Fire Sci. Eng., Vol. 33, No. 4, pp. 1-8, 2019 ISSN : 2508-6804 (Online)
DOI: https://doi.org/10.7731/KIFSE.2019.33.4.001 ISSN : 1738-7167 (Print)

[Research Paper]

룸코너 시험을 이용한 배관용 보온재의 난연성능 분석

임옥근 · 남동군*† · 장효연**

한국소방산업기술원 기술연구소 선임연구원, *한국소방산업기술원 기술연구소 책임연구원,
**한국소방산업기술원 기술연구소 연구원

Evaluation of the Reaction-to-fire Performance of Pipe Insulation Material using Small Room Test

Ohk Kun Lim · Dong-gun Nam*† · Hyo-Yeon Jang**

Senior Researcher, R&D Laboratory, Korea Fire Institute, *Principal Researcher, R&D Laboratory, Korea Fire Institute,
**Researcher, R&D Laboratory, Korea Fire Institute

(Received June 20, 2019; Revised July 15, 2019; Accepted July 19, 2019)

요 약

천장이나 배관에 설치된 보온재의 연소로 인해 화재가 확산되는 사례가 발생함에 따라 수계소화설비의 배관보온재는 난연재료 성능 이상의 것을 사용하고 있다. 배관보온재의 일부분을 시편으로 가공하여 난연성능을 평가하고 있지만 설치환경을 고려한 실규모시험을 통한 평가는 이루어지지 않고 있다. 본 연구에서는 국내에서 널리 사용되고 있는 발포폴리에틸렌폼 및 고무발포보온재를 실규모 시험기준인 ISO 20632에 따라 시험하고 유럽의 난연성능 분류기준과 비교하였다. 배관보온재 재료별로 상이한 난연성능을 보였으며, 특히 발포폴리에틸렌폼보온재의 경우 시공방법에 따라 화재성장율 및 열방출율이 달라졌다. 화재발생 시 배관보온재로 인한 연소확산을 지연시키기 위해서는 설치하는 대상공간의 특성을 고려한 난연성능 적용이 필요하며, 시공 시 사용하는 접착제와 테이프 등 부자재의 난연성 또한 고려해야 함을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

Reaction-to-fire performance of pipe insulation materials should be approved in accordance with KS standards prior to installing water-based suppression systems because several fire accidents are initiated from insulation materials around ceilings or concealed space. A small room test to evaluate the reaction-to-fire performance of the polyethylene foam and elastomeric pipe insulation materials was conducted according to ISO 20632. Different fire growth rate and heat release rate are observed depending on the materials and construction methods. In order to improve a fire safety, the reaction-to-fire performance of pipe insulation material needs to be subdivided with regard to the heat release rate and smoke generation. Furthermore, the characteristics of the applying space are also required to be considered. Subsidiary materials for installation process such as tape and adhesive are found to provide an adverse effect to maintain a fire safety.

Keywords : Pipe insulation, Reaction-to-fire performance, Fire safety, Room corner test, Concealed space

1. 서 론

2014년도에 발생한 고양종합터미널 화재사고는 용접불꽃에 의해 발화되어 천장의 단열재를 통해 화재가 확산되었으며, 이로 인해 8명이 사망하고 115명의 부상자가 발생했고 약 600억원의 재산피해를 초래했다[1]. 이를 계기로 당시 소방방재청에서는 수계소화설비의 배관보온재가 화재발생 시 화염확산을 촉진시키지 않도록 무기화합물 소재의 불연성 또는 난연성 재질을 사용하도록 권고하였다. 이 후 수계소화설비의 국가화재안전기준에는 '보온재를 사용할 경우에는 난연재료 성능 이상의 것으로 하여야 한다'로 개정되었으나 난연재료 성능에 대한 구체적인 기준은 함께

† Corresponding Author, E-Mail: nam@kfi.or.kr. TEL: +82-31-289-2958, FAX: +82-31-287-1067
ⓒ 2019 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

제시되지 않았다. 배관보온재에 적용할 수 있는 기존의 난연성능 관련규정은 '건축물 마감재료의 난연성능 및 화재확산 방지구조 기준'과 '국토교통부 건축기계설비공사 표준시방서'에 명시되어 있었지만 소방배관용 보온재에 어떤 규정을 적용해야 하는지에 대한 것은 제시되지 않았다. 2014년도에 한국소방시설협회에서 수행한 소방시설공사 표준시방서(안)에서는 수평연소성 시험에서 HF-1등급 이상의 난연성능을 가진 제품을 배관용 보온재로 사용하도록 제안하였다. 현재 건축되고 있는 수계소화설비 배관보온재에는 KS M ISO 9772에 따른 수평연소성 시험에서 HF-1등급 이상인 제품이나, KS M ISO 4589-2에 따른 한계산소지수에서 수치가 28이상인 제품이 사용되고 있다[2].

반자는 거실의 천장 하부의 공간을 가려서 만든 구조체로, 수계소화설비의 배관을 포함하여 다양한 설비의 배관, 냉난방 등 공조설비, 조명설비의 배선 등을 가려 미관을 수려하게 하고 쾌적한 실내공간을 구성하기 위해 사용된다. 이런 반자 내부에서 화재가 발생한 경우 화재감지가 늦어질 뿐만 아니라 구획되지 않은 반자 내부구조의 특성으로 인해 화재발생 시 확산속도가 빠르다[3]. 미국의 건축물 설계기준에 따르면 천장과 반자 사이 공간을 통한 열과 연기의 확산을 막기 위해 Draft stopping을 설치하여 기밀하게 구획하도록 규정하고 있다[4]. 영국의 건축법에도 Cavity barrier라는 명칭으로 미국의 Draft stopping과 동일하게 방화구획과는 별도로 반자 내부를 구획하도록 되어 있다[5]. Draft stopping이나 Cavity barrier로 반자내부를 구획하는 것은 국내 건축법에는 없는 것으로, 국내에서는 반자 내부도 방화구획과 동일한 기준이 적용되고 있어 반자내부의 급격한 화재확산을 막기 위한 다양한 방법들에 대한 검토가 필요하다.

배관보온재의 난연성능은 국내의 경우 KS 시험기준에 따라 일정한 크기의 시편을 이용하여 난연성능 유무를 판단하는데 반해, 미국에서는 스테이너터널 시험에 따라 난연성능을 3가지로 분류하고 그 난연등급에 따라 적용이 가능한 곳을 규정하고 있다. 예를 들어 반자내부에 Draft stopping이 없는 경우에는 가장 높은 난연성능을 가지는 Class A 등급의 제품만을 사용할 수 있다[6]. 유럽에서는 단일연소시험을 통해 난연성능을 4가지 등급으로 분류하며[7], 반자 내부에 Cavity barrier가 없는 경우에는 비교적 높은 난연성능을 가진 B 및 C등급의 제품을 사용하도록 규정하고 있다[5].

국외의 경우 배관보온재의 난연성능을 그 정도에 따라 분류하고 있을 뿐만 아니라 반자 내부에 별도의 구획을 이용하여 급격한 화재확산을 방지하고 있지만, 국내의 경우 세부적인 난연성능에 대한 분류가 없는 실정이다. 따라서 국내에서 사용되고 있는 배관보온재의 난연성능이 유럽의 분류기준과 비교할 때 어느 정도 수준인지를 파악하고, 반자 내부공간을 통해 전파되는 화재확산을 지연시키기에 적합한지에 대한 분석이 필요하다. 본 논문에서는 국내에서 주로 사용되고 있는 배관보온재를 실제 설치환경을 고려한 실규모 화재시험을 통해 어느정도의 난연성능이 있는지에 대해 분석하고자 한다.

2. 배관보온재 시공현황 및 난연성능 평가방법

2.1 배관보온재 시공현황

국내의 배관보온재는 1990년대까지는 유리면에 은박지, 마분지, 폴리머테이프 등으로 구성되어 사용되었으며, 2000년대를 전후로 발포폴리에틸렌폼보온재를 배관식별용 테이프를 이용해 시공하는 사례가 증가하였다[8]. 기계실이나 공동구에 설치되는 옥외배관에는 무은박 발포폴리에틸렌폼보온재에 매직(색)테이프를 이용하여 시공하는데, 급수배관인 경우 파란색 테이프를 소방배관인 경우에는 Figure 1과 같이 적색 테이프를 사용한다. 옥내 노출배관에는 Figure 2와 같이 은박이 덧대어진 발포폴리에틸렌폼보온재를 사용하기도 하며 미관을 위해 무은박 발포폴리에틸렌폼보온재의 매직테이프 위에 다양한 색으로 도색하여 사용하기도 한다.

국내에서 천장과 반자사이 공간에 시공되어 있는 수계소화설비용 배관에는 동파방지를 위해 발포폴리에틸렌폼보온재와 고무발포보온재가 일반적으로 사용되고 있다. 상가, 오피스텔, 백화점, 관공서 등 약 40곳의 현장조사 결과 발포폴리에틸렌폼보온재와 고무발포보온재가 약 8:2의 비율로 시공되어 있음을 Figure 3에서와 같이 확인할 수 있었으며, 그 중 발포폴리에틸렌폼보온재의 경우 Figure 4와 같이 대부분이 무은박제품에 매직테이프로 시공되어 있었다.

2.2 ISO 11925-2[9]

ISO 11925-2 시험(Reaction to fire tests-Ignitability of products subjected to direct impingement of flame)은 담뱃불과 같은 작은 화염이 일정시간(15 s, 30 s) 가해졌을 때 재료의 수직연소특성을 평가하기 위한 것이다. 작은 크기의

Figure 1. Polyethylene foam with magic tape.

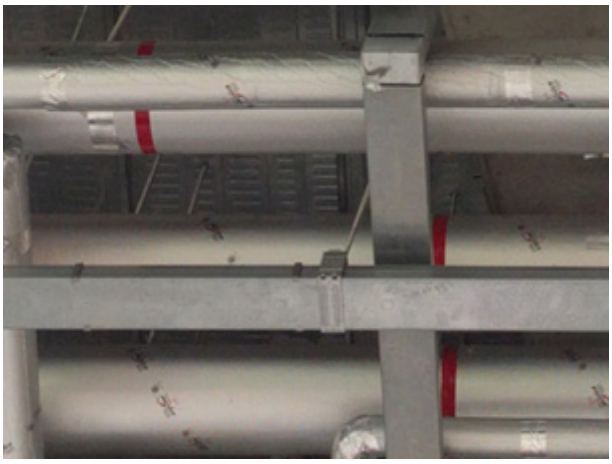


Figure 2. Foil faced polyethylene foam.

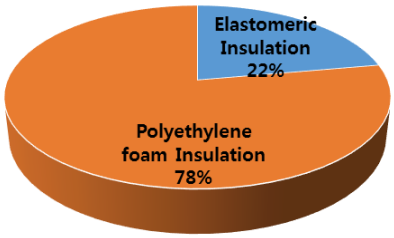


Figure 3. Usage of pipe insulation material.

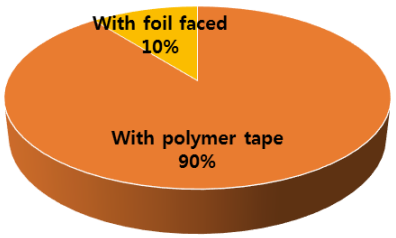


Figure 4. Construction status of polyethylene foam pipe insulation.

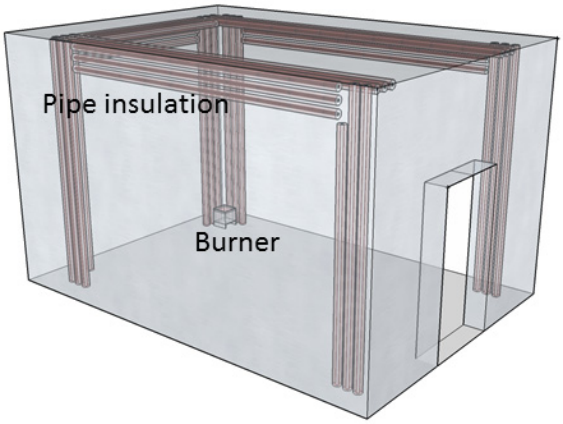


Figure 5. Test specimen configuration of ISO 20632.

시편(너비 90 ± 2 mm, 길이 250 ± 2 mm, 두께 60 mm 이하)을 수직으로 지그에 장착하여 평가기준에 따라 불꽃을 가한 뒤 연소된 길이를 측정하여 난연성능을 평가한다. EN 13501-1[7] 기준에서는 배관보온재의 경우 표면접염 30 s간 수직으로 전파된 가장 높은 위치까지의 거리가 150 mm 이내여야 D등급 이상의 난연성능을 가지는 것으로 정의되어 있다.

2.3 ISO 20632[10]

ISO 20632 시험(Reaction-to-fire tests – Small room test for pipe insulation products or systems)은 배관보온재의 설치환경을 고려한 시험 방법으로 ISO 9705 룸코너 시험기 내부에 약 90 m의 배관보온재를 Figure 5과 같이 설치하여 구획공간 뒤편 안쪽에 위치시킨 샌드버너로 점화하여 열방출율, 연기발생량 등을 측정하여 난연성능을 평가한다. 호칭경 15 A의 강관에 두께 25 mm~50 mm 범위의 배관보온재에 대해 평가하며, 프로판 가스로 10 min간 100 kW, 그 후 10 min간 300 kW로 점화하여 총 20 min간 시험하여 샌드버너로부터 1.2 m 이내의 불똥이나 흔적 등의 현상 또한 관찰한다. 난연성능은 플래쉬오버 발생하는 시간을 기점으로 분류하며 Fire growth rate (FIGRA) 및 Smoke growth rate (SMOGRA) 값으로 정의된 등급에 따라 결정된다[11].

FIGRA는 시편의 최대 열방출율을 그 때의 시간으로 나눈 것으로 W/s의 단위로 표현한다. ISO 20632 시험에서 100 kW 및 300 kW의 열량을 10분씩 가하기 때문에 각각 900 kW 및 700 kW의 열방출율이 발생하는 경우를 플래쉬오버 발생시점으로 가정한다. Sundstorm 등[11]은 동일한 재질의 배관보온재를 단일연소시험과 룸코너 시험을 통해 얻은 FIGRA값을 비교하여 선형적인 관계가 있음을 확인하였다. ISO 20632시험에서의 시간에 따른 열방출율 자료를 토대로 분류한 난연성능등급을 Figure 6에 나타내었다. 시험 시작 후 2 min 이내에 플래쉬오버가 발생하는 경우 가장 낮은 난연성을 가진 Class E로 분류하며, 20 min간의 시험 동안 플래쉬오버 발생하지 않고 상대적으로 낮은 열방출율을 보이는 경우 Class B로 분류한다. Table 1은 보다 상세한 난연등급 분류기준을 나타낸다.

3. 배관보온재의 난연성능

국내에서 일반적으로 사용되고 있는 난연성능시험을 통과한 발포폴리에틸렌폼보온재와 고무발포보온재에 대해 수직화염전파특성과 실제 설치환경을 고려한 실규모 시험을 통해 열방출율을 측정하고 유럽기준에 따라 난연성능을 분류했다. 발포폴리에틸렌폼보온재의 경우 현장의 시공상황에 따라 은박이 입혀진 경우와 매직테이프로 시공한 경우로 구분하여 평가하였다.

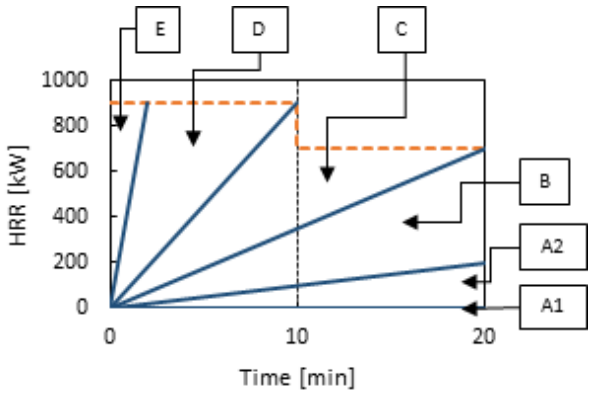
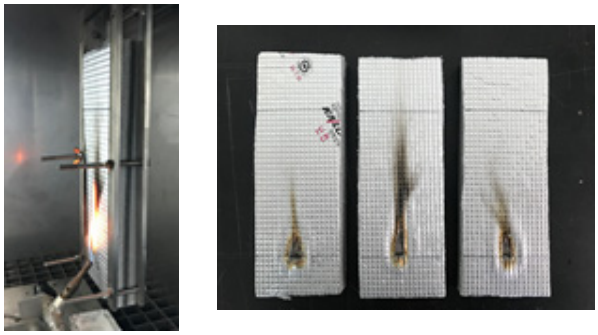


Figure 6. Classification index with respect to flashover in ISO 20632[11].



(a) During the test (b) Lateral flame spread of specimens

Figure 7. Flame spread of foil faced polyethylene.

Table 1. Classification of the Reaction-to-fire Performance According to FIGRA Index

Class	ISO 20632[11]		EN 13501-1[7]
	FIGRA	Features	FIGRA
A1	≈ 0 kW/s	No Contribution to Fire	-
A2	≤ 0.16 kW/s	No Flashover/ limited Contribution to Fire	≤ 270 W/s
B	≤ 0.6 kW/s	No Flashover During the Test	≤ 270 W/s
C	≤ 1.5 kW/s	Flashover Between 10 to 20 min of the Test	≤ 460 W/s
D	≤ 7.5 kW/s	Flashover Between 2 to 10 min of the Test	≤ 2100 W/s
E	> 7.5 kW/s	Flashover Within 2 min of the Test	> 2100 W/s

시공현장에서는 발포폴리에틸렌폼보온재의 경우 수평연소성시험에서의 난연성능 성적서를 주로 확인하며, 고무발포보온재는 한계산소지수시험결과를 인용하여 난연성능을 인정받고 있었다. 현재는 두 가지 시험을 모두 통과해야 하는 것이 아니라 그 중 하나의 시험만 통과하면 난연성능이 있는 것으로 간주한다. 고무발포보온재의 경우 한계산소지수 뿐만 아니라 수평연소성 시험에서도 소방청에서 제시한 난연성능기준을 만족하지만 발포폴리에틸렌폼보온재의 경우 한계산소지수가 약 22전후로 28이상으로 명시된 현재의 기준을 만족하지 못했다[12].

3.1 은박 발포폴리에틸렌폼보온재

은박이 있는 발포폴리에틸렌폼 보온재 표면에 ISO 11925-2의 시험기준에 따라 30 s간 접염하여 그을린 자국을 관찰한 결과 수직화염전파거리가 150 mm를 넘지 않아 수직화염전파성능을 충족하였다. Figure 7(b)와 같이 은박부분에 약간의 그을린 자국이 발생할 뿐 심재는 거의 연소하지 않았다.

은박 발포폴리에틸렌보온재 약 90 m를 Figure 8(a)와 같이 룸코너 시험기 내부에 설치하고 Figure 5에서와 같이 오른편 안쪽 모서리에 샌드버너를 위치시킨 뒤 점화하여 시험을 실시하였다. 시험 시작 후 20 s 이내에 버너와 인근한 수직배관에 설치된 보온재가 연소하여 화염이 천장에 닿았고 30 s 후에는 인근천장에 설치된 수평배관 보온재로 화염이 옮겨 붙으면서 보온재를 감싼 은박이 떨어져 비산되기 시작했다. 약 40 s 후에는 전체적으로 은박의 박리가 증가하고 버너 주변 수직배관의 용융된 보온재가 불똥과 같이 떨어져 2차 화염이 발생되기 시작했다. 80 s 지난 후에는 버너와 가까운 쪽에 있는 천장의 수평배관에 전파된 화염으로 인해 용융된 불똥이 하부로 떨어져 바닥면에 화염이 발생했다. 버너 좌측의 수직배관의 경우 수평배관에 의한 직접적인 화염이 상부에서 하부로 전파될 뿐만 아니라, 용융된 가연물에 의해 발생한 바닥의 2차 화염에 의해 하부에서 상부로의 연소가 동시에 진행되면서 룸코너 시험기 공간 내부에 전체적으로 급격한 연소가 발생했다. 이 후 소강상태를 보이다가 샌드버너 열방출율이 300 kW로 변경된 뒤 직접적으로 화염이 전파되지 않은 대각선 방향과 개구부 주변에 설치된 보온재가 동시에 연소하면서 플래쉬오버가 발생했다.

은박 발포폴리에틸렌폼보온재는 시험시작 66 s에 737 kW의 열방출율을 보인 뒤 약 14 min 경과 후 플래쉬오버에 도달했다. 가스버너의 열량을 제외하고 계산한 FIGRA는 9.66 kW/s로 유럽의 분류기준에서는 Class E로 가장 낮은 난연성능을 가졌으며, Figure 8(d)에서와 같이 설치되어

(a) Before test (b) 20 s (c) 80 s (d) After test

Figure 8. ISO 20632 test for foil faced polyethylene.

(a) 5 s (b) 110 s (c) 240 s (d) After test

Figure 9. ISO 20632 test for polyethylene with magic tape.

있던 배관보온재는 모두 연소하였고 검은색의 연소생성물을 보온재 설치위치 하단부에서 확인할 수 있었다.

3.2 무은박 발포폴리에틸렌폼보온재

무은박 발포폴리에틴렌폼보온재에 적색 매직테이프를 이용하여 시공한 경우를 가정하여 실규모 화재실험을 수행했다. 시험결과 은박 발포폴리에틸렌폼보온재와 동일하게 내부에 설치된 보온재가 모두 연소하였고 바닥에는 Figure 9(d)와 같이 검은색의 연소흔적 및 생성물을 확인할 수 있었다. 시험 초기 약 30 s까지는 은박 발포폴리에틸렌폼보온재와 동일한 연소양상을 보였으나 그 이후 더 많은 양의 연기가 발생하면서 60 s 경과 후부터는 급격한 연소로 인해 화염이 개구부 밖으로 분출했다. 다량의 연기와 화염으로 인해 개구부를 통한 내부의 화염전파상황을 확인하지 못할 정도로 급격히 연소했고 약 140 s 경과 후 구획실 내 화염이 감소하였다. 시험 시작 후 240 s 후에는 내부의 보온재가 모두 연소하여 소강상태를 보였으며 약 720 s 후 시험을 종료했다.

시험 시작 후부터 열방출율이 급격히 증가하여 약 40 s 경과 후 전실화재가 발생했고, 약 120 s 경과 후에는 2.2 MW

(a) During the test (b) Lateral flame spread of specimens

Figure 10. Flame spread of elastomeric insulation.

의 최대열방출율을 보였다. Ultra fast 성장화재보다 더 급격한 화재성장율을 보였으며, 은박 발포폴리에틸렌폼보온재와 동일하게 유럽의 분류기준에서는 Class E로 평가되었다.

3.3 고무발포보온재

고무발포보온재의 표면에 30 s간 접염하는 경우 Figure 10(b)와 같이 수직화염전파거리가 150 mm 이내로 유럽기준에 따른 배관보온재의 수직화염전파성능을 만족했다.

(a) 5 s (b) 30 s (c) 600 s (d) After test

Figure 11. ISO 20632 test for elastomeric insulation.

고무발포보온재의 실규모 화재실험 전후의 모습을 Figure 11에 나타냈다. 샌드버너 주위에 화염이 직접적으로 가해진 부분은 부스러진 형태의 잔해를 확인할 수 있었고, 직접적으로 화염이 가해지지 않은 곳에서는 보온재로부터 탈락된 부산물이 발생하지 않았다. 실험 초기부터 천장의 연소상황을 확인하기 어려울 정도로 다량의 검은색 연기가 발생하였으며 약 30 s 경과 후부터 샌드버너 주변부터 보온재의 비산물이 바닥에 떨어지기 시작했다. 약 120 s 경과 후에도 샌드버너의 화염을 직접 받은 수직배관에 설치된 보온재의 형상이 유지되고 있었으며 600 s 전후에는 샌드버너 주위로 부스러진 파편을 Figure 11(c)에서와 같이 확인할 수 있었다. 시험 종료시까지 급격한 연소나 화염의 확대는 관찰되지 않았다.

시간에 따른 열방출율은 발포폴리에틸렌폼보온재 대비 낮은 값을 보였으며 샌드버너 열량이 300 kW로 변경된 이후에도 급격한 연소가 발생하지는 않았다. 고무발포보온재는 30 이상의 한계산소지수값을 가져 대기중에서 연소되기가 어렵기 때문에 직접적인 화염이 가해진 부분의 보온재만 부스러진 파편이 발생했다. 샌드버너의 열량을 제외한 최대열방출율은 178 kW로 실험 시작 후 144 s 경과 후에 발생했다. 따라서 본 실험에서 측정된 FIGRA는 1.2 kW/s로 유럽기준에서는 Class C로 분류할 수 있었다.

3.4 열방출율에 따른 난연성능 분석

열방출율은 가연물 연소 시의 질량감소율과 유효연소열을 이용해 직접적으로 구하거나 대부분의 탄화수소계 물질의 연소 시 산소 1 kg 당 13.1 MJ의 열량이 발생하는 것을 기반으로 한 산소소모법을 이용해 측정할 수 있다. 본 연구에서는 룸코너 시험기(Room corner tester)를 사용하여 연소 시 발생하는 산소와 이산화탄소를 고려한 산소소모계수(Oxygen depletion factor)로 다음과 같이 열방출율 ($\dot{Q}$)을 측정했다.

$$\dot{Q} = E^1 \dot{V}_{298} x_{O_2}^a \left(\frac{\phi}{\phi(\alpha - 1) + 1} \right) \quad (1)$$

여기서 E^1은 산소의 체적당 열소열 [kJ/m^3], $\dot{V}_{298}$은 대기압 및 25 ℃에서의 배기덕트 연기 체적유량 [m^3/s], $x_{O_2}^a$는 산소의 몰분율, ϕ는 산소소모계수, 그리고 α는 팽창계수 (α = 1.105)를 의미한다.

발포폴리에틸렌폼보온재의 경우 20 min간의 실규모 화재실험 시간동안 모두 플래쉬오버가 발생했지만 시공방법에 따라 그 발생시기가 달랐다. 무은박 제품에 매직테이프로 시공한 경우 시험초기 구획실 내 대부분의 배관보온재가 급격히 연소하는 양상을 보였으며 Ultra fast 화재성장곡선보다 더 급격하게 열방출율이 증가하였다. 은박제품의 경우 시험시작 1 min 후에 약 700 kW까지 급격한 열방출율을 보이고 소강상태를 거친 뒤 플래쉬오버에 이르렀다. 제품 표면의 은박이 샌드버너 및 주위의 보온재가 연소하면서 발생하는 복사열을 일부분 차단하는 효과를 보였으며 지속적으로 가해진 복사열에 의해 접염되지 않은 부분의 보온재가 시험시작 14 min 후에 동시에 연소하여 전실화재를 일으켰다. 동일한 제품을 사용하더라도 시공방법에 따라 화재위험성이 다르게 나타나기 때문에 배관보온재 재료의 난연성능 뿐만 아니라 예상하는 난연성능을 확보할 수 있도록 시공방법에 대한 작업표준이 또한 필요한 것으로 판단된다.

고무발포보온재의 경우 Figure 12에서와 같이 전실화재가 발생하지 않았으며 시험시작과 샌드버너 열량이 증가하는 10 min 경과 직후에 열방출율이 일시적으로 상승하는 추세를 보였다. 이는 보온재 재료의 연소보다는 시공 시 사용하는 접착제의 연소로 인한 것으로 판단된다. 따라서 시공시 사용하는 접착제 및 테이프 등도 설치하는 배관보온재와 유사한 난연성능을 가지는 것으로 사용되어야 한다.

시험 시작 후 10 min 간의 샌드버너 발열량을 제외한 총 방출열량은 은박 발포폴리에틸렌폼보온재, 무은박 발포폴

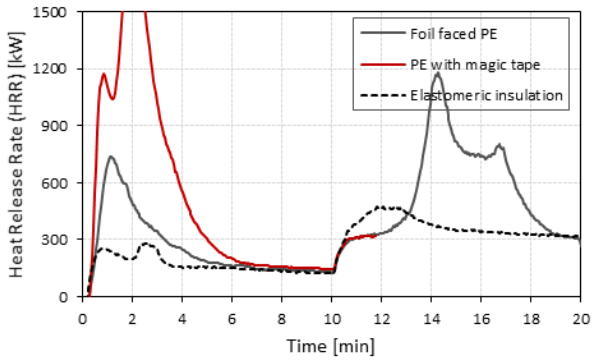


Figure 12. HRR-time relationship (including burner) with respect to pipe insulation materials.

리에틸렌폼보온재, 그리고 고무발포보온재가 각각 91 MJ, 280 MJ, 24 MJ로 보온재의 재질과 시공방법에 따라 화재성상이 다르게 나타남을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

소방배관에는 난연성능을 가진 보온재를 설치하도록 규정되어 있고 그 난연성능을 판단하기 위해 한계산소지수와 수평연소성시험을 사용하고 있다. 이 두가지 중 하나의 시험기준을 충족하면 난연성능을 가진 것으로 판단하고 있으며 발포폴리에틸렌폼보온재의 경우에는 수평연소성시험을, 고무발포보온재의 경우 한계산소지수시험을 주로 사용하고 있다. 상기 시험의 경우 배관보온재를 일정한 크기의 사각형 시편으로 제작하여 평가한 것으로 실제 설치환경이나 화재 발생 시에는 기대하는 난연성능이 확보되지 않을 수도 있다.

배관보온재의 설치환경을 고려한 실규모 시험을 통해 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 배관보온재의 난연성능을 유럽기준에 따라 분류하면 발포폴리에틸렌폼보온재의 경우 Class E를, 고무발포보온재의 경우 Class C 등급을 가짐을 확인하였다. 산소소모법에 의한 열방출율 분석 결과 동일한 발포폴리에틸렌폼보온재를 시험한 경우에도 시공조건에 따라 화재성상이 다르게 나타났다. 무은박제품에 매직테이프로 시공한 경우 시험 초기 급격한 열방출율을 보이며 룸코너시험기 내부에 설치된 약 90 m의 보온재가 10 min 이내 모두 연소하였다. 은박이 덧대진 제품의 경우 샌드버너로부터 직접적으로 화염이 전달된 곳부터 순차적으로 연소하여 전실화재가 비교적 늦게 발생했다. 하지만 발포폴리에틸렌폼보온재 연소 시 용융되어 하부로 떨어지는 불똥으로 인한 2차화염은 동일하게 발생했으며 이런 현상은 구획공간 내부에 설치된 보온재의 연소를 더욱 가속시켜 위험성을 증가시킨다. 고무발포보온재의 경우 비교적 낮은 열방출율을 보였으며, 탄화된 연소생성물이 비산되어 떨어지는 과정에서 바닥에 추가적인 화염을 발생시키지는 않았다.

국내에서는 반자내부를 방화구획만으로 분리하기 때문에 화재발생 시 화염이 넓은 공간으로 빠르게 확산될 우려가 있다. 따라서 이런 급격한 화염전파를 지연시켜 피난시간을 확보하기 위해서는 유럽에서와 같이 공간적인 특성을 고려하여 구획함과 동시에 배관보온재의 난연성능을 세분화 하는 등 건축물의 위험성을 종합적으로 감안하여 적용하는 것이 필요함을 확인 할 수 있었다.

후 기

본 연구는 소방청 소방대응력 향상을 위한 연구개발사업(2018-NFA002-008-01020000-2018)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

1. E. P. Lee, “Analysis of the Working Conditions of Screen Fire Shutters in the Goyang Bus Terminal Fire”, Fire Science and Engineering, Vol. 32, No. 2, pp. 82-91 (2018).
2. O. K. Lim, D. Nam and J. Jeong, “Study on Reaction-to-fire Performance of Pipe Insulation Materials”, Proceedings of 2019 Spring Annual Conference, Korean Institute of Fire Science & Engineering, pp. 139-140 (2019).
3. C. K. Chang, Y. H. Yoo, H. S. Kim and J. O. Park, “An Experimental Study on a Fire Evaluation of the Interior Space of a Ceiling For Station”, Journal of Korean Fire Investigation Society, Vol. 6, No. 3, pp. 1-12 (2015).
4. The International Code Council (ICC), “2018 The International Building Code”, ICC, USA (2017).
5. Department for Communitites and Local Government (DCLG), “The Building Regulations 2010 Approved Document B: Fire Safety. Volume 2: Building Other than Dwelling Houses”, UK (2013).
6. NFPA 101, “Life Safety Code”, 2018 Ed., National Fire Protection Association (NFPA), USA (2018).
7. BS EN 13501-1:2007+A1:2009, “Fire Classification of Construction Products and Building Elements – Part 1: Classification Using Data from Reaction to Fire Tests”, British Standard Institution (BSI), London, UK (2009).
8. D. H. Kim and B. Park, “The survey on the Insulation Status of Heating Pipes Installed in Apratment Complex”, Proceedings of 2009 Winter Annual Conference, The Society of Air-Conditioning and Refrigeration Engineers of Korea, pp. 662-665 (2009).
9. BS EN ISO 11925-2:2010, “Reaction to Fire Tests – Ignitability of Products Subjected to Direct Impingement of Flame Part 2: Single-flame Source Test”, British Standard Institution (BSI), London, UK (2010).

10. ISO 20632, “Reaction-to-fire Tests – Small Room Test for Pipe Insulation Products or Systems”, International Organization for Standardization (ISO), Switzerland (2008).
11. B. Sundstorm, P. Hees and P. Thureson, “Results and Analysis from Fire Tests of Building Products in ISO 9705, the Room/Corner Test”, SP Report 1998:11, Swedish National Testing and Research Institute (1998).
12. Y. I. Kim, K. S. Chung, H. Oh, S. Suh, J. Oh and B. Park, “Research on Improvement of Insulation Construction Performance”, Proceedings of 2009 Winter Annual Conference, The Society of Air-Conditioning and Refrigeration Engineers of Korea, pp. 336-341 (2009).