

국내 단열재 사용상의 문제점 고찰

윤 관 선^{*†}, 최 근 영

(주) 아마텍 기술부

Look to limit problems to use insulation material in Korea

Kwan-sun Yoon^{*†}, Keun-young Choi

Armatech co.,ltd 3F Youngsung Building, 2-2 Karak-Dong, Songpa-Gu, Seoul, Korea

ABSTRACT: Due to the construction technique (or the construction culture) growth in and out of Korea, newly-developed insulation have been continuously released. Furthermore, all legislation and regulation that World follows are gradually becoming unified. (e.g. FTA(Free Trade Agreement) with the United States was contracted, and inevitable FTA contraction with EU and China). In addition, insulation type, with the purpose are becoming unified. Accordingly, KS F 2803 legislated in 1966 about the Domestic Insulation Standard including traditionally used insulation(Rockwool, Fiberglass, Polystrene, Polyurethan, Perlite) has to be amended by considering International Standard and the alternatives. This reference is going to make description for solution of contradiction.

Key words: Insulation(단열재), KS F 2803(보온·보냉 공사 시공표준), Flame retardant(난연)

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-3401-8563; fax: +82-2-430-8518

E-mail address: yoonks@hanmail.net

1. 서 론

국내의 건축문화의 발달로 단열재의 종류도 새로운 제품이 출시되고 있는 실정이며, 또한 미국과 FTA(Free Trade Agreement)가 체결 되었으며, EU, 중국과도 필연적으로 FTA를 체결해야 하는 등 전 세계가 점차적으로 모든 법규 및 규정이 일체화되어지고 있으며 단열재 또한 종류, 사용용도 등이 통일되어지고 있다.

이에 따라 국내 단열재의 종류도 과거 전통적으

로 쓰여 졌던 인조광물섬유보온재(암면), 유리면 보온재, 발포폴리스티렌(스티로폼), 경질우레탄폼, 펠라이트보온재에 국한되어 1996년 제정된 KS F 2803(산자부 보온·보냉 공사의 시공 표준)도 국제적인 기준과 새로운 제품에 대한 대안책등을 고려 개정할 필요성이 있다고 생각한다.

본 내용에서는 이러한 점에 기초를 두어 국내법규의 모순점 등을 지적 개선하는데 기초를 두고자 한다.

2. 단열재의 종류

- 표 1 -

	종 류	성 분	장점	단점
섬 유 상	암면, 유리면	무기질	난연성능	투습성, 환경성(분진)
다 공 상	규조토, 규사칼슘, 펄라이트, 폼그라스,	무기질	난연성능	단열성, 환경성(분진), 시공성
발 포 형	폴리에틸렌, 폴리스틸렌, 경질우레탄폼, 우레아폼, 고무발포	유기질	시공성, 투습성, 단열성	일부재료 난연성능

3. 단열재 규격

- 표 2 -

단열재 종류	규 격		
	한국	미국	유럽연합
암면	KS F 4701	ASTM C547 Mineral Fiber	EN14303 MW (Mineral Wool)
유리면	KS L 9101,2		
고무발포단열재	KARSE B0043	ASTM C-534 Flexible Elastomeric Foam	EN14304 FEF
폼 그라스		ASTM C552 Cellular Glass	EN14305 CG
실리카, 규조토		ASTM C533 Calcium Silicate	EN14306 CS
펄라이트	KS F 4714		
압출 스티로폴		ASTM C578 Polystyrene	EN14307 EPS(Extruded Polystyrene)
우레탄	KS M 3809 (경질)	ASTM C591 (PIR) polyurethane Polyisocyanurate	EN14308 (PUR= rigid polyurethane) (PIR= Polyisocyanurate)
발포 스티로폴	KS M 3808	ASTM C578 Polystyrene	EN14309 EPS (Expanded Polystyrene)
가교발포에틸렌	KS M 3862	Polyethylene	EN14313 PEF Polyethylene
페노릭 폼		ASTM C1126 Phenolic	EN14314 PF = Phenolic Foam
		ASTM C1427 Polyolefin	

4. 단열재의 중요 3요소 성능기준

- 표 3 -

	한국	유럽(영국)	미국
단열성 (열전도율)	에너지관리공단설계지침 건설교통부 고시제2001-118호 “가”급 0.034 W/m.k 이하 “나”급 0.04 W/m.k 이하 “다”급 0.046W/m.k 이하 “라”급 0.051W/m.k 이하	기준없음 단열소재의 시험후 두께계산	기준없음 단열소재의 시험 후 두께계산

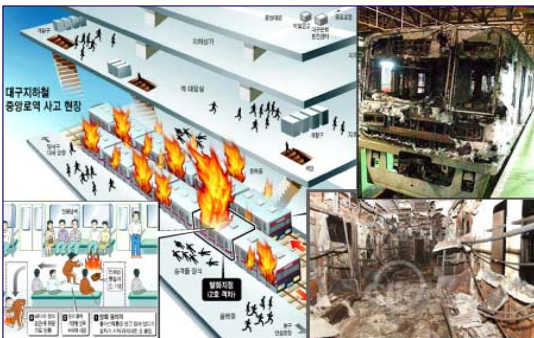
난연성	국가규격	KS F 2803-1996 보온 보랭 공사의 시공표준	BS 5422 Thermal insulating materials on pipes, ductwork and equipment	NFPA 90A "Standard for the Installation of Air-Conditioning and Ventilating Systems"
	스티로폴 KS M 3808	3초 이내에 불꽃이 꺼져서 찌꺼기가 없고 연소한계선을 초과하여 연소하지 않을 것	BS 476 Part 7에 의거 난연1급(Class 1)일 것 Class 1 : 연소길이 165±25mm이하	ASTM E-84에 의거 Class 1(A)일 것 Flame spread 25 이하 Smoke density 50 이하
	우레탄 KS M 3809	연소시간 120초 이내에 연소길이가 60mm 이하일 것		
		☀ 소방법 : 내열성능일 것		
결로 방지 · 투습 저항성	규격 및 기준	KS 규격 : 없음 KARSE B0043(고무발포) 0.144 ng/s.pa.m이하 = (25mm당 5.76 ng/s.pa.m ²) KS M 3862(PE) (25mm당 10 ng/s.pa.m ² 이하)	BS 5422 외기온도 관내온도차이(각 이하) 10℃ 0.010 g/s.MN=(10ng/s.pa.m ²) 15℃ 0.004 g/s.MN=(4ng/s.pa.m ²) 20℃ 0.002 g/s.MN=(2ng/s.pa.m ²) 25℃ 0.0015 g/s.MN=(1.5ng/s.pa.m ²) 25℃ 이상 0.001 g/s.MN=(1ng/s.pa.m ²)	Ashare 26장 0.15 ng/s.pa.m 이하= (25mm당 6 ng/s.pa.m ²) ASTM C-534(고무발포) 0.144 ng/s.pa.m 이하= (25mm당 5.76 ng/s.pa.m ²)

5. 국내 단열재 사용상의 문제점

5.1 난연성능

난연성은 인간의 생명과 연관되는 중요한 화재 예방 수단이다.

최근에 발생한 이천물류센터(인명피해 사망 40명) 및 대구 지하철 화재사건(사망 192명)의 결과를 보면 국제기준에 맞는 유기물 건축자재의 난연성을 필요로 함을 알 수 있다.



5.1.1 국내 화재관련법

☞ 건축법 제 43 조

건축물 내부마감 재료는 방화상 지장이 없는 재료로써 건설교통부령이 정하는 기준에 의한 것이어야 한다.

☆건축물의 피난.방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제 24 조 3항(개정2003. 1.6)

법 제43조에서 "내부마감재료"라 함은 건축물

내부의 천장, 반자, 벽, 기둥 등에 부착되는 마감 재료를 말한다. 다만, "소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령" 제2조에 규정한 실내장식물을 제외한다.

소방시설설치유지 및 안전관리에 관한 법률 시행령 제 2조(개정 2005,11,11) "실내장식물"이라 함은 가구류, 집기류, 종이류, 합판 또는 목재, 간이 칸막이, 흡음재 등을 말한다.

☞ 소방법

불연, 준불연, 난연재료는 건축법시행령 제2조에 따른다.

☞ 건축법시행령 제2조 (개정 2006,5,8)

난연, 준불연, 불연재료는 건설교통부령이 정하는 기준에 적합한 재료를 말한다.

☞ 건설교통부령 (고시)

1999년 5월7일 제184호 난연 성능 기준(KS F 2271)

2005년 12월 제438호 철도차량안전기준

2006년 12월 제476호 난연 성능 기준 (ISO 5660, KS F 2271등)

상기내용과 같이 국내 단열재의 난연성능 기준은 철도차량 이외에는 없으며 외국의 경우는 국가 규격에 명시되어 있다.(표3 참조) KS F2803 규격에 소재 나뉠대로의 난연 규격을 명시하고 있으나, 규격 자체가 국제기준에 미흡하거나, 현장에서 적용조차도 하지 않고 있다.

이천물류센타 화재사건시 화염전파의 주원인 단열재인 연질우레탄폼(PIR = Polyisocyanurate)의 경우 국내에는 KS규격조차 없으며 비슷한 재료인 경질우레탄(PUR= rigid polyurethane)의 KS규격에 명시되어있는 연소기준(연소시간 120초 이내에 연소길이 60mm 이하일 것)만 지켰어도 이러한 참사는 줄일 수 있었을 것이다. KS규격은 산자부소관으로 건축법에서 적용하여야 효력이 발생한다.

1999년 5월7일 건설교통부령 제184호에서는 KS F 2291: 1998(건축물 내장재료 및 구조물의 난연성 시험방법)에 의거 난연1급, 난연2급, 난연3급

을 각각 불연재료, 준 불연재료, 난연재료로 명칭하고 있었으나, 이 시험방법은 너무 포괄적이며, 건축내장재 현실과 이완되고 불확실한 요소들이 많아, 무기질재료(석고보드 등) 이외의 유기질 합성수지 내장재 (바닥재, 단열재 등)에서는 적용될 수 없어, 유명무실화 되었다. 이에 따라 유기질 건축내장재는 소재별로 별도의 난연 규격(KS규격)을 제정하는 등 나뉠대로 난연 규격을 명시하여 적용하였다. 예를 들면 국내 건축물 단열재로 많이 적용하고 있는 Polyethylene foams의 경우는 KS M 3030 또는 KS M 3015 를 적용하고, Polystyrene foams는 KS M 3808 을 적용 하는 등으로 국제기준과는 매우 낮은 시험방법으로 난연1급, 또는 불연성으로 표기하게 되었다.

대구지하철 화재사건 이후 이러한 내용들이 검토되어 KS M 3030은 폐지되었으며, 철도차량내장재(내장판, 의자, 통로연결막, 바닥재, 단열재)에 대한 난연 성능기준을 건설교통부령으로 2004년 7월2일 1차 고시, 2004년12월6일 제418호 개정 2차 고시, 2005년 12월22일 제438호 개정3차 고시로 철도차량내장재에 대해 화재성능기준을 관련 기관 및 각 관련업체, 공급업체 등과 연구발표를 거쳐, 3차례 시행령을 개정, 재고시 하며, 국제적 기준 및 국내현실에 맞는 규정으로 제정되었다. 그러나 건축물 내장재에 대해 현실성 있는 건설교통부령은 없었다.

다행히 2006년 11월 8일 고시 제2006년 제476호로 건축물 내부마감 재료의 난연 성능기준이 고시 되었으나, 국제적 기준과 현실에 더욱더 적합하도록 연구검토 해야 할 필요성이 과제로 남았다.

5.1.2 국제난연성능기준 및 한국의 난연성능기준 비교

모든 난연 성능기준의 시험방법은 실현가능하며, 제품의 특성에 맞는 시험방법을 채택하여야 하고 과학적이며, 재현성이 있어야 한다.

건설교통부령 제438호 철도차량안전기준의 경우 영국의 BS6853, 미국의 NFPA 130을 참조하였으며, 실제 국내 공급제품을 여러 차례 시험을 거쳐 실현가능하며, 국내제품의 난연성능을 향상 시킬 수 있는 기준으로 제정되었다고 보여 진다.

반면에 건설교통부령 제476호 건축물내장재 난연성능기준은 난연재료3급의 경우 유럽EN13501 C급이상의 기준이며, 유럽의 경우 EN13501 D급 이상 이면 일반건축물에 적용이 가능한 것에 비하면 너무 엄격한 기준으로 다시 유명무실화 될 가능성이 높다.

국내 건축물 내장재 난연기준은 일본건축기준법의 시험방법 및 기준을 동일하게 적용하고 있으나 일본 역시 이에 대한 문제점을 가지고 있으며 유명무실한 상태이다.

최근(2007년 화재소방학회 동계학술대회)에 발표된 샌드위치 패널 연소특성 비교분석을 위한 중 소형 화재시험(ISO 5660-1 및 EN 13823)적용 (발표자 : 방재시험연구원 박계원, 경민대학 임홍순, 김운형)을 보면 국내에서 불연단열재료로 취급하는 Glass Wool조차 국내기준에 의거 난연3급으로 분류되고 있다.

동일한 시험방법(ISO 5660-1 Cone Calorimeter Method)을 국가난연기준으로 사용하는 캐나다의 경우(NBC(캐나다) 건축재료 방화성능 평가개정안) 많은 시험을 거쳐 모든 재료(단열재 포함)의 표준안을 작성 국가기준으로 적용하고 있다.

NBC(캐나다)건축재료의 방화성능 평가기준

- 표 4 -

Class	PHRR(kw/m ²)	THR(MJ/m ²)	Examples
1	≤10	≤5	Ceramics-fiber board
2	≤100	≤25	gypsum board, Glass wool
3	≤150	≤50	난연 ply-wood board
4	≤300	≤100	Wood materials
5	>300	>100	EPS

이는 유럽통합기준(EN 13501), 영국기준(BS 476 PART 6,7), 미국기준(ASTM E-84), 홍콩,중국기준(GB8624)와 비슷한 수준이다.

건설교통부령 제476호 건축물내부 마감재 난연성능기준(2006년 11월 8일)

- 표 5 -

등급	규격	판정기준
1급(不燃材料)	KS F ISO 1182 (건축재료의 불연성시험방법)	1, 가열시험 개시후 20분간 가열로 내의 최고온도가 최종평형온도를 20K 이상 초과 상승하지 않을것. 2, 질량 감소율이 30% 이하 일 것.
	KS F 2271(가스유해성시험)	1, 실험용 쥐의 평균행동정지시간 9분 이상일 것
2급(準不燃材料)	KS F ISO 5660-1 (콘칼로리미터법)	1,가열 개시후 10분간 총방출열량이 8MJ/m ² 이하이며, 10分間 最大 熱放出率이 10初以上 連續으로 200kw/m ² 以下. 2, 10분간 가열후 균열,구멍 및 용융등이 없어야 함.
	KS F 2271(가스유해성시험)	1, 실험용 쥐의 평균행동정지시간 9분 이상일 것
3급(難燃材料)	KS F ISO 5660-1 (콘칼로리미터법)	1,가열 개시후 5분간 총방출열량이 8MJ/m ² 이하이며, 5분간 최대 열방출률이 10초이상 연속으로 200kw/m ² 을 초과하지않음. 2, 5분간 가열후 균열,구멍 및 용융등이 없어야 함.
	KS F 2271(가스유해성시험)	1, 실험용 쥐의 평균행동정지시간 9분 이상일 것

이를 비교해 볼때 국내 3급(난연재료)가 외국의 불연재료에 가까운 기준임을 알 수 있다.

논문 발표자들의 시험결과를 봐도 확인할 수 있다.

단열재 시험결과

- 표 6 -

단열재	PHRR(kw/m ²)	THR(MJ/m ²)	등급	
			국내기준	NBC
유리섬유	12.9	3	3급	2급
EPS	368.2	22.9	등급 없음	5급(연소성)
PIR	142.4	11.4	등급 없음	3급
PUR	268.7	31.5	등급 없음	4급

이 시험 결과 및 논문에 따르면 현 건설교통부령 제476호 건축물내장재 난연 성능기준은 소재별(내장재, 단열재, 바닥재 등) 시험기준도 단일화 되어있어, 유기물질의 경우 거의 실현 불가능한 기준임을 알 수 있으며 건축물의 피난. 방화구조 등의 기준에 관한 규칙 제 24 조 3항(개정2003. 1.6) 법 제43조에서 “내부마감재료”라 함은 건축물 내부의 천장, 반자, 벽, 기둥 등에 부착되는 마감재료를 말한다. 라고 되어 있어 단열재의 경우 적용여부가 애매모호하다,

또한 유해가스시험은 국제적 시험방법이 아니고, 재현성이 없을 뿐 아니라, 과학적이지 아니하고, 동물협회 등에서 반대하는 생체시험(KS F 2271 가스유해성시험)을 적용하고 있어 재현성이 있으며, 과학적이고 국제기준에 맞는 시험방법으로 개정이 요구된다.

5.1.3 난연성능에 관한 결론

설비용 단열재가 화염에 노출되었을 때의 난연성은 건물 내의 인명과 재산보호에 중요한 요소이다. 외국의 경우에는 내화성 시험방법에 화염전파성, 연기밀도, 연기독성에 대한 시험방법과 기준을 각 재료별 제시하여 건축물과 운송기관 등에 적용하도록 하여 화재 시 피해를 최소화하도록 하고 있으나 국내에서는 철도안전기준에만 플라스틱 등 일부 재료에 대해서 적용되고 있다. 국내에서는 전반적인 재료에 대해 규정된 시험방법이 제정되어 있지 않아 각 재료별 제조사에서는 화재특성에 대하여 각기 상이한 기준으로 시험을 실시하고 있으며 특히 유기물의 건축자재에 대한 난연 등급 기준이 제정되어 있지 않다. 따라서 국

내에서도 건축자재 등 각종 재료에 대하여 시험방법과 기준을 화염전파성, 연기밀도, 연기독성 등 실제 피해요소와 연관 있는 사항으로 재정하도록 하여야하며, 국내 산업에서의 사용 시 이러한 화재 시험에서 안전성이 검증된 재료의 채택으로 화재 시 인명과 재산의 피해를 최소화 하여야 한다.

5.2 투습 저항성능

단열재의 중요성능인 투습저항성은 단열재의 수명 및 배관 및 닥트 기기류의 부식에 지대한 영향을 미치는 중요한 성능기준이다. 외국에 경우 국가표준에 결로방지 목적일 경우에는 투습저항성에 대한 기준이 명시 되어 있으며.(표3 참조) 유럽의 경우에는 단열재의 등급을 투습저항성에 두고 있다.

반면에 국내에서는 투습저항성의 개념 없이 결로방지 목적인 급수, 냉수, 소화관, 덕트류, 냉동기 기기류에 투습저항성이 없는 Open cell구조인 유리섬유 등을 사용하여 결로발생 및 결빙이 되어 있는 것을 종종 볼 수 있다.

에너지자원의 부족으로 해외에너지 의존도가 97%인 국내실정에서 에너지절약은 대단히 중요한 문제라 할 수 있다. 한편 국내 전체 에너지 사용량 중 건물부분이 차지하는 비율은 약 1/3에 이르고 있으며 건축물의 열성능 향상을 위해서 효과적인 건물의 단열은 대단히 중요하다고 할 수 있다.

특히 단열은 건축물이나 저온장치산업, 공조산업 등에서 기타 특별한 기기를 사용하지 않고 에너

지를 절약할 수 있는 기초적이며 원천적이며 확실한 방법이라 할 수 있어 단열설계 및 시공에 기초가 되는 기본 열전달기구와 단열재의 기능, 단열재의 종류 및 특성, 효과적인 단열재 시공방법 및 단열설계 등에 대한 종합적인 연구와 이해가 필요하다.

일반적으로 단열재는 제품의 형태에 따라 Closed-cell과 Open-cell로 나눌 수 있으며 이러한 재료의 특성이 보온재에 미치는 영향이 크므로 용도에 따른 적절한 선택이 필요하다. 단열재의 생명은 열전도율이라 할 수 있으며 재료가 투습하면 단열성능이 급격히 저하되며, 시간의 경과 후 수축과 변화를 일으킬 수 있다. Open-cell구조는 스폰지와 같아서 물이나 수증기가 쉽게 통과하고 쉽게 축축해져서 열전도율을 증가시키고 단열성능을 저하시킨다. 이에 반해 Closed-cell 구조는 수증기투과에 저항력을 가지고 있으며, 습기투과 저항계수가 증가할수록 수증기투과에 대한 저항력이 커진다. 습기투과 저항계수의 단위가 복잡하여 1987년 ISO 9346에 따라 μ factor 혹은 습기투과저항계수로 명명되었다. 이상에서 보듯이 Open-cell재료는 흡습성이 대단히 높으므로 보관시 주의를 요하며 자체의 충격에도 주의가 필요하다. 반면에 Closed-cell 재료는 재질에 따라 약간 다른 양상을 보이지만 대개 흡습성이 대단히 낮은 특징을 지니고 있어 보냉용 배관의 단열재로 우수한 성능이 있다.

5.2.1 투습성과 단열재의 단열성능 경년열화

보온재에서 투습에 따른 단열재의 경년열화는 주어진 외기온도와 상대습도에서 관내에 일정온도의 유체가 흐르는 조건에서 단열재 외벽면 열전달율에 대해 실험식의 형태로 아래와 같이 주어진다. 여기서 단열재 종류에 따른 습기투과 저항계수(μ) 값을 측정하여 시간경과에 따른 수증기의 체적분율(V_t)을 구하여 시간의 경과에 따른 단열재의 경시변화를 아래의 식으로 산정할 수 있다⁽⁹⁾.

$$k_t = k_0 + 0.0377 v V_t \quad (4)$$

여기서 k_t 는 t년 경과후의 열전도율이며 k_0 는 초기의 열전도율이며, v 는 열전도율에 대한 수증기 계수이며 V_t 는 t년 경과후의 수증기의 체적분율로 알려져 있다.

$$V_t = 3.5 \times 10^6 \cdot q_d \cdot t / [\rho \pi (D_o^2 - D_i^2)] \quad (5)$$

$$q_d = (P_a - P_i) / d \quad (6)$$

$$d = [1 / (2 \pi \lambda_{is})] \cdot \ln(D_o / D_i) \quad (7)$$

$$\lambda_{is} = \lambda_a / \mu \quad (8)$$

여기서 P_a 와 P_i 는 외기와 배관과 단열재사이 공간에서의 수증기 분압(P_a)을 나타내며, λ_a 와 λ_{is} 는 $[kg/m.h.Pa]$ 단위로 표시한 공기 투습저항계수와 단열재 투습저항계수를 나타내며 ρ 는 물의 밀도로 $1,000kg/m^3$ 을 나타낸다.

5.2.2. 투습저항성에 대한 결론

투습으로 인한 단열재의 단열성능의 경년열화를 고려할 때 보냉배관의 외부결로 방지두께는 Open-cell구조를 갖는 단열재가 Closed-cell 구조를 갖는 단열재에 비해 증가한다는 것을 알 수 있다. 또한 결로방지 두께로 시공할 경우 단열재 관외부의 표면온도 강하는 투습으로 인한 단열성능저하로 Open-cell 구조를 갖는 단열재가 Closed-cell 구조를 갖는 단열재에 비해 상대적으로 크고 노점온도 이하로 되어 결로의 위험성이 상대적으로 높아짐을 확인할 수 있다. 따라서, Open-cell구조를 갖는 단열재의 경우 투습을 위한 특별한 마감대책이 필요하며 보냉배관의 경우 결로방지를 위해 Closed-cell 구조를 갖는 단열재의 선정과 단열설계 및 시공이 에너지 절약은 물론 위생상의 관점에서도 무엇보다 중요함을 알 수 있다.

이러한 내용을 종합해 본다면 에너지절약을 위한 단열시공기준과 관련해서 1996년에 제정된 보온

보냉공사의 시공표준인 KSF 2803의 현실적인 개정이 필요할 것으로 생각되며 개정 시 수증기의 투습저항이 커서 단열재의 경년열화가 적은 고무발포 보온재 등을 시공표준에 포함되어야 할 것으로 판단된다. 또한 단열재의 투습성에 대한 다양한 실증실험과 함께 단열설계 및 시공에 기초가 되는 기본 열전달기구와 효과적인 단열재 시공방법 및 단열설계 등에 대한 종합적인 연구와 관련 기준의 합리적인 정비를 통해 국가 에너지절약을 위한 시스템 구축이 무엇보다도 필요할 것으로 생각된다.

6, 결 론

에너지자원의 부족으로 해외에너지 의존도가 97%인 국내실정에서 에너지절약은 대단히 중요한 문제라 할 수 있다. 한편 국내 전체 에너지 사용량 중 건물부분이 차지하는 비율은 약 1/3에 이르고 있으며 건축물의 열 성능 향상을 위해서 효과적인 건물의 단열은 대단히 중요하다고 할 수 있다. 또한 화재사고 시 마다 원인제공이 되고 있는 단열재에 대한 난연성능 역시 매우 중요하다. 본 연구는 이러한 문제를 바탕으로 아래와 같이 우리나라의 각종 법규 및 규격개정을 촉구하고자 한다.

건설교통부 : 건설교통부령(고시) :

건축물 내장마감재의 난연성능기준 개정 및 건축자재(유기물포함) 난연기준 제정

행정자치부 : 소 방 법 :

단열소재의 난연성능 제정

산 자 부 : KS 규격 :

KS F 2803 (보온 보냉시공표준) 개정 및 미비한 단열재 규격 제정

설비공학회 :

건축기계설비 표준시방서 단열기준 및 두께 개정

2. 유기형, 이윤규, 이승언, 방습단열재의 투습저항 평가에 관한 연구,공기조화냉동공학회 98하계 학술발표논문집, pp1237-1240
3. KS F2607 투습 저항 측정 방법
4. ISO9346,ASTM E96, DIN52615, BS4370 p2
5. 박계원, 임홍순, 김운형 샌드위치 패널 연소특성 비교분석을 위한 중소형 화재시험(ISO 5660-1 및 EN 13823)적용 (2007년 화재소방학회 동계학술대회)
6. BS 5422(Method for specifying thermal insulation materials on pipes,ductwork and Equipment,1990.
7. KS F 2803: 1996 (보온 보냉공사의 시공표준)
8. ASTM C-534 Performance property guide for insulation materials(Flexible elastomeric)
9. Armacell engineered foams Tech. Report.
10. NAFA 90A, 90B "Standard for the Installation of Air-Conditioning and Ventilating Systems"
11. EN13501 Fire classification of construction products and building elements.
12. 건설교통부 고시 제476호 (건축물 내장재 난연성능기준)
13. 건설교통부 고시 제438호 (철도차량 안전기준에 관한 지침)
14. NFSC 101~603 (2007년 국가화재안전기준)
15. 이민우, 홍진관, 박종일,김석현 고무발포보온재 특성연구 2006년 하계학술발표논문집
16. KARSE B0043(고무발포 단열재)
17. KS F 4701(암면), KS F 9101(유리면), KS F 4714(필라이트), KS M 3809(경질우레탄 폼), KS M 3808(발포 폴리스틸렌), KS M 3862(가교 발포 폴리에틸렌)

- 참고 문헌 -

1. ASHRAE Handbook Fundamentals, 25.15 Thermal and water vapor transmission data 2005