

냉동 컨테이너용 경질 폴리우레탄 폼 단열재 표준연구

이준혁 · 박용근 · 주아람 · 정용안* · 이순홍†

안양대학교 환경에너지공학과 · *한국기계전기전자시험연구원
(2016. 10. 14. 접수 / 2016. 12. 20. 수정 / 2017. 1. 20. 채택)

A Study on the Standardization of the Polyurethane Soft Foam for Thermally Insulated Container

Joon-Hyuk Lee · Yong-Geun Park · A-Ram Joo · Yong-An Jung* · Soon-Hong Lee†

Department of Environmental Engineering and Energy, Anyang University

*Chemical Analysis Centre, Korea Testing Certification

(Received October 14, 2016 / Revised December 20, 2016 / Accepted January 20, 2017)

Abstract : According to an increase in demand for polyurethane soft foam for thermally insulated containers, the purpose of this study is based on redefining existing rigid polyurethane foam insulation KS standard which has been limited to building material-based authentication techniques. Since there are arising concerns of consumer rights and safety due to humidifier fungicides and urethane track incidents, there are elements to be further researched on rigid polyurethane foam insulation for refrigerated containers. Thus, we reviewed the prior standards for rigid polyurethane foam insulation and verified the validity of certification testing method for the new standard with self-foamed polyurethane.

Key Words : refrigerated container, polyurethane soft foam, polyurethane soft foam foaming process, consumer safety, standadization research

1. 서론

냉동 컨테이너란 냉동화물을 운송하기 위해 수랭식 또는 공랭식의 냉각설비를 갖춘 컨테이너로서 -28℃~+26℃까지의 온도조절이 가능하다. 냉각설비 및 그에 따른 전원의 사용으로 인한 높은 운임비용에도 불구하고, 냉동 컨테이너를 활용한 해상운송 비중은 전체 교역량의 50% 수준이다. Fig. 1에서 보듯 전 세계 경기침체, 항만 파업 및 기상이변 등의 악조건 하에서도 해상 냉동 컨테이너 화물처리 실적은 꾸준한 상승세를 보이고 있으며, 2014년에는 약 1억톤의 처리실적을 기록했다¹⁾.

냉동 컨테이너 화물의 육·해상 운송급증에 따라, 화물 내 상품손상을 최소화하는 기술 역시 활발히 연구되고 있는 추세이다²⁾. 인접국가 간 항해무역이 주로 이루어지던 과거와 달리 최근은 기술의 발달로 인해 지리적 수송범주의 경계가 사라졌다. 고가의 전자제품

부터 식품까지 수송조건에 민감한 화물을 주로 싣는 냉동 컨테이너는 외부날씨, 온도, 기후 등에 따라 내부 온도가 -29℃~+57℃까지 변화한다³⁾. 따라서, 냉동 컨테이너에는 보다 안전하고 원활한 상품운송 및 물류흐름을 위한 일정한 온도조건 유지와 저에너지화 설계를 충족시키는 단열재 시공이 널리 적용되고 있다. 특히, 단열재의 경우 냉동 컨테이너 전 외벽에 적용되고 있기에 컨테이너 제작에 따른 단열재 수요 또한 급증하고 있다. 냉동 컨테이너 시공 시 적용되는 단열재로는 주로 경질 폴리우레탄 폼이 활용되고 있는데, 이는 자체 단열성 및 경량성이 타 폼에 비해 우수하기 때문이다. 경질 폴리우레탄 폼은 냉동 컨테이너 생산공정의 주요 요소기술로 적용되어 base, side, door 및 roof까지의 전 항목에 도포된다⁴⁾.

그러나 냉동 컨테이너 기술관련 선행 연구동향을 보면, 무선 센서 노드를 활용한 냉동 컨테이너 내부온도의 실시간 원격 모니터링 관련 연구는 활발하나 단열

† Corresponding Author : Soon Hong Lee, Tel : +82-31-467-0965, E-mail : leesh@anyang.ac.kr

Department of Environment & Energy Engineering, Anyang University, 22 Samdeok-ro 37 beon-gil, Manan-gu, Anyang-si, Gyeonggi-do 14028, Korea

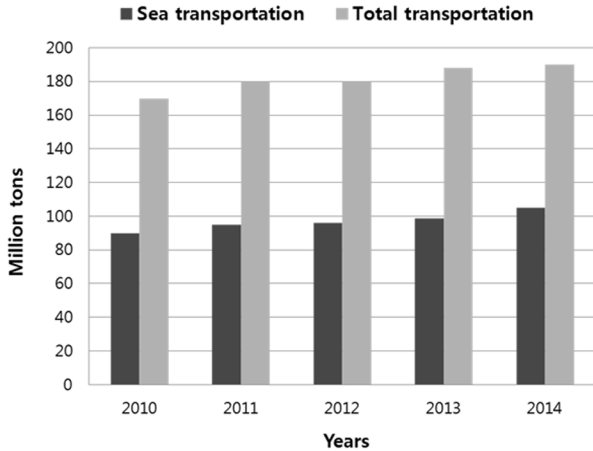


Fig. 1. Insulated container trade record in south korea.

재 관련 연구는 표준시험규격이 없어 항만분야보다는 건축분야에 한정되는 경향을 띄고 있다^{5,6)}. 전체 폴리우레탄 시장의 약 25%를 차지하고 있는 단열재와 같은 열특성 제어소재 및 타용도 기능성 소재에 대한 지속적인 수요증대로 세계 폴리우레탄 시장은 2017년 기준 약 8조원 규모로 성장할 것으로 전망된다⁷⁾. 특히 현재 선주의 요구물성대로 독점화하여 제작중인 냉동 컨테이너용 폴리우레탄 단열재에 대한 용도 및 변온환경에서의 국내 표준시험규격이 확립된다면, 국내·외 물동량이 증대되고 있는 운송용 컨테이너 선박 및 항만 내 적재화물의 상품성 보존에도 기여할 수 있을 것으

로 기대된다.

따라서, 본 논문에서는 상온(23±2℃) 하 건축용 단열재에 한정되어 있는 국내 경질 폴리우레탄 폼 관련 KS 표준의 개정 내지는 수정이 어떠한 방향으로 이루어져야 하는 지에 대한 연구를 수행하였다.

2. 선행표준연구

ISO/IEC 가이드에서 규정하고 있는 표준화란 일상적이면서 반복적으로 일어나거나 일어날 수 있는 문제를 주어진 여건 하에서 최선의 상태로 해결하기 위한 일련의 활동으로 정의되며, 이러한 활동에 필요한 합리적 기준이 표준이다⁸⁾. 특히, 신 수요에 대한 선행적 표준화 작업은 산업발전의 지원기반이 된다.

Table 1에서 보듯이 국내 KS표준 중 경질 폴리우레탄 폼 단열재에 대한 규격은 KS M 3809를 모태로 하며, 그에 따른 인용규격은 14종이다. KS M 3809를 포함하는 총 15종의 규격에서 제시된 온도조건은 대체로 건축용 기준인 상온 (23±2)℃ 범주로, 온도 민감성 수화물들의 지리학적 위치에 따른 온도변수가 간과되는 경향이 있다. 이외에도, KS M 3809에서 단열재의 특성으로 시험하고 있는 주요항목으로는 겉보기 밀도, 열전도율, 굴곡강도, 압축강도, 흡수량, 연소성 등이 있으나 이 역시 상온 건축용도에 부합하는 평가항목들이다.

Table 1. Main temperature conditions of KS M 3809 and related standards

KS Standards	Main temperature
· KS M 3809 Rigid polyurethane foam for thermal insulation	Internal temp(23±2)℃
· KS A 1013 Testing method for permeability of damp proof packing materials · ※ Revised to KS T 1305 from 2001	Testing temp(40±1)℃
· KS A 1505 Polyethylene coated paper · ※ Revisited to KS T 1037 from 2015	-
· KS A 2110 Silicagel desiccants of packaging · ※ Revisited to KS T 1084 from 2008	Internal temp(25~30)℃
· KS A 3251-1 Rules for rounding of numerical values	-
· KS D 3507 Carbon steel pipes for ordinary piping	Internal temp(20±5)℃
· KS D 3553 Round wire nails	-
· KS D 9003 Laminated aluminium foils	Testing temp(40±0.5)℃
· KS L 9016 Test methods for thermal transmission properties of thermal insulations	Testing temp(105±2)℃
· KS M ISO 844 Rigid cellular plastics—Determination of compression properties	Internal temp(23±2)℃
· KS M ISO 845 Cellular plastics and rubbers—Determination of apparent density	Internal temp(23~27)℃
· KS M ISO 1209-1 Rigid cellular plastics—Determination of flexural properties	Internal temp(23±2)℃
· KS M ISO 1209-2 Rigid cellular plastics—Determination of flexural properties	Internal temp(23±2)℃
· KS M ISO 6353-2 Reagents for chemical analysis—Part 2 : Specifications—First series	-
· KS M ISO 9772 Cellular plastics	Internal temp(23±2)℃

Table 2. Contrast results of KS M 3809 with 10 random-sampled polyurethane soft foams

Evaluation list/Manufacturers	Thermal conductivity (W/m · K)	Apparent density (kg/m ³)	Compressive strength (MPa)	Flexural strength (MPa)	Absorption (g/100 cm ³)
KS M 3809 Meteward	below 0.023	more than 45	more than 0.30	more than 0.35	below 3.0
Company A	0.018-0.020	35	-	-	below 1.0
Company B	0.018	36	0.10	0.49	1.6
Company C	0.018	56	0.22	0.44	0.6
Company D	0.018-0.020	25-48	-	-	1.0-1.3
Company E	0.019-0.022	25-45	-	-	1.5
Company F	0.019-0.023	35-45	-	-	-
Company G	0.020	42	0.17	0.49	0.8
Company H	0.018	30-35	0.15 ~ 0.45	-	0.9
Company I	0.018	32-48	0.18 ~ 0.38	-	0.9
Company J	0.019	35	0.17	0.32	1.5
Sufficiency based on KS M 3809 (%)	100	10	0	0.30	90

국내 건축 단열재 시장에서 널리 유통되고 있는 경질 폴리우레탄 폼 단열재 10종을 선정하여 각 홈페이지에 명시된 수치와 KS M 3809에서 제시하고 있는 주요항목들과의 비교분석결과, Table 2에서 보듯이 열전도율을 제외한 타 항목을 충족시키지 못하거나 수치를 명시하지 않은 것으로 드러났다. 이는, 건축용 경질 폴리우레탄 폼 단열재의 시장동향이 저에너지 공정에 치중되어 열전도율 위주로 단열재의 성능이 평가되는 풍토에 기반한 것으로 보인다. 따라서, KS 표준 전 규격에의 인식제고 및 산업계에서 증대되는 냉동 컨테이너용 단열재 수요에의 기술제도적 지원을 위해서는 수출용이성 증진 및 주변 온도변이라는 특수목적에 부합하는 신 인증기준의 확립이 절실히 요구되었다.

3. 시험기준확립

기존 건축자재 관련 인증기술에 대한 규격은 KS표준에 상정되어 있으나 저온상태에서의 우레탄폼 자재와 단열재에 대한 기준 및 평가방법이 상대적으로 미비한 점을 인식하여, 본 연구에서는 물리적 시험성능에 치우치지 않고 제품의 특성을 고려한 환경유해인자 시험을 추가하여 KS 인증규격 기반 및 기준 마련안을 위한 평가방법을 정립하여 Table 3에 나타내었다.

기준(안) 평가방법의 도출에 있어 고려된 주요사항으로는 용도, 기한, 국제 호환성 등이 있다. 첫째, 냉동 컨테이너에 적용되는 단열재의 주 용도가 저온조건에서의 수화물의 안정적 운송이라는 점과 연계하여 저온(-40℃)하 압축강도, 굴곡강도 및 수치안정성 등의 시험을 추가하였다. Pakarda의 선행연구에 의하면, 극한

조건에서의 냉동 컨테이너 내부온도는 최대 -29℃까지 하강하며 그에 따른 습도 역시 최대 96%에 도달한다고 한다. 따라서, 본 시기준(안)은 선행연구의 최저·최대수치보다 넓은 범주에 적용되는 상향된 수치를 반영하여 시간, 기상 및 지리적 조건에 따른 요구물성 변화를 최소화하고 안전성을 확보하여야 한다⁹⁾.

둘째, 상온에서의 경질 폴리우레탄 폼 단열재 관련 규격인 KS M 3809의 경우 1973년에 국가표준이 제정된 이래 현재까지 3번의 개정 및 1번의 확인이 고시된 상태이다. 높은 증가세를 보이고 있는 냉동 컨테이너 시장 및 대상 업체에 대한 지원을 고려했을 시, 급변하는 시장형태를 반영할 수 있는 고시의 개정은 10여년 간이나 정제되고 있는 현 시점에서 필히 이루어져야 할 것으로 보인다.

셋째, 글로벌 냉동식품 운송추이에 대응하여 항균성, T-VOC 방출량, Formaldehyde 및 6대 위험물질 함유량 시험항목을 추가하였다¹⁰⁾. 넷째, 강도시험의 경우 외부 유격현상 등으로 인한 상품손실을 방지하고자 추가하였으며, 별도의 기준이 없는 관계로 타 건축용 단열재 기준을 차용하였다.

마지막으로, 보다 원활한 수출지원을 위해 난연성과 열전도율에 한하여 해외규격과의 기준 호환성을 고려하였다. 난연성의 경우 세계 최고수준인 HF-1 또는 V-0에 기준하였으며, 유럽 및 북미에서 규정하고 있는 부패성 식품수송 및 관련 수송용 특정기기에 관한 협정인 ATP 인증에서 규정하고 있는 열전도율인 0.03 W/m · K보다 상향된 0.022 W/m · K에 기준하여 국내 기업이 해외진출 시 수행해야 할 별도의 물성개선연구 절차를 생략할 수 있게 하였다.

Table 3. Revised Standard example of rigid polyurethane foam under low-temperature environment

Evaluation list	Unit	Domestic standards' suggested metewands	International standards' suggested metewands	Revised standard	Notes
Thermal conductivity	W/m · K	below 0.023 (KS M 3809)	below 0.033 (ASTM C177)	below 0.022	Raised KS M 3809 standard by acknowledging the purpose of food transportation (freshness)
Apparent density	kg/m ³	more than 45 (KS M 3809)	more than 32 (ASTM D1622)	more than 50	Raised KS M 3809 standard by acknowledging the condition of low-temperature environment
Compressive strength	Mpa	more than 0.3 (KS M 3809)	more than 0.15 (JGT 314-2012)	more than 0.35 (-40℃)	
Flexural strength	MPa	more than 0.35 (KS M 3809)	more than 0.15 (JGT 314-2012)	more than 0.35 (-40℃)	
Absorption	g/100 cm ²	below 3.0 (KS M 3809)	below 3.0 (JGT 314-2012)	below 1.0	Raised KS M 3809 standard by acknowledging the purpose of food transportation (freshness)
Dimensional stability	%	0±1.0 (70℃, -20℃) (KS M ISO 2796)	0±1.0 (80℃, -30℃) (JCT 314-2012)	0±0.8 (80℃, -40℃)	Added KS M ISO 2796 by acknowledging the shrinking issue at low temperature
Flammability	-	HF-1 or V-0	HF-1 or V-0	HF-1 or V-0	Added flammability test to prevent fire and its secondary damage occur in container
Adhesive strength	MPa	more than 0.15 (KS F 4932)	-	more than 0.15	Added KS F 4932 by acknowledging the panel application type of the polyurethane soft foam for thermally insulated container
Antimicrobial properties	%	-	-	more than 99.9	Added E. coli and Staphylococcus aureus tests for food safety and hygiene
T-VOC emissions	mg/m ² · h	-	-	below 0.1	Added KS M 1998 (indoor air quality standard) for food safety and hygiene
Formaldehyde emissions	mg/m ² · h	-	-	below 0.01	
6 Hazardous materials	mg/kg	-	-	detection limit	Added KS C IEC 62321 by acknowledging the strengtned regulation of RoHS contained products in Europe

*Each detection limit of 6 hazardous materials is Cd(below 1 mg/kg), Pb(below 10 mg/kg), Hg(below 0.1 mg/kg), Cr⁶⁺(below 0.1 mg/kg), As(below 10 mg/kg), Cr(below 10 mg/kg)

4. 시험방법 및 결과

1) 시험방법

시험기준을 통해 정립된 기준(안)에 대한 유효성 검증을 위해 국내 단열재 시장에서 유통되고 있는 주요 원료들을 이용한 조성변환 실험을 기반으로 도출된 Table 4와 같은 최적조성으로 합성 및 발포하였다.

Table 4. Synthesis and composition conditions of rigid polyurethane foam

Mixing ratio (Unit : g)	
Polyol I (g)	5.7
Polyol II (g)	27
MDI (g)	39.24
Catalyst (g)	0.15
Phosphorus-Halogen type flame retardants (g)	15
Bentonite (g)	2
Total (g)	89.09
Reaction conditions	
Closed mold, Room temp. 17℃, Stirring speed: 400 r/min	

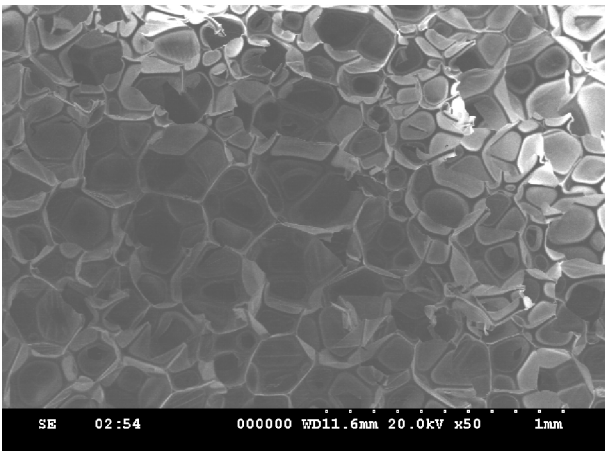
발포의 경우, Fig. 2의 (a)와 같은 폐쇄된 환경의 클로즈드 몰드를 lab scale로 설계 및 제작하였다. 몰드의 규격은 300 mm × 300 mm × 50 mm이며, 볼트는 M 8 mm, 재질은 알루미늄(Al) 15 mm로 이루어져 있다. 몰드 각 판의 두께는 8 mm로 경량화 함으로써 온도 전달성을 높였고, 몰드의 각 모서리 부분을 서로 맞물리게 조립하여 밀폐성을 유지하였다. 온도조절의 경우, 중탕식 발포가 아닌 히팅테이프와 드라이오븐을 활용하여 보다 정밀한 온도조절이 가능하도록 했다.

클로즈드 몰드발포의 경우, Fig. 2의 (b)에서 보듯이 같은 조성비로 발포를 하더라도 오픈몰드에 비해 보다 더 작고 균일한 기공이 형성된다. 특히, 기공 각각의 외벽이 단단하게 고정되어 내부에 발포되는 발포체에 압력이 고르게 가해져 셀의 균일성은 증가하면서 셀 크기는 감소하는 특성이 나타나며 이로 인해 발포 후 수축률 또한 낮은 특징이 있다.

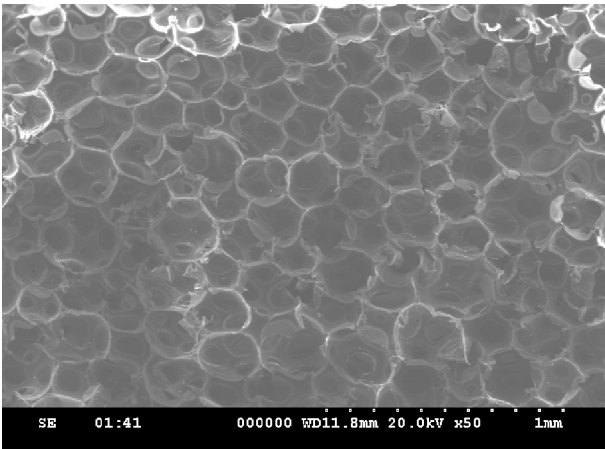
접착강도 측정을 위한 외피접착의 경우, 핫프레스기를 이용하여 중온에서 우레탄폼 자체접착력만으로 외피를 부착하는 방법을 이용하여 실험하였다. 이 때의 온도조건은 상 · 하(55℃), 좌 · 우(25℃)으로 설정하였다.



(a) Exterior of closed mold



(b) Open mold's pore shape



(c) Closed mold's pore shape

Fig. 2. Comparison of open and closed molds and its pore shapes.

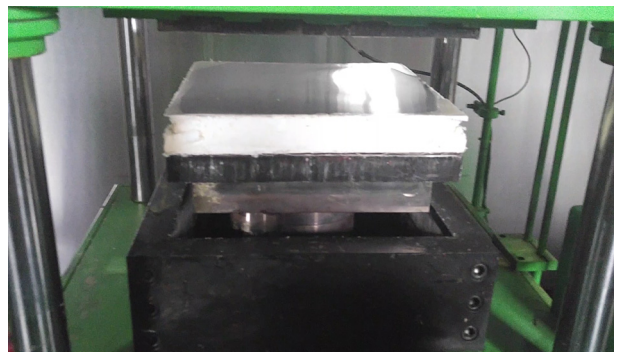
발포된 경질 폴리우레탄 폼에 대한 열전도율 시험은 평판열류계법으로 열저항을 측정하였으며, 세부 시험

방법은 KS M 3809에 따른다. 겉보기 밀도의 경우, 단열판 두께를 시료 그대로 하고 약 100 mm × 100 mm 시험편 3개를 이용하여 치수 및 무게를 측정한 뒤 계산식에 이거하여 부피 및 겉보기 밀도를 측정하였으며, 그에 따른 세부 시험방법은 KS M 3809에 따른다. 압축강도, 접착강도 및 굴곡강도의 경우, 현행 국내 평가규격에서는 저온온도조건이 누락되어 있다. 따라서, 본 연구에서는 Fig. 3과 같은 Hot-press machine을 이용하여 제작한 직육면체의 시편을 저온챔버를 활용하여 -40°C의 온도조건을 조성한 뒤, Fig. 4의 (a)와 (b)의 만능재료시험기(UTM) 및 Jig를 사용하여 각종 저온하 강도를 평가하였다.

흡수량의 경우, 무기재료 단열재 및 일부 유기재료의 단점으로 지적되는 습기에 의한 성능 저하를 정량화하기 위해 설정된 시험항목으로 KS M 3809에 규정된 것과 같이 전·후 무게를 고려한 무게법에 의한 실험 및 계산법으로 평가하였다. 치수안정성의 경우, 항온조 및 항온습기를 이용하여 온도조건을 달리하여 시편의 치수를 측정하였다. 길이 및 너비는 1 mm의 정밀도로 측정하며, 두께는 0.1 mm의 정밀도로 측정하였



(a) Hot-press machine

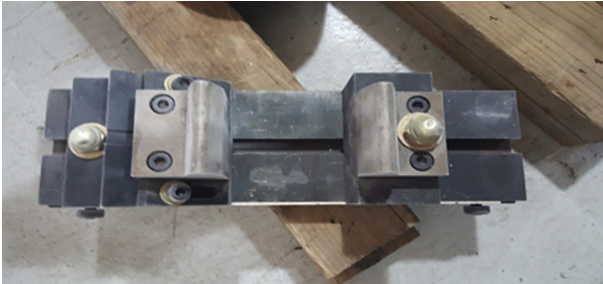


(b) Form of outerskin adhesion adjusted foam

Fig. 3. Outerskin adhesion with hot-press process.



(a) Universal Testing Machine(UTM) under ultra-low temperature



(b) Dedicated PUF jig

Fig. 4. Selected examples for the ultra-low temperature (-40°C) environment composition.

다. 치수안정성 측정에서 구분된 두 온도조건은 -20°C와 70°C이며, 상기 온도조건 하에서 48시간 동안의 가로·세로 길이 변화율을 평가하였다. 이에 따른 세부 시험방법은 KS M ISO 2796에 따른다.

일반적인 난연성 평가는 KS M 3809의 “연소시간 120초 이하 및 연소길이 60 mm이하일 것”을 따른다. KS 기준에 부합할 경우 평가결과가 “이상 없음”으로 표현되나, 본 연구에서는 보다 정량화된 표현 및 Global standard에 부합하는 난연성 기준을 충족시키기

위해 추가적으로 UL94 및 KS M ISO 9772 시험방법을 추가 적용하여 평가를 진행하였으며 이에 따른 단위등급은 HF 또는 V로 표현된다. 항균성 시험방법의 경우, 식품배송이라는 특수용도를 고려하여 대장균과 황색포도상구균에 의한 항균시험을 수행하였다. 시험편 및 대조편의 크기를 50 mm × 50 mm로 규정하여 초기농도, 24시간 후 농도 및 세균감소율을 (37.0±0.1)°C 및 (32.4±0.2) % R.H. 조건 하에서 측정하였으며, 사용균주는 Escherichia coli(ATCC 8739) 및 Staphylococcus aureus(ATCC 6538P)이다. T-VOC 방출량의 경우 KS M 1988과 실내공기질공정시험기준(환경부고시제2010-24호)에 의거하였으며, Formaldeh-yde 방출량의 경우 KS M 1988에 의거하였으며, 6대 위험물질의 경우 KS M 0032, KS M 6959 및 ICP-OES 측정법에 의거하였다.

2) 시험결과

발포한 경질 폴리우레탄 폼에 대한 시험결과, 겔보기 밀도와 접착강도에서 기준(안)을 충족시키지 못하는 것으로 드러났다.

겔보기 밀도의 경우, 압축강도 및 굴곡강도가 기준치를 훨씬 상회하는 결과가 나온 것을 근거로 하향 필요성이 제기되었다. 접착강도의 경우, 핫프레스 공정 활용 자체 접착력만으로도 0.13 Mpa의 값을 보였다. 본 연구에서는 업체 별로 적용하는 시중 접착제가 제각기 다른 관계로, 접착제를 특정하여 적용하지 않았다. 향후 폴리우레탄 폼 접착공정에서 널리 쓰이는 접착제를 임의선정하여 적용한다면 0.15 Mpa 이상을 무난히 달성할 것으로 예상된다.

본 연구에서는 성숙된 국내외 선행규격 및 연구사례를 토대로 위의 Table 5와 같이 시기준(안)을 제안하였

Table 5. Test results of foamed rigid polyurethane based on the revised standard

Evaluation list	Unit	Revised standard	Test results	result	Notes
Thermal conductivity	W/m · K	0.022 below	0.022	○	-
Apparent density	kg/m ³	more than 50	29	×	Possible to be achieved by downwarding ASTM D 1622 standard from more than 50 to 30
Compressive strength	Mpa	more than 35 (-40°C)	1.08	○	-
Flexural strength	Mpa	more than 35 (-40°C)	0.59	○	-
Absorption	g/100 cm ²	1.0 below	0.8	○	-
Dimensional stability	%	0 ±0.8 (80°C, -40°C)	-0.27 (80°C) -0.16 (-40°C)	○	-
Flammability	-	HF-1 or V-0	HF-1	○	-
Adhesive strength	Mpa	more than 15	0.13	×	Possible to be achieved by applying urethane glue
Antimicrobial properties	%	more than 99.9	99	○	-
T-VOC emissions	mg/m ³ · h	0.1 below	0.065	○	-
Formaldehyde emissions	mg/m ³ · h	0.01 below	0.005	○	-
6 Hazardous materials	mg/kg	detection limit	detection limit	○	-

다. 시기준(안)은 기존 데이터베이스에 근거한 기준이었기에 실적용 시 압축강도와 굴곡강도가 기준치의 2배 이상 측정되었으나 이는 폴리우레탄 폼의 특성상 타 소재처럼 파괴되지 아니하고 외형변이만 발생하기 때문인데, KS M 3809에서 제시된 “최대 85%까지 프레스한다”는 부분을 60%정도로 하향하여 시험하더라도 타 항목 및 물성을 충족시키는 데는 큰 문제가 없을 것으로 판단된다 이외의 항목에서는 모든 기준치를 충족시켰으나, 향후 지속적인 시험수행을 바탕으로 최소물성과 안전성이 유지되는 범위 하에서 인증기준수치의 완화를 통해 관련 산업의 육성 및 보다 많은 기업의 참여를 유도할 수 있을 것으로 기대된다.

5. 결론

본 연구는 최근 급증하고 있는 냉동 컨테이너 및 그에 따른 단열재의 수요에 대응하고자 건축용 단열재에 한정된 국내표준개선방안에 대해 고찰하였다. 최근 가슴기 살균제 및 우레탄 트랙 납 성분검출 등으로 재조명되고 있는 소비자 권익 및 안전을 고려 할 때, 온도 민감성 식품수하물들이 주를 이루는 냉동 컨테이너용 단열재에 대한 규격 역시 국민건강을 위해 재정립되어야 할 당위성이 존재하였다. 따라서, 본 연구에서는 선행표준연구를 통해 국내·외 경질 폴리우레탄 폼 단열재에 대한 규격을 검토하고 이를 바탕으로 정립된 시기준(안)을 바탕으로 자체 발표한 냉동 컨테이너용 경질 폴리우레탄 폼 단열재에 대한 시험인증 유효성을 판단하였다. 그 결과, 겉보기 밀도와 접착강도가 기준치에 부합되지 못하였다. 겉보기 밀도의 경우 기준치 미만이라도 타 성능에 큰 영향을 끼치지 못하는 것으로 판단되어 하향 필요성이 제기되었으며, 접착강도의 경우 자체 접착능이 아닌 우레탄용 접착제를 적용한다면 무난히 기준치 이상을 달성할 수 있을 것으로 판단되었다.

본 연구는 선행규격을 바탕으로 한 초기연구로 그에 따른 한계 또한 존재한다. 유효성 판단을 위해 시중에서 보편적으로 구할 수 있는 실제품과 주조성 원료를 바탕으로 합성, 발표 및 시험을 수행하였음에도 발표품이 시장의 모든 경질 폴리우레탄 폼 단열재를 대표

하지 못하는 표본선정의 오류는 있을 것이다. 그럼에도 불구하고, 냉동 컨테이너용 단열재 연구와 기준이 미비한 현 시점에서 국내 평균업체 수준을 기준으로 범용제품 및 원료를 바탕으로 비교시험을 수행하여 국내물성기준 예비(안) 도출에 의미가 있으며, 향후 후속 연구를 통해 결과의 유효성을 높일 것으로 기대된다.

감사의 글: 본 연구는 한국산업기술평가관리원의 지원으로 수행되었음.

References

- 1) Korea Shipping Gazette. “Total Fresh and Frozen Cargo Trade”. 2015.
- 2) K. N. Goellner and E. Sparrow, “An Environmental Impact Comparison of Single-use and Reusable Thermally Controlled Shipping Containers”, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Vol. 19, No.3, pp. 611-619, 2014.
- 3) P. Akarda. “A Study on a Few Typical Shipments and the Effect on Temperature and Relative Humidity”, *InterDry Thailand Co Ltd*. 2006.
- 4) K. J. Saunders, *Polyurethanes*. In *Organic Polymer Chemistry*. Springer Netherlands. pp. 358-387. 1988.
- 5) W. J. Liao et al., “Sensor Integrated Antenna Design for Applications in Cold Chain Logistic Services”, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol. 63, No. 2, pp. 727-735, 2015.
- 6) P. H. Chou et al., “A Bluetooth-Smart Insulating Container for Cold-Chain Logistics”, *IEEE*, pp. 298-303. 2013.
- 7) KISTEP. “Functional Chemical Materials Culster Development.”, *Feasibility Study Report*, 2015.
- 8) ISO. *Standardization and Related Activities: General Vocabulary, ISO/IEC Guide 2:2004*. 2004.
- 9) P. Pakarda, “A Study on a Few Typical Shipments and the Effect on Temperature and Relative Humidity”, *Interdry Thailand*. 2006.
- 10) H. Symons, “In Shelf Life Evaluation of Foods”, *Blackie Academic & Professional: London*. pp. 296-316, 1994.