[Technical paper]

건축용 압출법 단열판(XPS)의 자기소화성에 대한 실험적 연구 및 제도적 관리에 관한 제언

강정기 · 최돈묵^{*†}

대검찰청 법과학분석과 검찰수사관, *가천대학교 설비 · 소방공학과 교수

Experimental Study on the Self-extinguishing Performance of Extruded Polystyrene Insulation for Buildings and Suggestions on Institutional Management

Jung Ki Kang · Don Mook Choi^{*†}

Investigator, Forensic Science Division, Supreme Prosecutors Office,

^{*}Professor, Dept. of Equipment System · Fire Protection Engineering, Gachon Univ.

(Received March 6, 2020; Revised April 8, 2020; Accepted April 9, 2020)

요 약

한국산업표준(KS)은 발포 플라스틱 제품에 대하여 소형화염에 의한 수평 연소성의 측정 방법 및 시험절차를 규정 (KS M ISO 9772:2018)하고 측정 결과에 대한 압출법 단열판(이하 XPS)의 자기소화성과 관련한 성능 및 기준을 KS 규격(KS M 3808:2020)에서 규정하고 있다. KS 규격에 적합함을 인증 받은 제품은 연소성(이하 ‘자기소화성’)을 가지고 있어야 함에도 공사현장에서 용접불티 등에 의해 착화 및 확산되어 대량의 인명과 재산 피해가 발생하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 KS 인증을 받고 시중에 판매 중인 5개사의 XPS 단열재를 구입하여 공사현장에서 발생하는 용접불티에 의한 착화 및 확산 여부를 실험하였다. 실험결과, 5개사의 제품 중 3개사는 성능의 차이는 있으나 자기소화성이 있는 것으로 확인되었으나, 2개사는 쉽게 착화 및 확산되어 자기소화성이 있다고 보기 어려웠다. 동종의 제품에 대하여 KS 규정에 따른 실험결과, 용접불티에 의해 착화되었던 제품 2종을 포함한 총 3종의 제품이 KS M 3808에서 규정한 자기소화성이 없는 것으로 확인되었다.

ABSTRACT

The Korea Industrial Standards (KS) stipulates methods and test procedures for measuring the horizontal combustibility of cellular plastics exposed to small flames (KS M ISO 9772:2018) and recommendations regarding the magnetic digestion of extruded polystyrene insulation (XPS) for measurement results (KS M 3808:2020). Although products that are certified to conform to KS standards must have burning characteristics (self-extinguishing), they are incinerated and spread by welds at construction sites, causing significant human and property damages. In this study, XPS produced by five companies, certified by KS, and sold in the market were purchased and tested for ignition and diffusion caused by a weld bullion at a construction site. The results showed that the five products had differences in performance. Three out of the five products were found to be self-saturated, but the other two were easily ignited and diffused, making it difficult for them to be self-extinguishing. Based on the result of this experimental investigation in line with the KS regulations, all the three types of products, including two types of products that were incinerated through weld defects, were found to be non-self-extinguishing, as specified in KS M 3808.

Keywords : Self-extinguish, Extruded polystyrene insulation, XPS, Flame retardant, Legal revision

[†] Corresponding Author, E-Mail: fire@gachon.ac.kr. TEL: +82-31-750-5716, FAX: +82-31-750-8749

© 2020 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

1. 서 론

건물에 주로 사용되는 단열재는 단열성능과 시공성, 경제성 등의 이유로 발포 폴리스티렌계 단열재가 약 60% 정도 단열재 시장을 점유하고 있다. 그러나 Extruded polystyrene insulation (XPS; 압출법 단열판)와 같은 유기계 단열재는 석유화학제품 원료 특성상 인화성이 높은 소재이기 때문에 난연성능이 취약하여 근래의 건물 화재 확산의 원인으로 지목되기도 한다⁽¹⁾. 이를 보완하기 위해 초기 점화를 지연시키거나 불꽃이 스스로 꺼지도록 하는 자기소화성 첨가제, 난연제를 혼합하여 제조한다. 첨가형 난연제로는 할로젠계 난연제, 인계 난연제, 질소계 난연제와 무기계 난연제 등이 있다⁽²⁾. 제품 제조사에 따라 제품 물성 및 특성에 맞추어 난연제 종류 및 배합비를 다르게 하고 있다.

한국산업표준은 ‘발포 폴리스티렌(PS) 단열재(KS M 3808:2020)’⁽³⁾에서 XPS의 연소성 측정 시험은 ‘발포 플라스틱-소형화염에 의한 수평 연소성의 측정(KS M ISO 9772:2018)’⁽⁴⁾에 따르고 시료의 두께(13 ± 1) mm, 길이(150 ± 10) mm, 너비(50 ± 1) mm의 시험편 5개를 사용하여 시험한다고 규정한다. KS M 3808은 연소성에 대한 적합기준에 대하여 ‘시험편의 한쪽 끝에 불꽃을 60 s간 가하고, 가열 시간을 포함하여 불이 꺼질 때까지의 시간을 연소시간(s)으로 하고, 불이 꺼진 후 불꽃을 가한 시험편의 끝부분부터 탄 부분 중 가장 긴 부분의 길이를 연소 길이(mm)로 측정하여 연소시간 120 s 이내이며 연소 길이가 60 mm 이하 일 것’으로 규정하고 있다. 즉, KS 규격에 적합함을 인증 받은 제품은 자기소화성을 가지고 있어서 소형화염에 의해 착화되었다 하더라도 화염이 확산되지 않아야 함에도 공사현장에서 발생한 용접불티 등에 의해 착화 및 확산되어 대량의 인명과 재산 피해가 발생하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 시중에 판매 중인 KS 인증을 받은 5개사의 XPS에 대하여 공사현장에서 발생하는 용접불티에 의해 착화 및 확산 여부를 확인하고, 동종 제품에 대하여 KS M

3808 및 KS M ISO 9772에서 규정하고 있는 시험 방법에 따라 자기소화성 여부를 검토하고자 한다.

또한 KS 인증을 받은 제품에 대한 사후 관리에 관한 법령을 검토한 결과, 산업표준화법 및 시행령은 인증기관의 시판품 조사 결과 인증심사기준에 맞지 않아 품질이 부적합한 경우 개선명령, 표지정지 등 미온적인 행정처분만 규정하였을 뿐 별도의 처벌규정을 두고 있지 않았다. 따라서 산업표준화법에 따른 인증기관의 시판품에 대한 현장조사 결과, 고의 또는 중과실로 인증심사기준에 부적합한 제품을 제조, 판매한 것으로 확인될 경우 인증기관은 관련기관에 고발 권한 할 수 있는 규정 및 엄격한 처벌 규정의 신설을 제언하고자 한다.

2. 이 론

2.1 XPS의 구조적 특성

XPS는 Polystyrene (합성수지)에 Blowing agent (발포가스)를 균일하게 분산시켜 발포(폼) 내에 다수의 독립기포(Cell)가 균일하게 형성된 것으로, 발포(폼)는 낮은 밀도와 우수한 열전도율 특성을 갖고 있어 단열재 또는 흡음재로 널리 사용된다. 그리고 발포(폼) 반응 메커니즘은 발포개시 단계(Initiation)에서 매트릭스를 이루는 Solid phase (고체상) 내에 작은 기포를 형성하고, 기포 성장단계는 생성된 Cell (기포)의 확산에 의해 어느 정도의 크기로 성장하는 단계이며, 마지막으로 안정화 단계에서는 성장된 기포를 안정화시키는 단계이다. XPS는 1차, 2차 압출기에서 Polystyrene (합성수지)와 발포제의 혼합을 통해서 Cell(기포)의 생성 및 성장(Figure 1(a))이 완료되며, 제품 형성 및 냉각을 통해 Closed cell (Figure 1(b))의 미세구조를 형성하게 된다⁽⁵⁾.

XPS의 제품 생산공정은 연속생산방식으로 생산되며, 주요 설비로는 1차 압출기, 2차 압출기, Die & Die Lip, Calibrator, Take off Roller의 주요 설비로 구성되며, 설비 중에서 1차 압출기 내의 Screw가 가장 중요한 역할을 한다. 1

Figure 1. Cell structure and forming steps of foam.

차 압출기의 Screw에 의해 Polystyrene (합성수지)와 첨가제를 혼합 공급하고 압출기 내 온도가 200~220 °C에서 Melting이 되고 1차 압출기 전에서 발포제가 투입 혼합한다. 이 상태에서 발포제, 수지, 첨가제 등의 원활한 혼합을 위해서는 발포제의 수지가 잘 녹아야 점성이 떨어져 압출기의 압력을 낮출 수 있고, 균일한 발포체가 생산 가능하다. 2차 압출기는 잘 혼합된 액상상태에 제품을 성형하기 좋은 온도 115~125 °C로 냉각해주는 공정으로 냉각과 균일한 온도분포가 동일하게 하는 경우 생산량에 영향을 끼친다. 최종 발포는 Die와 Die Lip에서 이루어지는 Cell (기포)의 개수가 증가되며 Cell size를 감소시킨다. Cell size가 감소하고 압력이 낮아질수록 발포배율이 떨어질 수 있으며, Die 앞에서 기발포가 일어나 Open cell이 형성될 수 있다. 발포(품)가 형성되면 Calibrator와 Take off Roller에 의해 원하는 제품의 두께나 형태를 만든다⁽⁶⁾.

일반적으로 유기 할로젠계 난연제로 폴리스티렌을 기본으로 하는 Expanded polystyrene foam (EPS)이나 Extruded polystyrene foam (XPS)에 적용이 되며, 주로 사용되는 할로젠계 난연제인 Hexabromocyclododecane (HBCD)이 있다. 유기 단열재의 화재성능을 유지하기 위한 난연제의 반응 메커니즘은 Polystyrene (합성수지) 내 고분자의 연소과정에서 생성되는 OH 라디칼과의 반응을 통해 연소과정의 연쇄반응을 억제하는 역할을 한다⁽⁷⁾. 할로젠 라디칼은 반응성이 큰 H, O, OH의 라디칼 등과 반응하여 이것을 중화시키는 역할을 하며 이렇게 생성된 할로젠 라디칼은 기체상에서 발생하는 라디칼을 안정화시켜 난연 효과를 가지게 한다⁽⁸⁾. 할로젠계 난연제는 여러 고분자에 다양하게 적용할 수 있고, 고분자 물성에 영향을 미치지 않을 정도의 소량으로 높은 난연 성능을 발휘할 수 있다⁽⁹⁾.

2.2 건축용 단열재 관련 연구

건축물 단열재에 대한 기존 연구사례로 Lee 등⁽¹⁰⁾은 콘칼로리미터를 이용한 플라스틱 난연제의 화재 특성에 관한 연구를 진행하였으며, Choi 등⁽¹¹⁾은 건축용 단열재의 가속 시험에 의한 열 성능 변화에 대한 연구를 수행하여 건축용 단열재의 연소특성에 관한 연구는 꾸준히 진행되고 있다.

Song⁽¹²⁾은 건축용 난연 및 단열제품의 현황을 분석하고

그 대책을 제시하였으며, Lim 등⁽¹³⁾은 국내의 건축용 단열재 개발 동향 및 CO₂ 발포 플라스틱 단열재 개발의 중요성을 강조하기도 하였다.

Kim 등⁽²⁾은 난연제 종류에 따른 경질 폴리우레탄 폼의 난연 특성과 관련하여 연구를 수행하였으며, Lee 등⁽¹⁾은 ‘수평·수직연소 시험법에 의한 EPS 단열재의 연소성능 특성’ 연구에서 한국산업표준에 규정된 KS M ISO 9772에 따른 수평연소 시험 결과 발포폴리스티렌 단열재와 난연 단열재의 난연 성능은 변별력이 낮은 것을 확인하였으며, 현행 한국산업표준 KS M 3808 발포 폴리스티렌(PS) 단열재에서 규정하고 있는 ‘연소시간 120 s 이내이며, 연소길이 60 mm 이하일 것’ 기준에 대한 개선이 필요한 것으로 결론지었다⁽¹⁾.

또한, Kang 등⁽¹⁴⁾은 발포 플라스틱 폼 단열재의 난연성에 관한 실험연구를 수행하면서 EPS, XPS, PUR, PF 단열재에 대한 콘칼로리미터 실험 결과, 현행 자기소화성 유기계 단열재는 시험대상 시료 모두 성능에 미달하는 것을 확인하고 제도적 보완과 시험성적서 관리 개선이 매우 시급하다고 주장하였다.

이처럼 건축물 단열재와 관련하여 연소특성 및 단열재의 자기소화성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있고 제도의 개선을 제안하기도 하였으나 여전히 제도 개선은 이루어지지 않고 합성수지를 사용한 발포폴리스티렌계 단열재가 시장의 60% 이상을 차지하고 있는 것이 현실이다.

3. XPS 자기소화성 실험 및 고찰

3.1 화재 사례

Figure 2는 신축 공사현장 옥상에서 용접 작업 중 용접불티가 바닥으로 떨어지면서 외벽에 부착된 단열재에 착화되어 그 불이 비계 등으로 번진 화재현장 모습이다. 화재가 외부에서 발생하고 화재 발생 직후 빠른 피난으로 인명피해는 없었으나 4억여 원의 재산 피해가 발생하였다. 공사업자와 용접공은 용접을 한 사실과 용접불티가 바닥으로 떨어진 사실은 인정 하면서도 외벽에 부착된 단열재는 KS 인증을 받은 제품으로 자기소화성을 가지고 있어 용접불티로 착화되지 않는다고 주장하였다. 확인결과 화재 현장에서 사용된 XPS는 작업자의 주장과 같이 KS인증 받은 제

(a) Welding point

(b) The spread of flames

(c) Post extinguishing figure

Figure 2. Scene of the fire.

(a) Experimental preparation

(b) Welding experiment figure

Figure 3. Burning experiment. (a) Experimental standard of KS M ISO 9772 : 2018⁽⁴⁾

(b) Self-extinguish test

Figure 4. Self-extinguish test according to KS standards.

품이었으며, KS인증을 받기 위해서는 KS M 3808 및 KS M ISO 9772에 따라 자기소화성 여부에 대한 시험을 받아야 하는 것으로 확인되었다.

작업자들이 용접작업을 하면서 한국산업안전보건공단의 ‘용접·용단 작업 시 화재예방에 관한 기술지침’에서 규정한 ‘불티가 인접지역으로 비산하는 것을 방지하기 위해 작업장소에서 불티 비산 거리 내의 벽, 바닥, 덕트의 개구부 또는 틈새는 빈틈없이 덮어야 한다’, ‘불꽃 비산에 대비해서 불꽃받이나 방염시트를 사용한다’라고 하는 준수사항을 지키지 않아 과실 책임을 면하기는 어렵다. 하지만 한국산업표준으로부터 자기소화성이 있음을 인증받은 제품을 사용했음에도 불티 등 소형화염에 의해 쉽게 착화되고 확산되는 것은 제품의 하자가 의심되며 빈번하게 발생하는 공사현장의 화재에 대한 근본 대책이 마련되어야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 시중에 판매 중인 건축용 압출법 단열판(XPS)에 대하여 우선 용접불티에 의해 착화되는지 여부를 확인한 후, KS 규정에 따른 시험을 통해 인증을 받은 사양과 동일한 제품이 유통되고 있는지 여부를 확인하기 위한 자기소화성 시험을 수행하였다.

3.2 실험조건

Figure 3은 작업자의 ‘KS인증을 받은 단열재는 자기소화성을 가지고 있어 용접불티에 의해서는 착화되지 않는다’

는 주장을 검증하기 위해 시중에 유통 중인 KS인증 XPS 5종에 대하여 용접불티에 의한 착화 가능성을 실험하는 모습이다.

실험은 XPS 2장을 바닥에 놓은 상태에서 단열재 위에 2단 사다리를 놓고 사다리 사이에 있는 철재에 아크 용접기를 이용하여 임의로 용접불티를 발생시키는 방법으로 진행하였다. 실제 현장에서는 용접작업 높이가 다양할 수 있으나, 실험자의 안전과 용접불티에 의한 착화 및 확산 여부 확인이라는 실험 목적을 고려하여 짧은 시간 내에 최대한 많은 양의 용접불티가 XPS에 떨어질 수 있도록 XPS에서 약 0.5 m 높이에서 용접작업을 하였다. 또한 작업자의 작업 방법에 따라 불티가 튀는 양이 일정하지 않기 때문에 각 용접하는 시간은 용접불티에 의해 XPS에 충분히 착화되는 시점을 기준으로 11 s~15 s로 설정하였으며, 이후 스스로 소화될 수 있는지 여부를 확인하였다.

Figure 4의 (a)는 KS M ISO 9772에서 규정하고 있는 소형화염에 의한 수평 연소성의 측정 방법에 따른 시험장치의 모습이고, Figure 4의 (b)는 실물실험 결과를 토대로 시중에 유통 중인 KS인증 제품이 실제 인증 받을 당시와 동일 사양으로 제작되고 있는지 시험하는 모습이다.

KS M 3808 규정에 따라 시험편은 5개를 세트로 하여 상온 (23 ± 2) °C, 상대 습도 (50 ± 5 %)에서 48 h 방치하였으며, 시험편의 길이는 150 mm, 폭 50 mm, 두께는 13 mm로

Figure 5. Ignition experiment by welding.

Table 1. Result of Ignition Experiment by Welding

Division	Welding time (s)	Burning time (s)	Method of Fire extinguishing
Sample A	12	75	Forced Extinguish
Sample B	13	2	Self Extinguish
Sample C	11	60	Forced Extinguish
Sample D	12	9	Self Extinguish
Sample E	15	2	Self Extinguish

시험 규정에 따랐다. 시험편에 버너의 불꽃을 60 s 동안 접촉하였으며 60 s 경과 후 100 mm 이상 불꽃을 떨어뜨렸다. 그리고 시험편의 한쪽 끝에 불꽃을 60 s간 가하고, 가열 시간을 포함하여 불이 꺼질 때까지의 시간을 연소시간(s)으로 측정하고, 불이 꺼진 후 불꽃을 가한 시험편의 끝부분부터 탄 부분 중 가장 긴 부분의 길이를 연소길이(mm)로 측정하였다.

3.3 실험 결과 및 고찰

Figure 5는 시중에 판매 중인 XPS 5종에 대한 실제 용접 불티에 의한 발화 및 확산 여부를 실험하는 모습이고, Table 1은 실험 결과를 표로 나타낸 것이다. 표에 기재된 용접시간은 작업자의 용접 방식에 따라 불티가 튀는 양의 차이가 발생하여 유사한 조건 상정을 위하여 XPS에 충분히 착화되기까지의 시간을 임의로 조정하여 11 s~15 s 동

Figure 6. Self-extinguish tests according to KS M ISO 9772 : 2018.

안 진행하였다.

실험결과, Sample A는 약 12 s 동안 용접을 한 후 용접불티에 의해 XPS에 착화되었으며 약 75 s 동안 지속적으로 연소 확대되어 소화기를 이용하여 강제 소화하였다. Sample B는 약 13 s 동안 용접 후 XPS에 착화되었으나 용접을 멈추자 약 2 s 동안 연소 후 스스로 소화되었다. Sample C는 약 11 s 동안 용접 후 XPS 단열재에 착화되었으며 약 60 s 동안 확산되어 강제 소화하였으며, Sample D는 12 s 동안 용접 후 XPS에 착화되었고 화염은 약 9 s 후 자연소화 되었다. 그리고 Sample E는 약 15 s 동안 용접을 하였으나 착화 약 2 s 후 스스로 소화되었다.

결과적으로 시중에 판매 중인 XPS 5종은 용접불티에 의해 쉽게 착화되는 것으로 확인된다. 하지만 3종은 자기소화성이 있어 2 s, 9 s, 2 s 후 자연소화 되는 반면, 2종은 시간이 지날수록 화염이 점차 확대되면서 소화기로 강제소화할 때까지 75 s, 60 s 동안 연소되어 자기소화성이 없음을 보여준다.

Sample A 및 C 제품도 자사 소개 자료에는 KS제품인증서를 게시하고 표준 규격에 적합함을 공지하고 있으나, 용접불티 실험 결과 실제 시중에 판매 중인 제품은 자기소화

성이 있다고 보기 어려웠다. 하지만 용접불티에 의해 착화 및 확산되었다고 하더라도 용접 실험은 KS 규정의 시험조건과 상이하므로 규정에 적합하지 않은 제품으로 단정할 수는 없다. 따라서 동일한 5종의 XPS 제품에 대하여 KS M 3808 규정에 따른 KS인증 기준에 적합한 제품인지 여부를 시험해 볼 필요가 있다.

Figure 6은 시중에 판매 중인 XPS 5종에 대한 KS M 3808 및 KS M ISO 9772 규정에 따른 자기소화성 여부를 시험하는 모습이며, Table 2는 시험 결과를 표로 나타낸 것이다.

각 Sample에 대하여 5회 반복시험을 실시하였다. KS M 3808은 XPS의 연소성 시험에서 인증 기준을 ‘가열시간을 포함하여 연소시간 120 s 이내이며, 연소 길이 60 mm 이하 일 것’으로 규정하고 있다. Table 2에 기재된 잔염 연소시간(Residual combustion time)은 최초 60 s 간 버너의 화염을 시험편에 접촉하여 가열한 후 버너를 제거한 상태에서의 잔염이 연소되는 시간을 나타낸다. 따라서 실제 시험의 연소시간은 잔염연소시간에 60 s가 더해져야 한다.

시험 결과, 실물 실험에서 용접불티에 의해 착화 및 확산되었던 Sample A는 5회 실험 동안 연소시간은 143 s, 144 s,

Table 2. Results of Self-extinguish Tests According to KS M ISO 9772 : 2018

Division		Residual combustion time (s)	Burned length (mm)	Result value
Sample A	Test 1	83	150	Non-conformity
	Test 2	84	150	
	Test 3	85	150	
	Test 4	77	150	
	Test 5	66	150	
Sample B	Test 1	36	150	Non-conformity
	Test 2	49	150	
	Test 3	35	150	
	Test 4	42	150	
	Test 5	46	150	
Sample C	Test 1	5	115	Non-conformity
	Test 2	38	150	
	Test 3	16	110	
	Test 4	22	122	
	Test 5	15	113	
Sample D	Test 1	0	25	Conformity
	Test 2	0	25	
	Test 3	0	25	
	Test 4	0	25	
	Test 5	0	25	
Sample E	Test 1	0	35	Conformity
	Test 2	0	31	
	Test 3	0	26	
	Test 4	0	32	
	Test 5	0	32	

145 s, 137 s, 126 s 로 모두 초과하였고, 연소길이 또한 모든 시험편이 150 mm 가 연소되어 인증기준을 초과하였다.

실물 실험에서는 착화 2 s 후 자연 소화되어 자기소화성이 있는 것으로 보인 Sample B는 본 시험에서는 연소시간은 96 s, 109 s, 95 s, 102 s, 106 s 로 규정에 적합했으나, 연소길이는 시험편 모두가 150 mm 연소되어 KS M 3808 규정에는 부적합한 것으로 확인되었다.

그리고 실물 실험에서 60 s 동안 연소되어 강제 소화했던 Sample C 역시 연소시간은 65 s, 98 s, 76 s, 82 s, 75 s 로 규정 내에 있으나 연소길이가 115 mm, 150 mm, 110 mm, 122 mm, 113 mm 로 KS 규정에는 부적합한 것으로 확인되었다.

반면 Sample D 및 E는 잔염 연소시간이 0 s로 확인되어 연소시간 120 s 이내를 요하는 규정에 충족하였으며, 연소길이 또한 Sample D는 25 mm, 25 mm, 25 mm, 25 mm, 25 mm, Sample E는 35 mm, 31 mm, 26 mm, 32 mm, 32 mm 연소되어 KS M 3808 규정에 적합한 것으로 확인되었다.

결과적으로 KS인증을 받은 5종의 XPS 중 3개 업체에서

는 KS 시험규정에 부적합한 제품을 제작하여 시중에 유통, 판매 중인 것으로 판단된다.

KS인증과 다른 사양의 제품이 유통되는 원인이 KS 인증 과정에 오류가 있었는지, 인증 후 제조과정에서 고의 또는 과실에 의해 인증받은 사양과 다른 품질의 제품이 제작되고 있는지는 단정하기 어렵다. 하지만 그 피해는 KS 인증 제품에 자기소화성이 있음을 믿고 사용한 소비자에게 돌아갈 것이며, 나아가 부적합한 제품의 사용으로 화재가 발생한다면 대량의 인명과 재산 피해가 발생하게 될 것이다.

4. 단열재에 대한 제도적 관리 방향 제언

‘산업표준화법’ 제4절은 인증 받은 제품에 대한 사후관리를 규정하고 있다. 동법 제19조는 ‘인증받은 제품 또는 서비스에 대해서 인증기관으로부터 정기심사를 받아야 한다’고 규정하고, 동법 제20조에서는 ‘소비자단체의 요구가 있는 경우 또는 인증제품 또는 인증서비스의 품질저하로 인하여 다수의 소비자에게 피해가 발생하거나 회복하기 어려운 피해

가 발생할 우려가 현저하다고 인정하는 경우에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 판매되고 있는 인증제품에 대한 품질시험(시판품 제품 조사)을 할 수 있다'라고 명시하고 있다.

또한 동법 제21조에서는 '시판품 조사 결과 인증제품 또는 인증서비스가 한국산업표준 또는 인증심사기준에 맞지 아니하다고 인정하는 때에는 인증 받은 자에게 개선명령, 인증표시의 제거·정지 또는 판매의 정지를 명할 수 있고, 소비자의 생명·신체 또는 재산에 대한 위해의 발생이나 확산을 방지하기 위하여 불가피하다고 인정되는 경우에는 인증 받은 자에게 해당 제품의 수거를 명할 수 있다'고 규정하고 있다.

동법에서 벌칙조항을 두고 있으나 이는 위 명령, 즉 인증표시의 제거·정지 및 판매의 정지 또는 제품수거 명령을 이행하지 않았을 경우 3년 이하의 징역 또는 3천만원 이하의 벌금을 규정하고 있다.

다시 말해서 인증심사 기준을 통과한 후 생산원가를 줄이기 위하여 고의로 난연제의 함량을 줄여 자기소화성이 없는 제품을 제조, 판매하였다 하더라도 행정처분만 가능하고 행정처분에 불응하였을 경우에만 형사처벌 대상이 될 수 있다는 것이다.

자기소화성이 없는 건축물의 외벽 단열재는 용접불티 등의 작은 화염에 의해 쉽게 착화되고 급격한 화염확산으로 국민의 생명과 재산 피해가 빈번하게 발생하고 있는 것이 현실이다. 본 연구의 실험에 사용된 시료는 현재에도 시중에 다량 판매되고 있는 제품으로 언제든지 작은 점화원에 의해 대규모 화재를 유발할 수 있는 가능성을 가지고 있는 상태이다.

따라서 산업표준화법에 따른 인증기관의 시판품에 대한 현장조사 결과, 고의 또는 중과실로 인증심사기준에 부적합한 제품을 제조, 판매한 것으로 확인될 경우 인증기관은 관련기관에 고발 권한 할 수 있는 규정 및 엄격한 처벌 규정의 신설을 제언하고자 한다.

5. 결 론

본 연구에서는 현재 시판 중인 건축용 XPS(압출법 단열판)에 대하여 용접불티에 의한 착화 및 확산에 따른 자기소화성에 대한 실화재 실험을 진행하였다. 그리고 XPS(Extruded Polystyrene; 압출법 단열판)의 연소성을 규정한 KS M 3808 및 시험방법을 규정한 KS M ISO 9772에 따라 연소성 시험을 진행한 후 관련 법령을 검토하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 시중에 유통 중인 KS인증을 받은 건축용 XPS 5종 중 2종은 용접불티에 의해 쉽게 착화 및 확산되어 자기소화성이 있다고 보기 어려움을 확인하였다.

둘째, 실화재 실험을 실시한 5종의 제품에 대하여 KS M 3808 및 KS M ISO 9772에 따른 연소성 시험을 진행한 결과, 5종 중 3종은 KS M 3808의 연소시간 120 s 이내, 연소

길이 60 mm 이하를 요하는 규정에 부적합한 것으로 확인되었다.

셋째, 실화재 실험 및 KS 규정에 따른 시험 결과, 시중에 유통 중인 일부 제품은 KS인증 받을 당시의 제품과 사양이 다른 제품이 제조 및 판매되고 있는 것으로 판단된다.

넷째, 산업표준화법에 따른 인증기관의 시판품에 대한 현장조사 결과, 고의 또는 중과실로 인증심사기준에 부적합한 제품을 제조, 판매한 것으로 확인될 경우 인증기관은 관련기관에 고발 권한 할 수 있는 규정 및 엄격한 처벌 규정의 신설을 제언하고자 한다.

현재 현장에서 건축 단열재는 XPS 뿐만 아니라 EPS(스티로폼), PUR(우레탄폼) 등이 많이 사용되고 있다. 이러한 단열재 역시 한국산업표준으로 자기소화성에 대해 규정하고 있으나 실효성은 장담하기 어렵다. 향후 단열재 전반에 대한 연구로 화재예방을 통한 국민의 생명과 재산 보호에 기여하고자 한다.

후 기

본 연구는 한국내화건축자재협회의 지원으로 수행되었습니다. 한국내화건축자재협회 관계자분들께 감사드립니다.

References

1. H. Y. Lee, J. S. Kang and H. J. Choi, "A Study of Flame-retardant Performance of Insulation by Burning Test Method", Proceedings of 2016 Annual Conference, The Society Of Air-Conditioning And Refrigerating Engineers Of Korea, pp. 172-175 (2016).
2. K. Y. Kim, W. J. Seo, J. C. Lee, J. S. Seo and S. B. Kim, "Effect of Flame Retardants on Flame Retardancy of Rigid Polyurethane Foam", Journal of the Korean Institute of Gas, Vol. 17, No. 5, pp. 75-80 (2013).
3. KS M 3808:2020, "Cellular Polystyrene (PS) for Thermal Insulation", Korean Agency for Technology and Standards (2020).
4. KS M ISO 9772:2018, "Cellular Plastics-Determination of Horizontal Burning Characteristics of Small Specimens Subjected to a Small Flame", Korean Agency for Technology and Standards (2018).
5. C. B. Park, M. Pan and A. K. Yeung, "Microcellular Processing of Low-Density PS Foam in Extrusion", Cellular Polymers IV, Paper 13, pp. 1-5 (1997).
6. S. H. Yoon, J. C. Lee and S. H. Lee, "Study on Physical Properties of CO₂ as a Blowing Agent Utilized Insulation", Review of Architecture and Building Science, Vol. 29, No. 1, pp. 59-66 (2013).
7. T. S. Hwang, B. J. Lee and Y. K. Yang, "The R&D Trends

- of Polymer Flame Retardants”, *Prospectives of Industrial Chemistry*, Vol. 8, No. 6, pp. 35-53 (2005).
8. SRI, “Plastics Additives & Compounding (Flame Retardants)”, *Chemical Economics Handbook*, pp. 115-130 (1999).
9. Cischem, “Latest Flame Retardants in Korea and the World Market and Environmental Regulation Status Report”, pp. 33-40 (2009).
10. K. W. Lee and K. E. Kim, “Fire Characteristics of Plastic Insulating Materials from Cone Calorimeter Test”, *Journal of Korean Institute of Fire Science & Engineering*, Vol. 17, No. 1, pp. 76-83 (2003).
11. H. J. Choi, Y. M. Kim, G. S. Choi and J. S. Kang, “Thermal Performance Change by Acceleration Test of Building Insulation Materials”, *Proceedings of 2016 Fall Annual Conference, Architectural Institute of Korea*, pp. 513-514 (2016).
12. H. Song, “Present Condition and Countermeasure of Fire Retardant and Combustible Insulation Materials”, *Review of Architecture and Building Science*, Vol. 59, No. 5, pp. 34-37 (2015).
13. J. Y. Lim, G. S. Choi, J. S. Kang and S. E. Lee, “Construction Insulation Materials Domestic and Foreign Trends and Developmnet on CO Foaming Plastic Insulation Materials”, *Proceedings of 2014 Annual Conference, The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea*, pp. 656-659 (2014).
14. J. S. Kang, K. S. Choi, H. J. Choi and M. J. Bae, “An Experimental Study on the Flame Retardant Performance of Plastic Foam Insulation”, *Proceedings of 2019 Annual Conference, The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea*, pp. 485-492 (2019).