

# 防災加工技術에 關한 小考

孫 蓮 秀

<韓國科學技術研究所  
工業化學研究室長>

## I 서 론

로 구분한다

### 1 용어의 정의

연소(combustion) 넓은 의미로는 비교적 빠른 기체상(gas phase)의 발열과나 반응은 모두 연소라 할 수 있다 대부분의 연소는 산소존재 하에서 일어나지만 산소가 필수 조건은 아니다

불꽃 연소(flaming combustion) 음속 이하의 속도로 공간에 퍼져 나가는 연소 반응

잔조현상(殘照現象, glowing) 불꽃없는 연소 난연(難燃 flame or fire resistant or retardant) 연소반응 속도가 보통 기연성 물질에 비하여 느린 경우

불연(不燃 Incombustion) 불꽃 연소 및 불꽃없는 연소가 모두 일어나지 않는 경우

방염(防炎 Flame proof) 불꽃 연소만 일어나지 않는 경우

방화(防火 Fire proof) 불연이며 물질 자체의 중요한 물리적 성질을 잃지 않아야 함

실제 구별은 인정한 연소 조건(규격화된 연소 시험)에서만 구별이 가능하다 예 일본의 경우 연소 시험 JIS, A-1321의 경우 시험결과에 따라 불연재(不燃材)(난연 1급), 준불연재(準不燃材)(난연 2급) 난연재(難燃材)(난연 3급) 3등급으로

### 2 방염 가공의 중요성

대형 건물 화재를 방지할 수 있는 방법은 화재 발생 단계에 따라 세가지로 구분할 수 있다 첫째 철저한 방화관리 둘째 건물 내장재의 난연과 세째 방화구조 및 소방시설의 완비등이다 방화관리는 간단히 말하여 화재 원인을 사전에 제거하는 일이므로 가장 바람직하나 우리의 생활과 불이 떨어질 수 없는 한 방화관리는 아무리 철저히 한다하더라도 부주의에 의한 화인을 완전히 제거하기는 불가능하다 이와같이 부주의에 의한 화인에 의하여 일단 화인이 발생하였을 때 만약 건물 내부가 난연화되어 있다면 사소한 화인인 경우 각과(着火) 자세를 방지할 수 있으며 일단발화가 된 경우에도 화염의 진과 속도를 늦추므로써 화재의 대형화를 방지할 수 있다 방화구조나 소방시설이 완비된 경우에도 화인에 의하여발화가 되었더라도 초기 단계에서는 스프링클러등에 의하여 진화가 가능하며 화염이 어느 정도 성수기에 도달한다 하더라도 건물의 방화구조가 잘되어 있으면 화재의 대형화를 방지할 수 있을 것이다 다음 표 1의 최근 국내 원인별 화재 통계를 보더라도 대부분 가소한 화인이 적지

표 1 원인별 화재건수

年度別 原因別 件數別	1973		1974		1975		1976		1977	
	件數	前年對比 增△減	件數	前年對比 增△減	件數	前年對比 增△減	件數	前年對比 增△減	件數	前年對比 增△減
아궁이	313	49	268	△45	258	△10	289	31	343	54
온돌	93	△17	97	4	67	△30	78	11	108	30
과로	104	54	78	△26	55	△23	62	7	91	29
유류	759	73	637	△122	620	△17	655	35	752	97
전기	767	162	810	43	879	69	1 038	159	1 159	121
연통	32	△16	27	△5	40	13	35	△5	—	△35
퇴적	93	23	75	△18	64	△11	104	40	—	△104
담배	271	△5	299	28	303	4	345	42	437	92
양조	78	△5	84	6	69	△15	94	25	113	19
성냥	141	44	110	△31	137	27	152	15	132	△20
농파	275	△9	205	△70	249	44	306	57	368	62
등파	44	0	28	△16	69	41	32	△37	—	△32
난로	228	8	223	△5	262	39	357	95	399	42
풍로	128	12	126	△2	159	33	148	△11	173	25
분과	20	0	24	4	21	△3	27	6	—	△27
약품	14	△2	5	△9	13	8	21	8	—	△21
기계	50	13	56	6	44	△12	39	△5	—	△39
가스	83	△7	79	△4	84	5	70	△14	108	38
뇌과	3	0	5	2	4	△1	0	△4	—	—
자연	6	1	0	△6	7	7	9	2	—	△9
방과	150	△53	142	△8	144	2	128	△16	165	37
기타	507	85	523	16	711	188	723	12	1 015	292
합계	4 159	410	3 901	△258	4 259	358	4 712	453	5 363	651

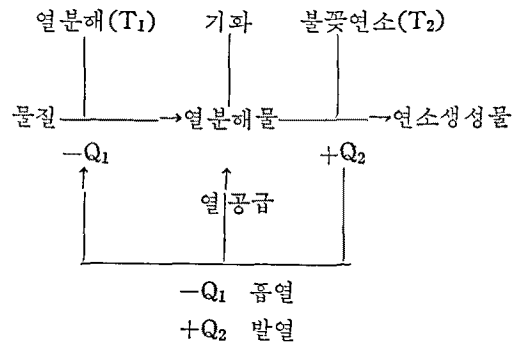
발생의 원인이 된다는 것을 생각하면 내장재의 단열과 소방시설의 완비가 얼마나 중요한지 알 수 있을 것이다

대한 연구 결과로부터 고체 또는 액체물질의 연소 과정은 대략 다음과 같이 편의상 3단계로 나누어 생각할 수 있다

## II 연소 기구 및 방염 기구

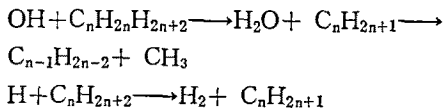
### 1 연소 기구

비교적 간단한 기체물질(수소, 인산, 파탄소, 메탄가스 등)의 연소반응(燃燒反應)에 대하여는 자세히 연구되었으나 액체 또는 고체물질의 연소 현상은 매우 복잡하여 자세히는 이해되어 있지 않다. 그러나 기체 물질의 연소기구 및 고체 또는 액체의 열분해(熱分解) 반응(Pyrolysis) 등에



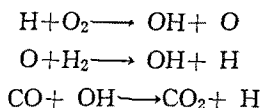
열분해 과정 물질 표면에 충분히 열공급이 되

면(-Q<sub>1</sub>) 고체물질의 경우 보통 용융(熔融)(melting) 과정을 거치거나 또는 바로(폭제 면 같은 것) 열분해 반응이 일어나 가연성 분해물(可燃性分解物)이 생성된다 액체의 경우 바로 표면에서 열분해 반응이 일어나며 탄화수소(炭化水素)의 경우 분쇄(粉碎)반응(fragmentation)의에 다음과 같은 자유 라디칼 반응도 수반되어 기화물(氣化物)이 생성된다



이와같이 열분해 과정은 흡열반응(吸熱反應)으로써 열분해가 지속되려면 열분해 반응에 필요한 Q<sub>1</sub>이 계속 공급되어야 하는데 이것은 연소 반응시 생성되는 Q<sub>2</sub>에 의하여 가능하며 보통 Q<sub>2</sub> > Q<sub>1</sub>인 조건이 만족되면 된다

기화(氣化) 및 불꽃 연소과정 열분해 과정에서 생성되는 물질은 주로 휘발성이 강한 극히 저분자(低分子)의 화학종(化學種)(Chemical species) 또는 자유 라디칼로써 산소 및 열 분위기(分圍氣)에서 빠른 산화(酸化) 반응을 일으킨다 이러한 현상을 불꽃연소라 하며 다음과 같은 자유 라디칼 연쇄 반응에 의하여 불꽃은 공간으로 전파 확대된다



그러므로 불꽃 연소가 지속 또는 확대되려면 적어도 다음의 네가지 조건이 만족되어야 함을 알 수 있다 첫째 가연성 기화물의 공급이 계속 되어야 하며 둘째 산소의 공급이 충분하여야 하며, 셋째 자유 라디칼의 연쇄반응이 계속될 수 있어야 하며 넷째 연소에 의한 발열량 Q<sub>2</sub>가 열분해에 필요한 열량 Q<sub>1</sub>보다 항상 커야한다 일반적으로 연소 현상은 이들 네가지 연소 조건에 매우 민감하여 이들 중 어느 한가지만 충족되지 못하더라도 연소는 지속 또는 확산되지 못하고 중지한다 따라서 방염이란 이들 네가지 연소조

건중 일부 또는 전부를 저해시키므로써 불꽃 연소를 방지하는 것이라고 할 수 있다

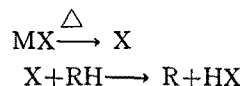
## 2 방염기구

연소 기구에 대한 자세한 이해가 되어 있지 않기 때문에 방염기구에 대한 이론적 설명도 확립되어 있지 않는 것이 사실이다 그러나 지금까지 잘 알려진 우수한 방염효과를 나타내는 여러 물질의 작용효과에 대한 연구결과를 개략 살펴 보면 다음 세가지로 구분할 수 있다

첫째 열분해 과정에서 생성되는 휘발성 가연물을 줄이기 위하여 물질의 열분해 과정을 변화시키는 방법으로 인산화합물(磷酸化合物)이 가장 효과적인 것으로 알려져 있다 인산화합물은 연소시 루이스산이 되어 물질의 열분해 과정에서 휘발성 물질의 생성을 억제하고 탄화(char formation)를 촉진하여 잔재(殘滓)(residue)를 많이 남기는 역할을 한다 휘발성 성분이 적게 나오게 한다는 것은 Q<sub>2</sub>를 줄이고 Q<sub>1</sub>을 크게하는 효과도 동시에 작용함을 알 수 있다

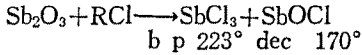
둘째 연소 반응시 연소물 주위의 산소공급을 방해하는 작용을 이용한 것으로는 암모니아 같은 질소 기체(窒素氣體) 또는 탄산가스, 수분과 같은 불연성 기체를 연소시에 대량 방출(放出)시켜 연소물 주위에서 산소의 농도(濃度)를 희석(稀釋)시키는 방법이 있으며 인이나 붕소(硼素) 화합물과 같이 연소시 연소물 표면에 불연성 피막(皮膜)을 형성하고 산소의 공급과 열을 부분적으로 차단(遮斷)하는 경우 등이 있다

셋째 불꽃 연소반응을 저해하는 방법 즉 자유 라디칼의 연쇄반응은 저해하는 방법으로 연소시에 발생하는 자유 라디칼을 제거할 수 있는 물질을 사용하는 경우도 매우 방염 효과가 좋은 것으로 알려져 있다 특히 할로겐 화합물들은 일반적으로 다음과 같은 자유 라디칼 반응에





의하여 연소시 자유 라디칼의 연쇄(連鎖) 반응을 방해하는 것으로 알려져 있다 이들 할로젠 화합물은 단독으로 사용할 수도 있으나 산화 안티몬과 같이 사용하면 다른 반응에 의하여 상승(相乘)효과를 나타내는 것으로 알려져 있다



### III 방염가공

실제의 방염 가공은 방염 가공할 대상물의 종류 용도 재질 등에 따라 그 처리 방법도 달라진다 우선 방염가공 대상물의 종류를 선진국인 미국의 예를 보면 다음 표 2와 같이 7개 부분으로 구분하고 있다 물론 이 분류는 편의상 용도별 분류이며

표 2 방염가공 대상물의 분류

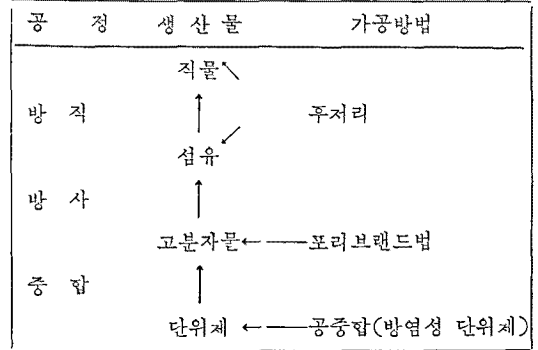
분 류	처 리 물
카펫트 카텐	합성섬유 포리유레탄류 고무
건축 내장재	합판 등의 각종 보드 문튼 합성수지류
전기 및 전자제품	합성수지류
의류	자연 및 합성섬유류
수송체	프라스틱 카바 포리유레탄 폼 합성섬유류
가구	진대 및 부속물 가구류 섬유제품
기타	장난감 기타 특수용도물

재질의 종류에 따라서는 섬유(纖維) 또는 직물류(織物類) 목재류(木材類) 프라스틱류 및 기타 제품으로 나눌 수도 있을 것이다 또한 재질이 같은 대상이라 하더라도 용도에 따라 요구되는 방염효과 및 물성이 다르기 때문에 가공방법 또한 달라진다 일반적으로 이들 방염가공 대상물을 방염처리하는데 있어 가장 기본적인 요구조건은 방염효과가 좋아야함은 물론 처리후 그

대상물의 고유한 물성에 치명적인 변화가 있어서는 안되는 것이다 이점이 바로 방염가공에 있어 가장 어려운 점이다 그외에도 방염성능의 내세탁성(耐洗濯性) 내후성(耐候性) 등의 내구성(耐久性) 인체에 미치는 영향등 여러가지 까다로운 점들이 고려되어야 한다 방염가공시에 따르는 이러한 여러 요구조건과 가장 밀접한 함수는 난연제(難燃劑)의 선택과 그 처리방법이다 따라서 다음에는 가공 대상물의 재질의 종류에 따라 지금까지 알려진 방염제의 종류와 그 처리 방법 등에 관하여 살펴보기로 한다

#### 1 섬유 및 직물류

섬유 또는 직물의 방염가공방법은 다음 그림에서와 같이 그 제조공정(製造工程) 중 어느 단계(段階)에서 가공하느냐에 따라 크게 후처리법(後處理法)(Aftertreatment), 폴리블렌드법(Polyblend), 공중합법(公重合法)(Copolymerization) 등 세가지로 구분될 수 있다



후처리법은 섬유나 직물의 표면에 방염제를 화학적으로 결합시키거나(grafting) 또는 방염제를 수지 또는 다른 첨가제와 함께 사용하여 표면 처리하는 방법을 말하며 일반적으로 섬유 또는 직물의 축감, 방염성능의 내구성등이 떨어지는 단점이 있으나 비교적 처리방법이 용이하고 경제적이므로 가장 널리 이용되고 있다 천연섬유인 면(綿) 또는 모직물(毛織物) 등은 이 후처리법만이 가능하다

폴리블렌드법은 방사(放射) 이전 단계에서 방

사액(放液)에 비반응성(非反應性) 방염제 또는 방염성 단위체(單位體)나 중합체(重合體)를 혼합방사(混合放射)하는 방법으로 용융방사(熔融放射), 습식방사(濕式放射) 건식방사(乾式放射) 어느 경우에도 적용 가능하며 방사액과 방염제 간의 상용성(相溶性)(compatibility)이 가장 문제된다 즉 방염제의 점가로 인하여 방사 공정상의 문제가 없어야 하며 제품의 물성에 지명적인 결함을 가져와서는 안되는 등 여러 까다로운 점이 수반되나 이 방법의 장점은 방염제의 균일

한 분포로 촉감 방염성 내구성 등이 후처리법에 비하여 많이 개선된다는 점이다 공중합법은 중합 이전 단계에서 단위체에 인(磷) 또는 할로젠과 같은 방염성 원소를 도입하여 만든 방염성 단위체를 공중합시키는 방법으로 내구성이나 방염성능에 있어 가장 우수하나 섬유 고유의 물성 제조공정상의 문제점등이 역시 문제된다

위의 세가지 방염가공 방법이 실제 섬유 또는 직물의 종류에 따라 어떻게 이용되고 있는 데 대표적인 예를 들어보면 다음 표 3과 같다

표 3 직물의 종류에 따른 가공방법

섬유의 종류	방 염 제	저 리 조 건	비 고	
면 직 류	MAP or DAP	Impregnation and dry	후 처 리	
	Urea+DAP	Impregnation and Curing	"	
	APO ( $\Delta N-$ ) <sub>3</sub> P=0	under $Zr(BF_4)_2$ catalyst 140°C 4min	"	
	Chloroethyl phosphate	110°C 1 hr	"	
	$ClCH_2P(O)(OH)_2 + RNH_2$	Heat curing	"	
	THPC( $(HOCH_2)_4P^+Cl^-$ )	with $NH_3$ Heat curing	"	
	$Sb_2O_3 + Cl$ paraffin	Heat curing	"	
	$Na_2SrO_3 + (NH_4)_2SO_4$	Heat curing	"	
	아 크 린 류	vinyl chloride or vinylidene chloride	Copolymerization	공 중 합
		$\alpha$ chloroacrylonitrile	"	"
$CH_2=CHCH_2P(O)(OR)_2$		"	"	
Phytic acid+UF resin		Impregnation and curing	후 처 리	
Tris(2,3 dibromopropyl) Phosphate		Polyblend	선 거 리	
Polybromochlorocyclohexane		"	"	
Thiourea+UF resin		Impregnation and curing	후 처 리	
포 리 아 미 드 류	Hexachlorocyclopentadiene derivatives + $ZrO$	Polyblend melt spinning	선 처 리	
	$Sb_2O_3 + chlorodiphenyl$	"	"	
	$Sb_2O_3 + PVC$	Impreg and curing	후 처 리	
포 리 에 스 텔 류	Halogenoalkyl phosphates	emulsion padding+Curing	후 처 리	
	Decabromodiphenylether	Melt Spinning	선 처 리	
	Tris (tribromophenyl) phosphate	"	"	
	tetrabromophthalic anhydride	Copolymerization	공 중 합	
	ethylene oxide adduct of tetrabromobisphenol A	"	"	

이와 같이 섬유의 종류에 따라 방염제의 종류 및 처리방법이 다양해지는 것은 섬유의 특성 및

연소 과성이 다르기 때문이다 그러나 이들 방염제들의 방염효과를 나타내는 주요 성분은 인,

필로겐 및 금속 산화물 임을 알 수 있으며 방염 최소량을 살펴보면 다음 표 4와 같다  
 원소별로 주요 섬유류의 자소성(自消性)에 필요한

표 4 자소성에 필요한 최소 방염원소량

Polymer	P%	Cl%	Br%	P%+Cl%	P%+Br%	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % +Cl%	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % +Br%
Cellulose	2 3~3 5	>24	—	—	1+9	12~15 +9~12	—
Polyolefins	5	40	20	2 5+9	0 5+7	5+8	3+6
Polyvinyl chloride	2~4	40	—	NA	—	5~15% Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—
Acrylates	5	20	16	2+4	1+3	—	7+5
Polyacrylonitrile	5	10~15	10~12	1~2+ 10~12	1~2 +5~10	2+8	2+9
Styrene	—	10~15	4~5	0 5+5	0 2+3	7+7~8	7+7~8
Acrylonitrile butadiene styrene	—	23	3	—	—	5+7	—
Urethane	1 5	18~20	12~14	1+10~15	0 5+4~7	4+4	2 5+2 5
Polyester	5	25	12~15	1+15~20	2+6	2+16~18	2+8~9
Nylon	3 5	3 5~7	—	—	—	10+6	—
Epoxyes	5~6	26~30	13~15	2+6	2+5	—	3+5
Phenolics	6	16	—	—	—	—	—

## 2 목재류

목재의 방염가공에 사용하는 난연제는 값이 싸야 한다는 점과 방염기구상 섬유류의 경우와는 달리 유기질(有機質) 방염제보다는 무기질(無機質) 방염제가 유리함을 알 수 있다. 실제로 목재의 방염가공은 수용성(水溶性) 무기염(無機鹽) 특히 할로겐 또는 인산을 함유하는 무기염을 많이 사용하며 수용성에서 오는 내후(耐候) 또는 내습성(耐濕性)의 문제는 경우에 따라 적당한 방법으로 보완하고 있다. 목재의 방염 가공방법을 분류하면 다음과 같다.

(1) 표면 가공법 코팅법

라이닝법

(2) 함침법(含浸法) 비압력법(非壓力法) 스프레이법 담금법 열처리법

압력법 Full cell process

Empty cell process

몇가지 무기염과 목재의 방염효과의 관계를

보면 그림 1과 같다

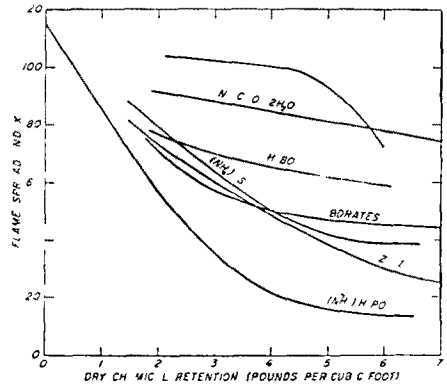


그림 1 방염제의 양에 따른 화염전파속도

## 3 프라스틱 제품 및 기타

프라스틱 제품 중에서 건물(建物) 일반가정, 선박(船舶) 차량(車輛) 및 항공체(航空體)의 구조물(構造物) 장식물 및 접착제 등으로 사용되는 양은 막대하며 선진국에서는 이미 이들에 대한 방염규제를 강력히 시행하고 있다. 특히 포

리우레탄 포리스티렌, ABS 공중합물 및 PVC 등은 그 용도와 사용량이 막대하며 우리나라의 경우도 포리우레탄 포리스티렌 PVC 등이 많이 사용되고 있음에도 불구하고 아직 이 분야의 방염가공 연구는 거의 찾아볼 수 없을 정도이다

이들 플라스틱 제품의 방염가공은 섬유 경우와 같이 제품화될 후 처리하는 후처리법은 거의 사용할 수 없고 대부분 제조공정 중에서 방염제

를 첨가하든가 공중합하여야 하며 플라스틱의 종류 및 용도 제품 상태 및 구조 등에 따라 적당한 방염제를 선택 가공하여 제품의 물리적 성질(예 Softening point, Melting point, Impact strength, Tear strength 등)과 특성을 손상하지 않도록 하여야 한다 몇가지 플라스틱 제품의 대표적인 방염가공 연구 사례(事例)를 찾아보면 다음 표5와 같다

표5 플라스틱 제품의 방염가공법

종 류	가 공 방 법	비 고
포 리 에 스틸	(1) Tetrachlorophthalic anhydride maleic anhydride ethylene glycol and styrene	공 중 합
	(2) Bromophenylether fumaric acid phthalic anhydride propylene glycol and hydroquinone	공 중 합
	(3) $AlNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	포리브랜드
	(4) Dibromostyrene + $Sb_2O_3$	"
포리아크릴레이트	(1) 2,3,3-tribromoallyl acrylate and ethylene	공 중 합
	(2) ethylene chlorophosphite or 1,2-propylene chlorophosphite	포리브랜드
포 리 우 레 탄	(1) Toluene diisocyanate + 2,4,6-tribromophenylbis(dipropylene glycol) phosphites	공 중 합
	(2) Cyanuric chloride + $(RO)_3P$	포리브랜드
	(3) Tris(chloropropyl) phosphates	"
	(4) Pentabromotoluene or tribromophenol	"
페 놀 수 지	(1) Phenol + formaldehyde + bis( $\beta$ chloroethyl) hydroxy methyl phosphinate	공 중 합
	(2) (Panel) sodium silicate or sodium fluorosilicate	코팅
	(3) Chlorinated polyphenyl and chloroalkyl phosphate	포리브랜드
	(4) Freon	"
포 리 스티 렌	(1) 2,3,4-triiodobenzoate and $Sb_2O_3$	포리브랜드
	(2) Hexachlorocyclohexane	"
	(3) Chlorinated paraffin wax and $Sb_2O_3$	"
PVC	Dialkyl chlorodates	포리브랜드
포리아마이드	isophthaloyl chloride + chloro phenylenediamine	공 중 합

IV 방염성능 측정법

방염가공된 재료의 방염성능(防炎性能)을 측정한다는 것은 방염성 재료의 개발 연구에는 물론 실제 방염 규제(規制)를 하는데 있어 필수적이라 하겠다 실제로 어떤 방염재료의 방염성능을 측정하려면 화재 현장 조건을 재현(再現)한

상태에서 측정하는 것이 가장 이상적이겠으나 실험실 규모에서 화재 현장을 재현하는 것은 거의 불가능하므로 실제로는 재연성(再現性)이 좋게 표준화(標準化)된 시험방법(試驗方法)을 만들어 방염재료의 성능을 어떤 표준물질과 비교하는 것이 상례이다 그러나 같은 재료라 하더라도 제품의 모양 또는 구조 등에 따라 방염성능이 다르며 그 용도에 따라서도 방염성능이 같을 필요

는 없으므로 여러가지 방염시험법이 개발되어 사 을 열거하면 다음표 6과 같다  
 용되고 있다 대표적인 국제 방염규격 시험법들

표 6 방 염 시 험 법

Substrate	Test Type	Test No	Sample Size	Geometry	Test Results
Wood	Fire tube	ASTM E-69	$\frac{3}{8}'' \times \frac{3}{4}'' \times 40''$	Vertical flame under	Weight loss final and at intervals
	Schlyter panel Crib test	ASTM E-160	$\frac{1}{2}'' \times \frac{1}{2}'' \times 3''$ 24pieces	Stacked in crib	Weight loss observe afterflame and afterglow
	Tunnel test	ASTM E-286	$13\frac{3}{4}'' \times 8'$	Horizontal flame under	Flame spread smoke density fuel contribution
	Tunnel test	ASTM E-84	20'' $\times$ 25'	Horizontal flame under	Flame spread smoke density fuel contribution
Insulation board	Inclined plane	ASTM C-209	6'' $\times$ 6''	45° flame under(1-ml EtOH)	Char area duration of flaming
Paper	Vertical strip	ASTM D-777 (TAPPI T-461)	$2\frac{3}{4}'' \times 8\frac{1}{4}''$	Vertical flame under	Char length(in) afterglow(sec)
Textiles	Vertical strip	ASTM D-626 (AATCC 34 Fed 5902 5903)	2'' $\times$ 12 $\frac{1}{2}''$	Vertical flame under	Char length(in) duration of flame afterglow time
	45° strip	ASTM D-1230 (AATCC 33 Fed 5908)	2'' $\times$ 6''	45° flame at bottom edge 1-sec ignition	Time of flame spread
	Horizontal strip Pilttest(carpets)	Fed 5900 5906	>8'' $\times$ 8''	Pill(hexamethylene tetramine "methenamine") centered in 8'' steel circle	Burns to 1'' from steel ring or does not
Paints	Cabinet	ASTM D 1360	$\frac{1}{4}'' \times 6'' \times 12''$	45° alcohol flme under	Area and volume of char weight loss leach resistance
	Stick and wick	ASTM D 1361	1'' $\times$ 1'' $\times$ 16''	Vertical alcohol wick under	Weight loss flame spread rate char height
	Radiant panel Inclined panel (see insulation board) Tunnel tests—2', 8' 16' 25' (see wood)	ASTM E 162	6'' $\times$ 18''	60° angle panel at 670 C	Flame spread smoke density
Mastics	Furnace test	ASTM E-119	Actual column or or beam	In use position	Time to reach specified temp (e g 585°C)
	Roofing asphalt	ASTM D-1167	6'' $\times$ 6''	Vertical, 10 sec under	Visual observations



Plastics	Flexible Plastics	ASTM D-568	1''×18''	Vertical, 15 sec under	Nonburning, self-extinguishing burn rate (in/min)
	Self supporting plastics	ASTM D-635	$\frac{1}{2}$ ''×5''	Horizontal on wire mesh, end ignited	As for D-568
	Self extinguishing plastics	ASTM D-757	$\frac{1}{8}$ ''× $\frac{1}{2}$ ''×4 $\frac{3}{4}$ ''	Horizontal on red hot igniting bar	Burning rate (in/min)
	Sheeting and foam	ASTM D-1692	$\frac{1}{2}$ ''×2''×6''	Horizontal on wire mesh, ignite end	Burning rate or self extinguishing time
	Thin sheet	ASTM D-1433	3''×9''	45° ignite lower edge	Burning rate or selfextinguishing
	Vertical bar		2''×2''×18''	Vertical 60-sec ignition	Extinguishing time weight loss flame height burn rate char fraction
	Butler chimney		$\frac{3}{4}$ ''× $\frac{3}{4}$ ''×10''	Vertical 10-sec ignition	Weight loss extinguishing time flame height
	Hooker HLT-15		$\frac{1}{8}$ ''× $\frac{1}{2}$ ''×8''	Vertical 5 ignitions	Ratings based on surviving all 5 ignitions
Plastics (continued)	Bureau of Mines flame penetration test Schlyter inclined plane tunnel tests radianel (see wood paints)		1''×6''×6''	Flame impinging on center of sample	Time to burn through
		General	Differential thermal analysis	Micro	
	Thermogravimetric analysis		Micro		Basic thermal parameters
	Oxygen index test (candle test)		$\frac{1}{8}$ ''× $\frac{1}{4}$ ''×3''	Vertical flame on top	Mole fraction oxygen to just support flame
	NBS Rohm and Haas XP-2 smoke test,		1''×1''×1''up to 3''×3''×3''		Obscuration time max smoke density smoke accumulation rate
	Ease of ignition (Setchkin)	ASTM D-1929	$\frac{3}{4}$ ''× $\frac{3}{4}$ '' (3±0.5g)	Place in holder in furnace	Flash ignition and selfignition temp
	Test for non Combustibility	ASTM E-136	1 $\frac{1}{2}$ ''×1 $\frac{1}{2}$ ''×2''	Set in furnace at 750°C	Sample temp must remain within 30°C of furnace temp