KOSHA GUIDE
F - 3 - 2014

경질폴리우레탄폼 취급시 화재예방에 관한 기술지침

2013. 06.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

o 제정자 : 임 용 순
o 개정자 : 한 우 섭
o 개정자 : 이 근 원

o 제・개정 경과

- 2008년 4월 화학안전분야 제정위원회 심의
- 2008년 5월 총괄제정위원회 심의
- 2011년 12월 화학안전분야 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)

o 관련규격 및 자료

- Alliance for the polyurethanes industry, “Fire safety guidelines for use of rigid polyurethane and polyisocyanurate foam insulation in building construction”, USA, 2014.
- Spray polyurethane foam alliance, “Spray polyurethane foam systems for cold storage facilities operating between -40℃ and + 10℃”, USA, 2014
- American Chemical Council, "Working with Polyurethane Foam Products; During New Construction, Retrofit and Repair", 2011.
- KS M 3809, "경결질 폼 우레탄 단열재“, 2006.
- 국토해양부 고시 제2011 - 39호, "건축물 내부 마감 재료의 난연 성능 기준", 2011

o 기술지침의 적용 및 문의

이 기술지침에 대한 의견 또는 문의는 한국산업안전보건공단 홈페이지 안전보건기술지침 소관 분야별 문의처 안내를 참고하시기 바랍니다.

공표일자 : 2014년 07월 21일
제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

경질폴리우레탄폼 취급시 화재예방에 관한 기술지침

1. 목 적

이 지침은 다관능 이소시아네이트(이하 "이소시아네이트"라 한다)와 폴리올 등을 발포, 성형한 단열재용 경질폴리우레탄폼(이하 "우레탄폼"이라 한다)을 취급하는 작업 중 발생할 수 있는 화재예방을 위한 기술지침을 정하는 데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 지침은 냉동창고 또는 일반 건설현장 등에서 이소시아네이트와 폴리올 등을 혼합·발포하여 단열재용 우레탄폼을 제조·취급하는 작업에 적용한다.

3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) "우레탄폼"이라 함은 한국산업규격 KS M 3809:2006(경질폴리우레탄폼 단열재)에서 정한 100 ℃이하의 보온 및 보냉에 사용하는 경질폴리우레탄폼 단열재 등 미리 성형한 우레탄폼 단열판과 현장에서 시공하는 스프레이 우레탄폼을 말한다.

(나) "시스템폴리올"이라 함은 폴리올에 촉매류, 정포제 및 발포제 등의 첨가제를 일정한 비율로 혼합하여 현장에서 별도의 부재료를 추가하지 않고 이소시아네이트와 바로 혼합시켜 우레탄폼을 발포·성형시킬 수 있도록 만든 폴리올을 말한다.

(2) 그 밖에 용어의 정의는 이 지침에서 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는

산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 안전보건기준에 관한 규칙에서 정하는 바에 따른다.

4. 우레탄폼 특성

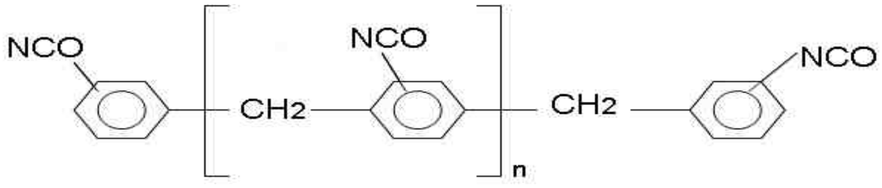
4.1 우레탄폼의 원료

(1) 단열재용 우레탄폼의 주원료는 액상의 이소시아네이트와 폴리올이며, 부원료로는 반응속도 조절을 위한 촉매류 및 정포제와 발포제 등을 사용한다. 우레탄폼의 주 원료로 가장 많이 사용되는 이소시아네이트, 폴리올 및 발포제의 일반적인 물성은 <표 1>과 같다.

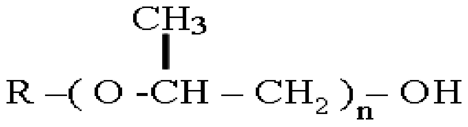
<표 1> 우레탄폼 원료의 일반적인 물성치

물질명	화학식	분자량	폭발범위 (연소범위)	증기밀도 (공기=1)	인화점 (℃)	자연발화점 (℃)	독성 (LC_{50})	NFPA 지수
Polymeric MDI	(주 1) 참조	350~400	-	-	177 이상	-	370~490 mg/m^3/ 4시간	보건=3 화재=1 반응성=0
PPG (경질용)	(주 2) 참조	280~1250	-	> 1	150 이상	-	5,840 mg/kg (경구,쥐)	보건=1 화재=1 반응성=0
발포제 (HCFC-141b)	CH_3CCl_2F	117	(6.4~17.7)	4.0	-	325 이상	> 5,000 mg/kg (경구,쥐)	보건=2 화재=1 반응성=0
발포제 (C-Pentane)	C_5H_{10}	70	1.1~8.7	2.4	-37	361	11,400 mg/kg (경구,쥐)	보건=2 화재=3 반응성=0

(주 1)



(주 2)



(2) 발포제는 HCFC-141b와 같은 탄화플루오르(Fluorocarbon) 계열 발포제를 주로 사용하며 열에 의하여 분해되는 경우 염산, 염소, 이산화탄소 및 일산화탄소와 같은 유독성 가스를 발생시킨다.

(3) HCFC-141b는 상온에서는 액상으로 존재하지만 비점(b.p 32 ℃)이 낮아 발포시 발생하는 열에 의하여 기화되어 발포체를 형성하고 발포 성형 후 조직내에 남아 단열성능을 유지시킨다.

(4) 냉장고 등과 같은 냉동기기 제작에 사용되는 단열재 발포시에는 용도에 따라 인화점이 낮은 싸이클로펜탄(Cyclopentane)을 발포제로 사용한다.

4.2 발포 성형 후 우레탄폼

(1) 발포 성형 된 우레탄폼은 1종과 2종으로 구분하며, 발포체 외피에 KS A 1505:2004 (폴리에틸렌 가공지)에서 규정하는 폴리에틸렌 가공지, KS D 9003:1991(접착 알루미늄 박)에서 규정하는 접착 알루미늄 박 또는 이와 동등 이상의 것을 사용한 면재가 부착되어 있는 것은 2종으로 하고 그렇지 않은 것은 1종으로 한다. 1종과 2종은 우레탄폼의 밀도에 따라 1호 내지 3호로 나누어지며 주요 특성은 <표 2>와 같다.

<표 2> 우레탄폼의 종류 및 특성

구분	종류	겉보기 밀도 (kg/m^3)	열전도율 (W/m · K) 평균온도 20±5 ℃	굴곡강도 (N/cm^2)	압축강도 (N/cm^2)	흡수량 (g/100cm^2)	연소성
1종	1호	45 이상	0.024 이하	35 이상	30 이상	3.0 이하	연소시간 120초 이내 및 연소길이 60 ㎜ 이하
	2호	35 이상	0.024 이하	25 이상	20 이상		
	3호	25 이상	0.025 이하	15 이상	10 이상		
2종	1호	45 이상	0.023 이하	35 이상	15 이상		-
	2호	35 이상	0.023 이하	25 이상	10 이상		
	3호	25 이상	0.024 이하	15 이상	8 이상		

(2) 발포 후 성형된 우레탄폼은 가연성 물질로서, 고온 또는 용접 불티 등의 점화원에 의하여 쉽게 점화되어 화재로 이어질 수 있으므로, 연소장치(예 굴뚝, 소각로 등), 고온의 공정장치나 고온 배관 상부 또는 고온 배관과 인접하여 시공하지 말아야 하며 제조자가 제시하는 최고사용온도를 초과하는 설비에 보온용으로 시공하여서는 안 된다.

(3) 건축물에 단열재로 사용되는 우레탄폼은 국토해양부 고시 제 2011 - 39호 (건축물 내부 마감 재료의 난연 성능 기준)에서 정한 난연 성능을 보유하여야 하며 이러한 요건을 충족시키기 위해서는 할로겐화합물이나 인(Phosphate)계 화합물 등의 난연제를 혼합하여야 한다.

5. 우레탄폼 발포시 화재예방 대책

5.1 우레탄폼 원료 원액 관리

(1) 우레탄폼의 원료 제조자는 시공 매뉴얼을 제공하고, 각 원료의 사용온도를 용기에 표기하여 제품별로 정해진 온도범위 내에서 사용하도록 하여야 한다.

(2) 이소시아네이트 및 시스템폴리올 등의 원액은 발포 현장과 격리된 곳으로 직사광선, 불꽃 등에 노출되지 않는 별도의 장소에 보관하고, 발포 현장에는 일일 사용량을 고려하여 최소량을 보관하여야 한다.

(3) 이소시아네이트 및 시스템폴리올 등의 원액은 제조자가 정한 온도조건하에서 저장하여야 하며 특히 동절기에는 예열시 과열되지 않도록 하여야 한다.

(4) 발포 현장에서 폴리올에 촉매류, 정포제, 난연제 및 발포제 등을 혼합하여 사용하는 경우에는 원료 보관 및 취급에 따른 화재 위험성이 있으므로 저장 및 취급시 주의하여야 한다.

(5) 원료 드럼을 개방할 때에는 내부 증기압 상승에 따른 원료 및 원료증기가 분출되지 않도록 드럼의 마개를 서서히 돌려 개방하여야 한다.

(6) 발포제로 사용되는 HCFC-141b 또는 싸이클로펜탄은 비점이 낮기 때문에 밀폐 용기에 저장된 상태에서 외부온도가 상승하면 증기압에 의하여 폭발이 발생할 수 있으므로 저온 보관하여야 한다.

(7) 우레탄폼의 원료 보관 장소 또는 우레탄폼의 원료 제조시에는 용접 및 흡연 등과 같이 점화원이 될 수 있는 요인 등을 금지하여야 한다. 특히, 싸이클로펜탄은 인화점이 매우 낮은 액체이므로 점화원으로부터 격리하여야 한다.

5.2 발포 전 사전 준비

(1) 발포 전 용접 등과 같은 화기작업을 중지하고 타 공종의 작업자와 안전회의를 실시한다.

(2) 필요한 경우 발포 현장과 동일한 장소에서는 배관, 전기 공사 등의 병행작업을 금지하여야 한다.

(3) 발포 현장 주변에는 "화기취급 주의 또는 경고" 등의 안내표시를 하고 소화기구를 비치하며, 발포 현장이 지하공간 또는 냉동창고 등과 같은 실내인 경우에는 정전대비 유도등 및 비상 조명기구를 설치하여야 한다.

(4) 발포작업에 대한 사전 안전교육을 다음과 같이 실시한다.
(가) 발포작업시의 화재 위험성
(나) 작업전 비상구 확인 및 비상시 대피 요령

(다) 여러 업체가 동시에 작업시 타 작업자와 의사소통

(5) 지하실, 냉동창고 등과 같이 밀폐된 공간에서 작업하는 때에는 발포시 발생하는 유해가스가 제거되도록 강제 급기 및 배기장치를 설치하여야 하다.

(6) 싸이클로펜탄 등 인화성이 매우 높은 발포제를 사용하는 경우 발포 현장에서 사용하는 전기기계기구는 방폭형이어야 한다.

(7) 우레탄폼을 화학공정 장치 및 설비 등의 외부단열용으로 사용할 경우에는 다음과 같은 보호대책을 수립하여야 한다.

(가) 햇빛의 자외선과 악천후로부터 보호대책

(나) 물리적 충격으로부터 보호대책

(다) 점화원으로부터 보호대책

5.3 발포작업 중

(1) 시공자는 우레탄폼 취급 장소에서의 화재를 예방할 수 있도록 <부록 1>의 6단계 화재예방 안전수칙을 준수하여야 한다.

(2) 시공자는 설계자가 제시한 시방서, 설계도서 및 건축 코드 등에 따라 우레탄폼을 엄격하게 시공하여야 한다.

(3) 우레탄폼 발포 시에는 우레탄폼 원료 제조자 및 공급자가 제공하는 안전보건정보를 준수하여야 하며, 발포 작업이 이루어지는 대상물의 온도가 5 ℃ 이하인 경우와 32 ℃ 이상인 경우에는 가급적 시공을 피하여야 한다.

(4) 인화성물질의 증기 또는 가연성가스가 체류할 수 있는 지하공간 또는 냉동창고 등 발포작업이 이루어지는 건축물 내부에는 인화성물질의 증기 또는 가연성 가스농도측정 및 경보장치를 이용하여 다음과 같은 경우 가스농도를 측정하도록 하여야 하며, 가스의 농도가 폭발하한계 값의 25 % 이상인 때에는 즉시 근로자를 안전한 장소에 대피시키고 화기 기타 점화원이 될 우려가 있는 기계·기구 등의 사용을 중지하며 통풍·환기 등을 하여야 한다.

(가) 매일 작업을 시작하기 전
(나) 인화성물질의 증기 또는 가연성가스에 대한 이상을 발견한 때
(다) 인화성물질의 증기 또는 가연성가스가 발생하거나 정체할 위험이 있을 때
(라) 장시간 작업을 계속하는 때

(5) 발포 시에는 흡연 또는 용접 등과 같은 화기 작업을 금지하고 지속적으로 화재 감시원이 감시하여야 한다.

5.4 발포작업 후

(1) 시공자는 발포작업 후에도 우레탄폼의 화재를 예방할 수 있도록 <부록 1>의 화재예방 안전수칙을 준수하여야 한다.

(2) 우레탄폼 표면의 상부 또는 우레탄 표면 등과 11 m 이내에서 화기작업을 수행하여야 할 경우에는 방화덮개 또는 방염포로 표면을 차단하고, 화재 감시원을 배치하여야 한다.

(3) 가연물인 우레탄폼이 적재 또는 시공되어 있는 장소에서 용접 등의 화기작업을 할 경우, 화기작업을 행하는 자는 KOSHA GUIDE (안전작업허가지침)에 따라 화기작업허가서 발행 등 사전 안전조치를 수행한 후 실시한다.

(4) 발포된 우레탄폼은 용접 또는 용단 중인 고열물 등과 접촉되지 않도록 주의하고, 우레탄폼을 벽체 및 천정 내장재로 마감할 경우에는 폼 표면 위에 12.5 mm 이상의 석고보드 또는 그와 동등한 성능을 갖는 불연재를 사용하여 내부를 점화원으로부터 격리하여야 한다.

(5) 이소시아네이트 및 폴리올을 혼합 발포한 후 혼합헤더 내부의 경화 방지를 위하여 메틸렌클로라이드(Methylene chloride) 등과 같은 인화성물질을 사용하여 청소하는 경우에는 인화성이 높은 유증기가 발생할 수 있으므로 주변의 점화원을 제거하여야 한다.

5.5 우레탄 원액 여분처리

(1) 사용하고 남은 이소시아네이트와 시스템폴리올을 밀폐용기에 넣고 서로 혼합할 경우 반응에 의한 압력이 발생하여 용기가 파열 또는 폭발할 수 있으므로, 분리하여 잔여분을 처리하여야 한다.

(2) 폐액이 담겨있는 폐액 밀폐용기는 파열 또는 폭발의 위험이 있으므로 반드시 압력이 상승하지 않도록 조치하여야 한다.

(3) 발포후의 우레탄폼은 가연물이므로 우레탄폼 조각 또는 쓰레기가 다량 적재되어 방치되지 않도록 청소하여야 한다.

6. 비상조치

(1) 우레탄폼을 취급하는 작업장에는 환풍기 및 소화기를 비치하여 만약의 사태에 대비토록 한다.

(2) 우레탄폼을 취급하는 작업장 및 당해 작업장이 있는 건축물에는 출입구외에 근로자가 안전한 장소로 대피할 수 있도록 1개 이상의 비상구를 다음과 같이 설치하여야 하며, 비상구에 문을 설치하는 경우에는 항상 사용 가능한 상태로 유지하여야 한다.
  (가) 출입구와 같은 방향에 있지 아니하고, 출입구로부터 3 m 이상 떨어져 있을 것
  (나) 작업장의 각 부분으로부터 하나의 비상구 또는 출입구까지의 수평거리가 50 m 이하가 되도록 할 것
  (다) 비상구의 폭은 0.75 m 이상으로 하고, 높이는 1.5 m 이상으로 할 것
  (라) 비상구의 문은 피난방향으로 열리도록 하고, 실내에서 항상 열 수 있는 구조로 하며, 내부 및 외부에는 비상구의 표시를 할 것

(3) 비상구・비상통로 또는 비상용 기구에 대하여는 비상용이라는 표시를 하고 근로자가 쉽게 이용할 수 있도록 관리하여야 한다.

(4) 우레탄폼을 취급하는 작업장으로 통하는 장소 또는 작업장내에는 근로자의 통행을 위한 통로를 설치하고 통로에는 75럭스 이상의 채광 또는 조명시설을 설치하고, 통로의 주요한 부분에는 통로표시를 하여야 한다.

(5) 우레탄폼을 취급하는 연면적이 400 m^2 이상이거나 상시 50인 이상의 근로자가 상주하는 실내작업장에는 비상시 근로자에게 신속하게 알리기 위한 경보용 설비 또는 기구를 설치하여야 한다.

(6) 화재발생시 즉시 화재경보를 발하고, 초기소화에 실패하는 경우 신속하게 안전한 장소로 대피할 수 있도록 근로자에게 주기적으로 소방교육 및 비상훈련을 실시하여 화재예방 및 대응활동에 대한 체제를 확립하여야 한다.

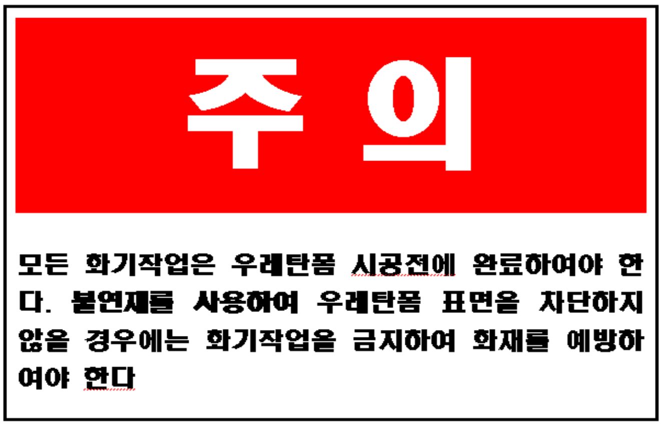
<부록>

6단계 화재예방 안전수칙

1 안전회의

다른 협력업체(근로자)와 안전회의를 실시한다.

2 경고주의



작업장 주변에 "경고·주의" 표지판을 부착한다.

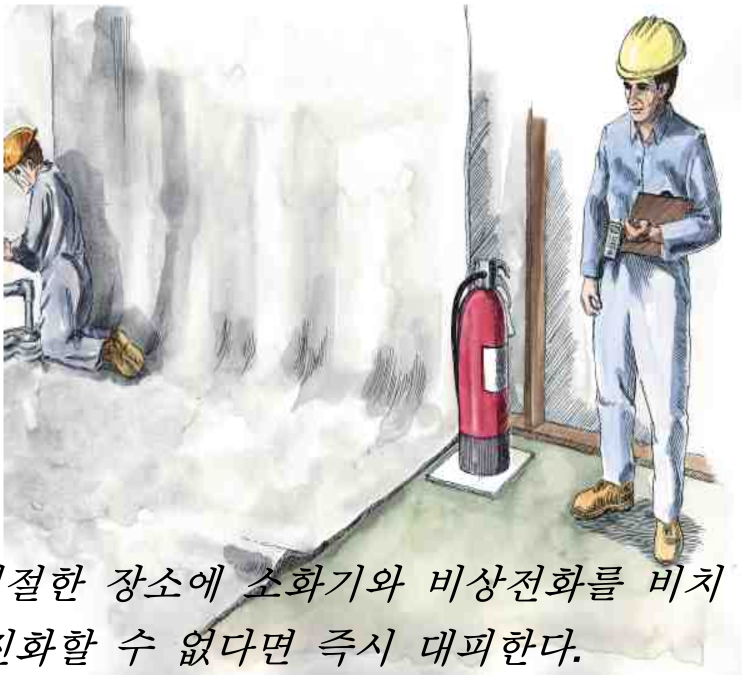
3 가연성물질 이전

가연성물질을 화기작업장에서 다른 안전한곳으로 옮긴다.

4 가연성물질 보호

가연성물질을 방화덮개 또는 용접방화포로 보호한다.

5 화재감시



화재감시원을 배치하고 적절한 장소에 소화기와 비상전화를 비치한다. 만약 화재를 초기 진화할 수 없다면 즉시 대피한다.

6 발포면 보호

발포후 가능한 빨리 발포면을 ***12.5 mm*** *이상의 석고보드와 같은 불연재로 보호한다.*