



## 고층건물 피트실 배관보온필름의 화재특성에 관한 연구

이영삼 · 김진수 · 장재순 · 이동호<sup>†</sup>

인천대학교 대학원, 인천대학교 소방방재연구센터<sup>†</sup>

### A Study on the fire characteristic of pipe insulation film materials in the pit room of the skyscraper

Young-Sam Lee · Jin-Su Kim · Jae-Soon Jang · Dong-ho Rie<sup>†</sup>

Graduate School of University of Incheon,

Fire Disaster Protection Research Center, University of Incheon<sup>†</sup>

#### 요 약

최근 고층건물 화재의 대표적 사례인 부산 해운대 우신골드스위트 주상복합건물 화재 확대의 주요 원인으로 작용했던 석유화학제품 중 배관보온재를 감싸고 있는 보온필름의 화재특성에 대해 연구를 하였다. 본 화재결과 배관보온필름이 화재취약성을 가지고 있는 것으로 확인되었다. 하지만 명확한 법적규제가 없는 것과 시공비 절감을 위해 대부분의 공사업자들은 비난연제품으로 시공을 하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 이러한 잘못된 시공으로 인한 위험성을 알리고자 하는데 목적이 있다. 연구방법은 국내에서 생산된 마감용 배관 보온필름 네 종류를 사용하여 화재특성을 분석하였다. 네 종류 중 두 종류는 난연성능이 있는 제품이고 나머지 두 종류는 난연성능이 없는 제품으로 선정하였다. 실험은 제품의 열방출률을 알기 위해 콘칼로리미터를 사용하였고 또한 실제 피트 내에 배관보온필름 화재를 묘사하기 위해 45도연소시험기를 사용하여 연소실험을 하였다.

#### 1. 서 론

도시의 고도화로 건물에 사용되고 있는 석유화학제품으로 인하여 화재발생시 열이나 연기가 급속히 확산되어 인명 및 재산에 피해가 증가하고 있는 실정이다.

이러한 화학제품의 화재특성을 분석하기 위해 최근 들어 국·내외적으로 많은 연구가 진행되고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 위험성을 알고자 최근 고층건물 화재의 대표적 사례인 부산 해운대 우신골드스위트 주상복합건물 화재 확대의 주요 원인으로 작용했던 석유화학제품 중 배관보온재를 감싸고 있는 보온필름을 대상으로 화재특성에 대해 연구를 하였다.

연구방법은 보온필름의 열방출률 특성을 분석하기 위해 콘칼로리미터를 사용하였고 또한 보온필름의 연소확대 특성을 분석하기 위해 45도 연소실험을 추가로 진행하였다.

## 2. 실험

### 2.1 실험시료

보온필름의 주요성분은 PVC이다. PVC는 열가소성 플라스틱의 하나로 ‘폴리염화비닐’, ‘염화비닐수지’라고도 한다. 본 실험에서 사용된 보온필름은 비난연성제품 2종류와 난연성 제품 2종류를 사용하였다. 또한 필름의 두께가 0.15mm 정도로 얇아 콘칼로리미터 실험 기준(ISO 5660-1)에 따라 재료를 6mm 두께로 만들어 실험을 하였다.

### 2.2 실험장치 및 방법

실험장치는 열방출률 실험을 위해 Fig. 1과 같이 콘칼로리미터를 사용하였다. 콘칼로리미터는 실화의 화염분석을 하는데 한계가 있다. 따라서 이러한 실험의 한계를 극복하기 위해 Fig. 2와 같이 45도연소시험기를 사용하여 분석하였다.



Fig. 1. Schematic diagram of cone calorimeter



Fig. 2. Fire tester for flame propagation

실험방법은 시료를 가로 세로 각각 100mm×100mm 크기로 콘칼로리미터 실험 기준에 따라 준비하였고, 시편은 0.03~0.05mm의 알루미늄 호일로 중앙에 놓고 바닥면과 측면들을 감싸고 콘히터(Cone heater)와 시편 사이의 거리는 25mm로 유지하였다. 실험하는 동안 필요한 데이터를 수집하고 수집이 완료되면 시편과 시편홀더를 제거한다. 또한 열유속(Heat Flux)는 25kW/m<sup>2</sup>, 50kW/m<sup>2</sup>의 복사열에 노출시켜 착화시 부터 모든 연소가 종료될 때까지 실시하였다.

45도 연소실험은 연소시험기의 실험기준(KOFEIS 1001)에 따라 얇은 포 기준(1m<sup>2</sup>의 중량이 450g이하)을 적용하여 잔염시간(초), 잔신시간(초), 탄화면적(cm), 탄화길이(cm)을 측정하였고 접염횟수 3회 이상을 실시하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 콘칼로리미터 시험

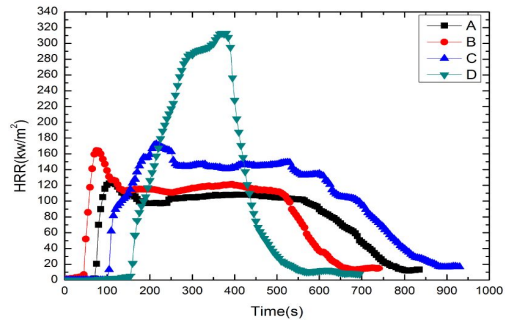
보온필름 4종에 대하여 콘칼로리미터 실험을 실시하였다. 비난연제품 A, B의 경우는 거의 대부분 소실이 되어 잔재물이 남지 않았으나, 난연제품 C, D의 경우는 비난연제품과 달리 대부분의 잔재물이 검게 변색되어 남았다.

### 3.2 착화시간(Time to ignition, TTI), 열방출률(Heat release rate, HRR) 및 연소시험

본 연구에서는 2가지 크기의 복사열을 이용하여 열에 노출된 보온필름에 대한 착화시간을 Table 1과 같이 그 결과를 나타내었다.

**Table 1. Time to ignition of insulation film**

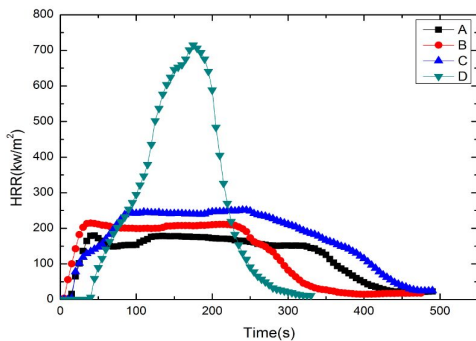
Sample	Time to ignition(sec)		Remark
	25kW/m <sup>2</sup>	50kW/m <sup>2</sup>	
A	82	18	
B	56	12	
C	114	22	Flame retardant
D	166	46	Flame retardant



**Fig. 3. Heat release rate at 25kW/m<sup>2</sup>**

Table 1과 같이 난연성능 유·무에 따른 착화시간을 살펴보면 25kW/m<sup>2</sup>의 Heat flux 경우 난연성능이 있는 제품은 난연성능이 없는 제품보다 착화시간이 길게 나타났다. 특히 D 제품의 경우 난연성능이 우수하여 착화시간이 166초로 매우 길게 나타났다. 고온인 50kW/m<sup>2</sup>의 Heat flux 경우 난연성능이 있는 제품과 없는 제품 간에 큰 차이가 없었으나 D제품이 46초로 우수하게 나왔다.

Fig. 3과 같이 열방출률을 살펴보면 25kW/m<sup>2</sup>의 낮은 Heat flux에서는 보온필름이 점화가 되어 연소가 진행되다가 100초경에 급격하게 상승한 후 완만하게 하강하였다. 그러나 D제품의 경우 열방출률이 320kW/m<sup>2</sup>으로 실험대상 중 가장 높았고 또한 열방출시간도 647초로 가장 낮게 나타났다.



**Fig. 4. Heat release rate at 50kW/m<sup>2</sup>**

**Table 2. Results of flame propagation test**

Sample	Number of times	Results of Test				Remark
		After glow(s)	After flame(s)	Square (cm <sup>2</sup> )	Length (cm)	
A	1	9.8	△	△	△	△ : completely fired
	2	8.2	△	△	△	
	3	11.2	△	△	△	
B	1	7.2	△	△	△	△ : completely fired
	2	4.5	△	△	△	
	3	5.1	△	△	△	
C	1	□	□	12.9	4.6	□ : No Flame
	2	□	□	14.4	4.7	
	3	□	□	16.3	5.4	
D	1	□	□	7.1	3.6	□ : No Flame
	2	□	□	8.3	3.9	
	3	□	□	6.6	3.8	

Fig. 4의 50kW/m<sup>2</sup> 실험의 경우 25kW/m<sup>2</sup> 실험보다 높은 Heat flux에 의해 연소가 빠르게 진행되었으나 결과는 거의 대등소요하게 나왔다. 따라서 실험결과 난연성능이 우수할수록 착화지연효과는 우수하나 열방출률은 비난연제품보다 높다는 것을 알 수 있었다.

Table 2는 얇은 포의 방염성능기준에 따라 잔염시간, 잔신시간, 탄화면적, 탄화길이의 실험결과를 나타냈다. 잔염시간은 비난연제품의 경우 A는 평균 9.7초이고 B는 5.6초로 기준인 3초이내 보다 초과하였고 난연제품인 C와 D는 열에 의해서 녹았으나 연소는 진행되지 않았다. 잔신시간은 A와 B의 경우 법적기준인 5초 이내를 벗어나 전소되었고 난연제품인 C와 D는 열에 의해서 녹았으나 연소는 진행되지 않았다. 탄화면적은 비난연제품의 경우 기준인 30cm<sup>2</sup> 이내를 벗어나 전소되었고 난연제품인 C는 평균 14.5cm<sup>2</sup>이고 D는 7.3cm<sup>2</sup> 로 기준인 30cm<sup>2</sup>를 초과하지 않았다. 탄화길이의 경우 비난연제품인 A와 B는 기준인 20cm 이내를 벗어나 전소되었고 난연제품인 C는 평균 4.9cm 이고 D는 3.8cm 로 기준인 20cm를 초과하지 않았다. 따라서 C와 D재료는 연소 억제효과가 있었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 착화시간의 경우 25kW/m<sup>2</sup>의 복사열에서 D제품이 착화시간이 166초로 나왔고, 50kW/m<sup>2</sup>의 경우도 제품 간에 큰 차이가 없었으나 D제품이 46초로 우수하게 나왔다.
2. 열방출률은 25kW/m<sup>2</sup> 실험의 경우 점화 후 100초경에 급격하게 상승하다가 완만하게 하강하였다. 50kW/m<sup>2</sup> 실험의 경우 25kW/m<sup>2</sup> 실험보다 높은 열에 의해 연소가 빠르게 진행되었으나 결과는 거의 대등소요하게 나왔다. 하지만 난연성능이 우수한 D제품의 경우 열방출률이 25kW/m<sup>2</sup> 실험에서 320kW/m<sup>2</sup> 으로 나왔고 50kW/m<sup>2</sup> 실험에서 700kW/m<sup>2</sup> 으로 나와 타제품 보다 높다는 단점을 확인할 수 있었다.
3. 45도 연소실험은 얇은 포의 방염성능기준에 따라 실험을 하였다. 결과로는 난연제품의 경우 녹아서 천공만 생겼을 뿐 연소확대가 일어나지 않았으나 비난연제품은 점화와 동시에 전소가 되었다.
4. 본 실험결과 난연제품이 화염전파 억제효과가 있는 것으로 확인되었다. 따라서 단순히 배관동파를 방지하기 위해 보온제품 사용을 규제하기 보다는 연소확대 방지를 위해 난연제품의 사용에 대한 법적규제도 필요하다고 사료된다.

#### 참고문헌

1. 박정환, 석유화학공업, 동화기술, 2010.
2. 이근원, 김관용, “콘칼로리미터를 이용한 플라스틱단열재의 화재특성”, 한국화재소방학회 논문지, Vol.17, No.1, pp.76-83(2003).
3. ISO 5660-1, “Reaction to fire tests - Heat release, smoke production and mass loss rate - Part 1 : Heat release rate (cone calorimeter method)”.
4. Brian T. Rhodes James G. Quintiere, “Burning rate and flame heat flux for PMMA” in a cone calorimeter, Fire Safety Journal Volume 26, Issue 3, Pages 221-240(April 1996).