 물질을 플라스틱 내에 화학적으로 결합시키는 방법(반응형 난연제)이고, 셋째는, 난연제를 플라스틱

에 물리적으로 첨가하는 방법(첨가형 난연제)이다. 넷째는, 기타 난연제 코팅 또는 페인팅을 하거나 제품 디자인 변경을 통하여 내열성을 향상시키는 방법 등이 있다.

2-1. 난연제의 원리 및 기본 메카니즘

난연제는 플라스틱의 연소과정 중 가열·분해·발열 등의 특정한 연소단계를 방해함으로써 연소를 억제하거나 완화시키는 난연효과를 나타낸다. 이 연소단계를 방해하는 반응 메카니즘은 크게 물리적인 반응과 화학적인 반응으로 나눌 수 있는데 표 2에 세분화하여 자세히 나타내었다.

2-2. 난연제의 분류

난연제는 크게 첨가형과 반응형으로 분류되고 그림 1의 diagram과 같이 세분화 시킬 수 있다. 첨가형 난연제는 위에서 언급했듯이 난연성분의 물질을 플라스틱에 물리적으로 혼합, 첨가, 분산하여 난연효과를 얻는 것으로 주로 열가소성 플라스틱에 이용된다. 반면에 반응형 난연제는 분자내에 관능기를 가지고 화학적으로 반응하는 타입으로 외부조건에 크게 영향을 받지않고, blooming 현상도 없이 난연성을 지속시키는 난연제로서 앞으로 집중 연구되어져

표 2. 반응 형태별 난연 반응 기구의 분류

	난연방법	메카니즘	난연제 종류
Physical Action	냉각	흡열반응 등에 의해서 주변온도를 떨어뜨려 연소반응 지연	무기계, Halogen/Antimonyoxide/Boron계, Halogen/Antimony oxide계
	보호막 형성	열, 가연성기체, 산소등 이동방지를 통하여 연소반응 지연(기체상, 고체상)	무기계, 유기 Silicone계 화합물, Halogen/Antimony oxide/Boron계, Halogen계(기체상), Halogen/Antimony oxide계, 인계
	가연성분 회석	비가연성 물질 생성을 촉진시켜 가연성분 회석	Halogen계, 무기계
Chemical Action	Radical Interceptor	고분자 분해 방지 및 지연을 통한 연소화과정 지연	Halogen계, 인계, Halogen/Antimony oxide계
	보호막 형성	고분자 이중결합에 의한 carbonaceous층 형성(기체상, 고체상)	인계
	고분자 흐름성 증가	연소시 고분자 흐름성을 증가시켜 화염으로부터 격리	

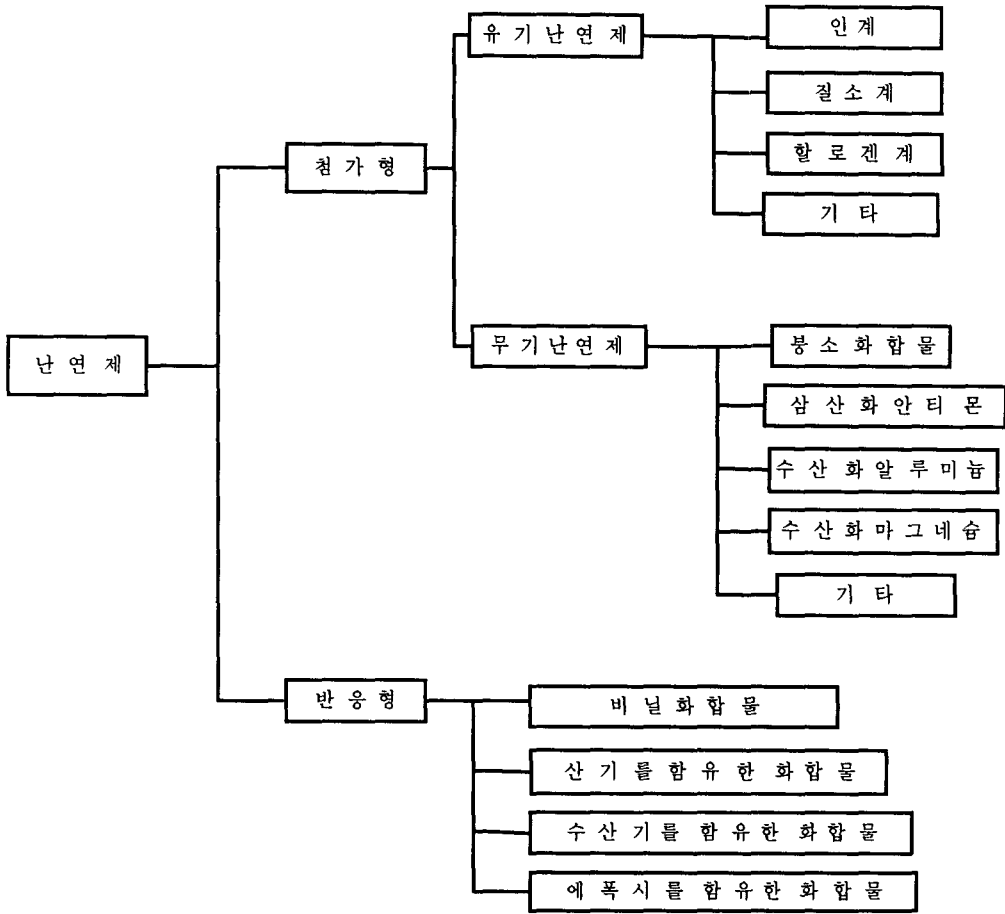


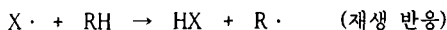
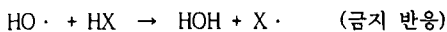
그림 1. Scheme of classification of flame retardant.

야 할 과제이다.

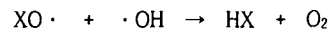
3. 할로젠(Halogen)계 난연제

할로젠계 난연제는 연소의 추진역할을 하는 활성라디칼인 OH·, H·을 할로젠 화합물인 HX가 연소과정에서 포착함으로써 그 난연효과를 발휘한다. 또한 HX는 불연성가스를 발생시키므로써 가연성가스를 희석시키고 산소도 차단하는 효과를 가진다. 할로젠계 난연제의 반응 메카니즘은 다음과 같다.

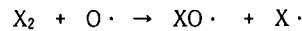
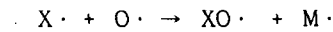
(1) 연쇄반응의 정지



(2) 활성라디칼(H·, ·OH)의 농도를 줄이고 연쇄반응을 정지



(3) 불연성 가스를 발생, O₂ 희석 및 차단



할로젠 원소 중 요오드(I)는 라디칼 포착제로서의 효과가 할로젠 원소 중에서 가장 우수하지만 가격이 비싸고 내열성 및 내광성이 부족하여 거의 사용되지 않고 있으며, 불소(F)는 라디칼 포착제로서 효과를 거의 나타내지 못한다. 이에 반하여 브롬(Br)은 효과적으로 라디칼을 제거하는 능력을 가지고 있어 할로젠계 난연제

중 가장 많이 사용되고 있다. 염소는 브롬에 비해 라디칼 트랩 효과는 조금 떨어진다.

할로젠 난연제는 앞에서 설명했듯이 기체상에서 라디칼을 포착함으로써 난연역할을 한다. 하지만 이 때 발생하는 할로젠가스는 금형 및 전선 등의 금속을 부식시켜 base polymer나 장비에 치명적인 영향을 줄 수 있을 뿐만 아니라 인체에도 유해하다. 따라서 할로젠 난연제를 단독으로 사용하기보다는 calcium stearate나 hydrotalcite계 화합물(DHT-4A, Kyowa)계 등의 할로젠 안정제(Halogen Scavenger)나 안티몬계 난연제, zinc borate, 인계 난연제 등과 병행하여 사용하면 높은 난연상승 효과를 얻을 수 있다.

브롬계 난연제의 국내수요량은 1993년 약 15800톤이었던 것이 1997년에는 93년의 두배 정도인 31000톤으로 증가된 것으로 조사되었고, 이 중 TBBA (Tetrabromo bisphenol -A)가 약 22000톤, DBDPO(Decabromodiphenyloxide)가 약 6000톤이 사용되었다. 염소계 난연제는 염소화 파라핀, CPE를 중심으로 해서 97년에 약 9000톤 정도가 사용되었다. 하지만 1983년에 독일에서 할로젠 난연재료 및 고분자의 연소시 dioxine이 발생된다는 주장이 발표되었고, 최근에는 환경적인 문제가 점점 더 주목되면서 유해성 HCl, HBr 가스를 배출하는 할로젠 난연제의 사용이 독일, 스웨덴 등 유럽국가를 중심으로 규제되기 시작했다. 미국이나 일본, 국내에서는 아직까지 할로젠 난연제의 사용규제는 없지만 서서히 non-halogen 난연재료로의 연구가 집중되고 있어 머지않아 사용량의 감소가 명확하다.

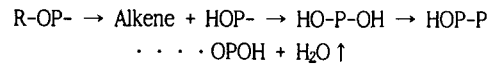
4. Non-Halogen계 난연제

4-1. 인계 난연제(Phosphorus Containing Flame Retardants)

인계 난연제는 연소과정에서 가연성물질과 반응해 고분자 표면에 탄화막(Carbonaceous Layer)을 형성하고, 이 탄화막은 연소에 필요한

산소를 차단하여 난연효과를 나타낸다. 특히 인계 난연제는 고분자내의 산소원소와 반응하여 탈수탄화함으로써 난연효과를 발휘하기 때문에 산소원소를 함유한 고분자에서 효과적으로 난연역할을 수행한다.

인계 난연제의 열분해 메카니즘을 아래에 간단하게 나타내었다.



이와 같이 인계 난연제는 열분해에 의해 인산과 폴리인산을 생성한다. 이 때 생성된 인산과 폴리인산은 에스테르화 및 탈수화 반응에 의해 char를 생성하고 이 char는 산소와 열을 차단함으로써 난연효과를 발휘한다. 여기에 더해 인산의 분해에 의해 HPO_2 와 PO 등의 라디칼이 생성되는데, 이들은 활성라디칼인 $OH \cdot$ 와 $H \cdot$ 를 안정화 시키는 역할을 한다. 할로젠계 난연제가 기체상에서 난연효과를 발휘하는 것과는 다르게 인계 난연제는 주로 고체상태로서 난연작용을 유도한다. 이런 이유로 인계 난연제와 할로젠계 난연제를 각각 단독으로 사용하기보다는 함께 사용함으로써 난연상승효과를 얻을 수 있다.

현재 인계 난연제의 세계시장규모는 약 5만톤(96년 기준)이고 이 중 약 3000톤이 국내에서 사용되는 것으로 집계되고 있다. 대표적인 인계난연제의 종류 및 용도와 제조업체 등을 표 3에 자세하게 나타내었다.

난연효과의 측면에서 보면 할로젠인산에스테르가 인과 할로젠의 상승효과로 인해 높은 난연효과를 보여준다. 최근에는 인산에스테르계 방향족 올리고머, 브롬지방족 인산에스테르, 브롬화프타레이트 등 내열성, 난연성이 우수한 난연제도 판매되고 있고, 다공성 char를 형성하여 난연효과를 나타내는 intumescent계 난연제(APP-Penta erythritol)도 등장하였다. 또한 효과적인 난연체로서 독성이 없고 열적으로 안정한 red phosphorus을 base로 한 난연제가 엔지

표 3. 인계 난연제의 종류와 용도 및 주요 제조업체

구 분	화 학 명	용 도	주요 제조업체
인산에스테르	TPP (Triphenyl phosphate)	페놀수지, PP, ABS, 엔플라용	FMC, Daihachi, SGC, Akzo
	TXP (Trixylenyl phosphate)	가스제용	Daihachi, Akzo
	TCP (Tricresyl phosphate)	가스제용, 페놀수지, PVC	FMC, Daihachi, SGC
	REOFOS (Triisophenyl phosphate)	PVC, 페놀수지	Ciba Special Chem. FMC, Chisso
함할로젠 인산에스테르	TCEP (Tris- Chloroethylphosphate)	PU foam, polyester	Akzo, Daihachi, SGC
	TCPP (Tris- Chloroprophylphosphate)	PU	Akzo, Daihachi, SGC
비할로젠 축합 인계난연제	CR-733S Resorcinol di-phosphate	PVC, cellulotics, 합성고무, 페 놀수지, 에폭시, PPO, 폴리에 스터수지	Daihachi
	CR-741 Aromatic polyphosphate	엔플라용, 합성섬유 등	
	CR-747 Aromatic polyphosphate	엔플라용, 합성섬유	
	PX-200 Aromatic polyphosphate	엔플라용	Daihachi
	Fyrolflex RDP	PC, ABS	Akzo
폴리인산염계	Polyphosphoric acid Ammonium	합성수지, 전선, 도료, 점착 제, 섬유	Chisso, Sumitomo
적인계	Red Phosphorous	전선, 에폭시	Rinkagaku

니어링 플라스틱이나 열경화성 수지용으로 사
용되고 있다. 이는 첨가량이 적기 때문에 물성
에 적은 영향을 미치고, 또 non-halogen, 저발
연화용으로서 금속산화물과의 병용효과가 높은
점이 주목되고 있다. 그리고 내블리딩성
(Non-bleeding), 내열성, 내수성이 뛰어난
bisphenol A-bis (cresyl phosphate)는 종래의
인산에스테르에 비해 매우 독특한 특성을 가진
인계 난연제로서 주목받고 있다.

4-2. 무기계 난연제(Inorganic Flame Retar- dants)

무기계 난연제는 난연제 중에서 사용량이 가
장 많은 수산화알루미늄(Al(OH)₃), 그 다음으로
수산화마그네슘(Mg(OH)₂), 삼산화안티몬(Sb₂O₃),

오산화안티몬(Sb₂O₅), 산화주석, 지루코늄(Zr)화
합물, 붕산염, 폴리인산암모늄, 몰리브덴화합물
등을 들 수 있고 표 4와 같이 분류할 수 있다.

난연제 중에서 연소가스를 억제하면서 연소
점의 열을 뺏아 연소현상을 억제하는 난연제로
는 수산화 금속화합물인 Al(OH)₃와 Mg(OH)₂가
있다. 이들은 연소시 H₂O를 발생하여 수증기로
변하면서 연소성가스를 희석시키며 연소점 주
위의 온도를 낮추어 연소현상을 억제한다.

난연제 중 사용량이 가장 많은 Al(OH)₃는 그
림 2와 같은 열분해거동을 나타낸다. 250℃,
330℃, 550℃의 세 점에서 다음과 같은 탈수반
응에 따른 흡열 peak를 보이며, 470 cal/g의 흡
열량에 의해 난연효과를 크게 나타낸다.

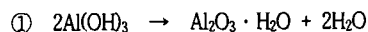


표 4. 무기계 난연제의 종류와 용도 및 주요 제조업체

구분	성분	용도	주요 제조업체
수산화알루미늄	Al(OH) ₃	불포화폴리에스터 에폭시, 페놀, 폴리우레탄	- Aluminium Company of USA - Kaiser Chem(H-30) - Aluminium Chem.(H-30) - Sumitomo (C-12)
수산화마그네슘	Mg(OH) ₂	각종산화마그네슘의 원료, 중간체로 사용 폴리올레핀, 나일론, PVC, 일부합성고무	- Kyowa (Kisuma 5)
붕산아연	2ZnO · 3B ₂ O ₃ · 3.5H ₂ O	PVC, CPE, 각종수지	- US Borax(Zinc Borate) - Humphrey Chem(ZB)
몰리브덴화합물	MoO ₃ (NH ₄) ₂ MoO ₇ Ca-ZincMolybdate		- Climax Molybdeum Co. (Moly FR) - Sherwin Williams Co. (Kem Gard)
삼산화안티몬	Sb ₂ O ₃	난연조제, 촉매제, 청등제 등	- 三國精鍊(STA) - 日本精鋇 - 三井東壓
오산화안티몬	Sb ₂ O ₅	PCB판 제조시 라미네이트 용(Sol type), 코팅, PVC, PET, ABS	- 日産化學 - Niyacol - 日本精鋇

- ② 2Al(OH)₃ → Al₂O₃ + 3H₂O
- ③ Al₂O₃ · H₂O + Al₂O₃ + H₂O

또한 수산화금속화합물의 난연효과는 입자 크기가 작을수록 크며, 현재 평균입자径의 크기가 0.6μ까지 판매되고, 최소 0.3μ까지 제조 가능한 상태이다. 하지만 Al(OH)₃는 약 180℃에

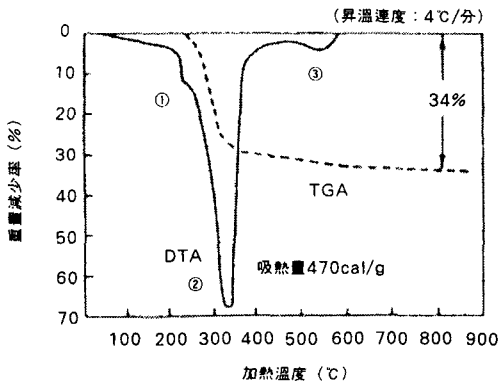
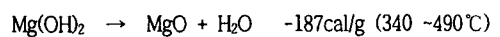


그림 2. Thermal analysis of aluminium trihydroxide.

서 분해반응이 일어나므로 플라스틱의 가공온도에서 분해되어서 발포를 일으키기 쉬운 문제를 가지고 있다. 그러나 이 문제는 기본적으로 Al(OH)₃의 결정구조에 의존하기 때문에 대폭적인 향상은 어렵지만 입자径, 입도분포, 불순물 Na₂O의 감량 등으로 개량타입이 개발되고 있다.

Al(OH)₃의 난연효과를 높이기 위한 또 다른 방법으로 충전량을 높이는 방법이 있고, 기계적 성질을 향상시키기 위해 표면처리기술이 연구되었다. 대표적인 것이 스테아린산이나 실란 커플링제로 표면처리한 수산화알루미늄 등이다.

Mg(OH)₂는 열분해온도가 높아 플라스틱 가공시 안정적으로 사용되는 난연제이다. 연소가스 억제 및 난연 메카니즘은 다음과 같다.



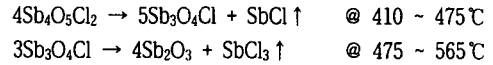
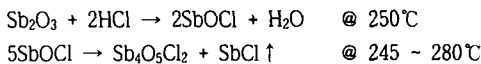
Mg(OH)₂는 위와 같은 탈수 반응에 의해서 난연효과를 나타낸다. Al(OH)₃의 단점인 낮은 탈수개시온도에 비해, Mg(OH)₂는 분해개시온도가

250℃이상으로 플라스틱의 가공온도에서 안정적이다. 또한 적인, Zinc-Borate, 그리고 카본블랙과 병용하여 사용하면 난연의 상승효과를 얻을 수 있는 것으로 알려져 있다.

Al(OH)₃와 Mg(OH)₂는 아래와 같이 난연 효과에서 차이가 있으므로, 양자를 병용하여 사용하는 것이 바람직하다. 그리고 원가절감의 차원에서 수산화 금속화합물의 첨가량의 감량연구도 지속적으로 이루어져야 한다.

- (1) 재료 온도 상승의 억제효과 : Mg(OH)₂ < Al(OH)₃
- (2) 표면 발산 열량의 저하효과 : Mg(OH)₂ < Al(OH)₃
- (3) 발화점 상승효과 (소량배합) : Mg(OH)₂ > Al(OH)₃
- (4) 발화점 상승효과 (다량배합) : Mg(OH)₂ < Al(OH)₃
- (5) 발화시간 연장효과 : Mg(OH)₂ < Al(OH)₃
- (6) 산소지수 상승효과 : Mg(OH)₂ > Al(OH)₃
- (7) 탄화축진 효과 : Mg(OH)₂ < Al(OH)₃

앞에서 설명한 바와 같이 안티몬계 난연제는 주로 할로젠계 난연제와 병용하여 사용하거나 할로젠을 포함하고 있는 PVC, CPE와 같은 수지에 사용됨으로써 큰 난연상승효과를 얻을 수 있어 많이 사용되어져 왔다. 다음과 같은 반응 메카니즘에 의해 난연상승효과를 나타낸다.



Sb₂O₃와 HCl의 반응은 흡열반응이므로 냉각 효과를 부여하고 반응물인 SbCl₃는 radical interceptor로의 역할을 수행한다. 그리고 SbOCl과 SbCl₃가 할로젠을 기체상에서 더 머물게 하여 H/OH 라디칼과의 반응을 향상시키고, 는 SbCl₃는 분자량이 커서 고분자 표면에 기체막을 형성한다. 또한 적용된 고분자에 따라 antimony-halogen화합물은 강한 char를 형성하여 큰 난연효과를 나타내는 것이다.

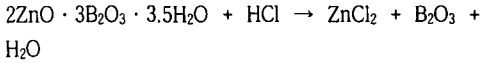
하지만 안티몬계 난연제는 가격이 불안정하고 연소시 유독가스를 배출하는 문제점과 Non-Halogen화, 저발연화 등의 요구가 높아져 다른 금속산화물의 연구가 진행중이다.

그중 zinc borate (2ZnO · 3B₂O₃ · 3.5H₂O)는 산화안티몬의 문제점을 상당히 해결한 halogen free 난연제로서 각광받고 있는 난연제이며, 할로젠을 포함한 수지에도 첨가하여 난연 상승효과를 얻을 수 있고, 연기 억제기능, 연소된 수지의 빠른 char화 등의 특성을 가지고 있어 부분적으로 또는 전체적으로 산화안티몬을 대체할 수 있다. zinc borate의 반응 메카니즘을 아래에 간단히 나타내었고, 표 5에 산화 안티몬과 zinc borate의 장 · 단점을 비교해 놓았다.

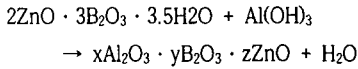
표 5. Antimony Oxide와 Zinc Borate의 장 · 단점 비교

Antimony Oxide	Zinc Borate
Unsteady price	Stable price
Promotes smoke	Good smoke suppressant
Promotes afterglow	Inhibits afterglow
Effective flame retardant	Used either as a complete or partial replacement of Sb ₂ O ₃
Adverse effect on electrical properties	Anti-tracking
Toxic	Not considered toxic
Tends to stabilize PVC	Tends to destabilize PVC
High hiding power	Does not induce opacity
Usually not used in Halogen-free systems	Can be used in Halogen-free
Operates in the gas phase	Operates in the condensed phase

(1) Halogen-Containing



(2) Halogen-free



이 외에도 붕산아연, 폴리브덴화합물, 폴리인산암모늄, 주석화합물, 페로센화합물 등 각종 금속산화물이나 질소계, 실리콘계 난연제의 연구와 실용화가 열심히 추진되고 있다.

5. 최근 난연재료에 요구되는 과제들 (난연제의 개발 방향)

앞에서 설명한 바와 같이, 난연재료는 전기·전자기기를 시작으로 자동차, 건축용 자재, 선박용 등 여러 분야에 걸쳐 그 수요가 증가하고 있고, 그 요구조건도 다양해지고 있다. 그 중 특히 주목해야 할 항목들을 아래에 정리하였다.

(1) 환경친화형 Non-Halogen 저발연재료

물성, 가공성 저하를 억제한 적절한 가격의 난연재료가 요구되며, 연소시 유독성가스를 배출한다는 주장이 나온 이후로 PVC를 대체하기 위하여 폴리올레핀을 base로 한 난연재료의 개발이 활발히 진행 중이다.

(2) 내열성이 우수한 난연재료

최근 제품의 고성능화, 소형화하는 경향에 비해, 내열 수준의 요구가 높아지고 있어, 뛰어난 열적 안정성을 가진 난연재료의 개발이 시급하다. 특히, 전기·전자 기기 부품분야에 요구도가 높다.

(3) 다기능을 구비한 난연재료

난연성 뿐만 아니라 제진(制振)성, 전기특성, 광기능성, 항균성 등의 밸런스를 갖춘 재료 개발이 요구되고 있다. 특히 난연제외의 기능에는 영향을 미치지 않는 재료의 개발이 요구되고 있다.

(4) 성형가공성, 성형가공시의 문제가 적은 난

연재료

압출 성형, 사출 성형 등의 가공 공정에서 유동성이 필요한 설비에 부식, 마모, 점착 등의 문제가 적은 재료의 개발이 요구된다.

(5) 재활용성(Recycling)이 우수한 난연재료

산업폐기물에 대한 관심과 걱정이 증가되면서 잘 타지 않는 재료의 처리가 곤란하여 앞으로 해결해야 할 과제가 되고 있다.

(6) 고난연성 재료 개발에의 도전

무기재료에 접근할 수 있는 고난연재료의 개발로써 고분자 자체의 난연구조의 연구, 나노 컴퍼지트(Nano Composite)의 난연재료 응용 등의 연구가 진행되고 있으며, 더욱 효과적인 char의 생산능력을 가진 효과적인 난연제의 연구도 이루어질 것으로 관측된다.

6. 맺음말

지금까지 현재 사용중인 난연제의 종류 및 소개와 앞으로의 개발 방향 등에 대해서 서술하였다. 난연성 재료는 각종 산업현장이나 일상생활에서 발생하는 화재사고시 안전성의 확보에 크게 기여하고 있으며, 세계적으로 난연제의 수요는 꾸준히 증가하고 있는 실정이다. 현재까지 개발된 난연재료는 난연성과 전기특성, 내열성, 기계적 물성, 성형가공성 등의 밸런스가 떨어지는 관계로 향후 다기능면에서 우수한 난연재료의 개발이 요청되고 있다. 이 뿐만 아니라 환경문제가 주목되면서 환경에 대한 여러 가지 규제가 도입되고 있는 실정에 맞춰 non-halogen, 저유해가스, 저발연화 등에 초점을 두고 새로운 난연제에 대한 연구와 개발이 시급한 실정이고, 한 걸음 더 나아가서 리사이클이 가능한 재료의 개발에 역점을 두어야 한다.

참 고 문 헌

1. 西澤, 高分子 添加劑の開發と最新技術, CMC, 1992.
2. 西澤, ポリマーの難燃化, 大成社, 1992.

3. 국내 난연제 시장 및 환경규제 현황, CIS(Cheical Information Service), 1998.
4. 西原, 最新プラスチック難燃化 動向, CMC 技術セミナー資料, 1995.
5. 西澤, ポリマ-ダイジェスト, 47 No. 6 116, 1995.
6. Levin. B. C 외, Annual Report of Int Copper research Association March, 31, 1988.