

KOSHA GUIDE

P - 11 - 2012

발포폴리스티렌의 취급 시
화재예방 기술지침

2012. 7.

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

○ 작성자 : 인천대학교 우 인 성

○ 개정자 : 최 이 락

○ 제 · 개정 경과

- 2009년 11월 화학안전분야 기준제정위원회 심의
- 2012년 7월 총괄 제정위원회 심의(개정, 법규개정조항 반영)

○ 관련 규격 및 자료

- 영국 HSE: (EPS(발포 폴리스티렌)에서 펜탄의 화재 및 폭발 위험)

○ 관련 법규 · 규칙 · 고시 등

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제232조 (폭발 또는 화재 등의 예방)

○ 기술지침 적용 및 문의

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

공표일자: 2012년 7월 18일

제 정 자: 한국산업안전보건공단 이사장

발포폴리스티렌의 취급 시 화재예방 기술지침

1. 목적

이 기술지침은 위험성이 높은 인화성가스를 사용하여 발포 폴리스티렌 비드와 완제품을 제조, 운송, 가공하는 설비 등의 화재 위험요인과 취급 시 주의사항 등을 제공하는데 그 목적이 있다.

2. 적용범위

이 기술지침은 펜탄과 같은 인화성가스를 사용하여 발포 폴리스티렌 비드와 완제품을 제조, 운송, 가공하는 각종 설비의 설치 및 운전에 적용할 수 있다.

3. 용어의 정의

(1) 이 기술지침에서 사용되는 용어의 뜻은 다음과 같다.

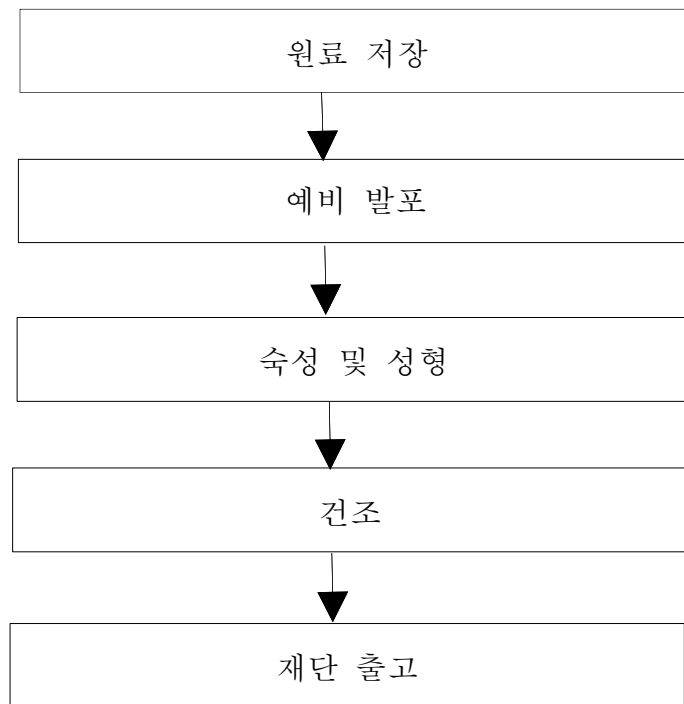
(가) “발포 폴리스티렌(EPS, Expanded polystyrene)”이란 폴리스티렌 수지에 펜탄 또는 부탄 등 탄화수소가스를 주입시킨 후 이를 증기로 부풀린 발포제품으로 스티로폼이라고도 불리며, 체적의 98%가 공기이고 나머지 2%가 수지인 재료를 말한다.

(나) “발포제(Blowing agent)”란 단독 또는 다른 물질과 조합으로 플라스틱 및 고무 내 다공질 구조(Cellular)를 유도하는 첨가제를 말한다.

(2) 그 밖에 이 기술지침에서 사용하는 용어의 뜻은 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 「산업안전보건법」, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 「산업안전보건기준에 관한 규칙」에서 정하는 바에 의한다.

4. 제조공정의 특성

EPS 제조공정은 <그림 1>과 같이 구성되며, 각 공정별 특성은 다음과 같다.



<그림 1> 발포폴리스티렌 제조공정도

- (1) 발포제가 들어있는 EPS 원료는 저장기간에 따라 발포제의 함량이 줄어들어 발포성이 떨어지고, 융착이 저하되는 등 그 물성이 변하기 때문에 발포제 함량이 떨어지지 않도록 낮은 온도에서의 저온 보관하는 공정을 “원료 저장 단계”라 한다.
- (2) “예비발포 단계”는 EPS 가공의 최초공정으로, 원료 비드를 증기로 가열·발포하는 단순한 공정이지만 발포입자의 겉보기 비중은 최종제품의 중량을 결정하게 되며, 발포입자의 상태는 최종제품의 성형성 및 물성에 크게 영향을 미치기 때문에 매우 중요한 공정이다.
- (3) 예비발포가 끝난 비드는 펜탄가스와 수증기의 혼합물로 가득 차게 되는데, 이것을 공기 중에 방치시켜 대기압과 비드와의 팽창계수를 맞춰주는 공정을 “숙성 단계”

라 한다.

- (가) 발포직후의 비드는 감압상태에 있고 부드럽기 때문에 외부의 충격에 쉽게 찌그러지므로 적절한 강도를 지니게 하고, 수분을 함유하고 있는 비드는 성형 시 충진을 방해하므로 수분을 충분히 건조시켜야 한다.
- (나) 예비발포 이후 일정시간 사일로 에서 숙성을 하게 되면 발포입자 내부로 공기가 침투하여 내외의 압력이 평형을 이뤄 잔존 발포제가 안정화된다.
- (4) “성형 단계”는 금형에 의해 성형되는 크기와 동일한 형상의 성형품을 얻어내는 공정이다
 - (가) 성형기에 발포입자가 가득 차 있는 상태에서도 입자간의 공간은 약 40% 남아 있는데, 증기를 이용하여 발포입자를 가열하는 공정이다.
 - (나) 이때 사용되는 증기는 약 108°C ~ 116°C, 0.04 ~ 0.08 MPaG의 포화수증기가 일반적이다.
 - (다) 성형기 금형 내의 발포입자를 가열하면 입자 내에 남아 있는 발포제의 기화 시 체적팽창에 의해 발포입자가 재발포되어 입자간의 공간을 메워 상호 열융착시킨다.
- (5) “건조 단계”는 성형이 완료된 제품의 표면, 내부에 함유된 수분을 증발시켜 제품의 탄성이나 특성을 강화시키는 공정을 말한다.
 - (가) 제품 내·외의 수분제거를 위해서는 건조실(약 50°C ~ 60°C)에서 일정시간 이상 건조하여야 한다.
- (6) “재단 및 출고 단계”는 성형이 완료된 블록상태의 제품을 사용규격에 맞는 두께로 열선(니크롬선)을 사용하여 절단하는 공정을 말한다.

5. 물질의 위험특성과 취급 시 주의사항

- (1) 가공되지 않은 EPS는 일반적으로 펜탄과 같은 인화성 가스를 포함하고 있어, 원료물질이 저장 및 운송되는 과정에서 일부 펜탄을 발산하며, 제조 후 잠시 동안 완제품에서 펜탄이 방출되는 경우도 있으므로 주의하여야 한다.

(가) 펜탄은 인화점이 - 50 °C이며 끓는점은 36 °C로 매우 인화성이 높고, 펜탄은 공기보다 무거운 무취의 물질이다.

(나) 일반적으로 EPS는 펜탄의 발산량을 가능한 한 줄일 수 있도록 고안된 용기에 포장되어 배송된다. 그러나 용기에서 일부 펜탄이 누출될 수 있고 포장을 개방할 때 발산량이 증가하게 된다.

(2) EPS 비드에서 펜탄을 취급하거나 사용할 때 꼭 알아야 할 필수적인 사항들은 다음과 같다

(가) 펜탄은 285 °C보다 높은 온도의 표면(예: 전구)과 접촉할 때 인화되므로, 고온과 접촉하지 않도록 하여야 한다.

(나) EPS를 사용하거나 저장하는 모든 장소에서는 흡연을 금한다.

(다) 겨울에 사용하는 임시 가열기는 EPS 비드가 저장된 곳에서 화재를 유발할 수 있으므로, 현장관리자는 작업현장의 모든 설비를 점검하여야 한다.

(라) 간이 배선이나 휴대용 전동기구는 펜탄의 인화를 유발할 수 있으므로 이들 설비는 사용하지 않도록 하되, 부득이하게 사용할 경우에는 철저한 통제 하에 사용하도록 한다.

(마) 전기 스위치, 통풍 팬 등이 펜탄의 인화성 증기가 발생할 수 있는 곳에서 사용할 수 있는 것인지 확인하여야 한다.

(바) 가스 누출감지기를 모니터링 하여, 펜탄의 국부과열점이 발생할 가능성이 있는 곳을 식별하고 농도를 측정하여야 한다.

(사) 난연성 EPS와 일반적인 EPS 모두에서 펜탄 등 발포제에 의한 위험이 존재하므로 주의하여야 한다.

6. 공정의 위험 및 예방

6.1 원료하역

안전한 하역을 위하여 공급자가 제공하는 물질안전자료(MSDS) 정보의 안전취급 방법과 다음을 준수하여야 한다.

(가) 작업 장소에서 흡연을 금하고, 그 외의 점화원을 제거한다.

(나) 펜탄 등이 방출될 수 있도록, 하역 전에 용기나 트럭을 개방된 채로 방치하거나 강제 환기 시켜야 한다.

(다) 환기가 잘되는 장소에서 하역한다.

6.2 원료 저장

발포 폴리스티렌 비드는 공장의 저장실에서 발포제 펜탄을 발산하게 되므로, 다음을 준수하여야 한다.

(가) 발포 비드를 포함하는 포장상자는 환기가 잘되는 장소에 보관한다.

(나) 저준위 통풍구(Low-level vent)를 사용하여 환기가 잘되는 지역에서 프리폼(Pre-foam)을 보관한다. 시간당 필요한 환기량은 식 (1)에 따라 산출하며, 추가적인 환기가 필요한지를 결정할 수 있다.

$$y = \frac{2W}{V} \dots\dots\dots (1)$$

여기에서

y = 시간당 필요한 환기횟수 [회/hr]

W = 물질의 질량 [ton]

V = 저장지역의 체적 [m³]

예로써, 만일 결과가 시간당 6회 이하의 기체 변화가 필요할 경우, 일반적인 환기에 의존할 수 있다.

6.3 사전 팽창

발산되는 펜탄 증기는 혼합되어 인화성이 감소되지만 잠재적 화재 위험이 있기 때

문에 펜탄/수증기 혼합물을 외부로 환기시켜야 한다.

6.4 숙성 저장(Silo)

(1) 숙성 사일로(Silo)의 상부에 폭발성 혼합물이 생성될 수 있으므로, 직물 사일로 구조물에서는 다음을 준수하여야 한다.

(가) 접지된 구조에서 자연적인 직물이나 전도성 직물을 사용하도록 한다.

(나) 가스 탐지기(영구적으로 설치된 탐지거나 주기적인 점검(표본점검)을 위한 휴대형 탐지기)를 구비하여 사용하도록 한다.

(다) 표본점검 결과에 근거하여 환기형태를 결정하고, 사일로 주변의 저준위에서 환기 시키도록 한다.

(2) 금속 사일로 구조물에서는 다음을 준수하여야 한다.

(가) 물질안전보건자료(MSDS)에 표시된 LEL(최소폭발한계) 이하로 펜탄의 농도를 유지하도록 환기 시킨다.

(나) 금속 구조물이 견고하고 폭발 안전장치를 갖추고 있으며, 상부의 안전한 장소로 환기가 되고 있음을 확인한다.

(다) 접지가 되어 있는지를 확인한다.

(라) 가스 탐지기를 구비하여 사용한다.

6.5 운반 덱트

비드가 건조할수록 더 위험하지만, 정전기로 인한 실질적인 화재 위험은 항상 존재하므로, 다음을 확인하여야 한다.

(가) 구부러지는 부위를 포함하여 덱트의 모든 부분이 접지되어야 하며, 모든 덱트에 접지 연속성(Earth continuity)이 있어야 한다.

(나) 가능한 가장 낮은 속도로 제품을 운반하여야 한다.

6.6 성형공정

성형공정에서는 증기가 유입되어, 화재·폭발 위험을 감소시킨다. 하지만 성형 이후에는 EPS블록이 건조되어 몇몇 펜탄 증기를 방출하게 된다. <식 1>의 시간당 필요한 환기량 계산 공식을 사용하여 저준위에서 충분한 환기가 이루어지고 있는지를 확인한다.

6.7 절단과 형성

열선 절단과정에서 사업장당 매년 약 10회의 화재가 발생한 것으로 알려져 있다. 화재를 예방하기 위하여 다음을 확인한다.

(가) 강제 통풍을 이용하여 노출 선을 냉각한다.

(나) 컨베이어가 정지할 경우, 열선 전원이 단락 될 수 있도록 블록 운송 시스템을 연동한다.

(다) 전기 오류 탐지장치를 제공하여 열선이 과열되는 것을 방지하고 이를 정기적으로 점검한다.

(라) 이산화탄소나, 건조·분말 소화기를 현장에서 이용할 수 있도록 하고 근로자들에게 사용법을 교육한다.

6.8 완제품 저장

완제품 저장과정에서도 펜탄이 발산될 수 있으므로 다음 사항을 확인하여야 한다.

(가) 완제품이 저장된 지역을 화재 위험 지역으로 취급한다.

(나) 열 또는 화기작업을 안전작업허가로 철저히 통제한다.

(다) 주변에 다른 가연성 물질을 치운다.

(라) 성형 이후에는 환기가 잘되는 장소에서 완제품을 저장한다.

6.9 폐기물 재활용

재활용 폐기물에서 인화성 증기가 발산될 수 있으므로 환기가 잘되는 장소에서 재활용 스크랩을 보관하고 관리하여야 한다.

6.10 열작업

- (1) 전동공구를 사용한 연마·절단 작업 및 공정상에서 이루어지는 열작업은 점화원이 될 수 있다. 때로는 열작업이 끝난 이후에, 잔여 열이 인화를 유발할 수 있으므로 다음을 확인한다
 - (가) 펜탄이 축적될 수 있는 지역에서는 안전작업허가 승인 시스템 등을 사용하여 열작업을 관리한다.
 - (나) 열작업 장소에서는 화재를 유발할 수 있는 물건을 치우도록 한다.
- (2) 열작업 장소에서는 작업이 끝난 이후 약 한 시간 동안 초기 화재를 관찰하는 것이 좋다.

7. 교육훈련 및 점검

7.1 교육훈련

여러 예방조치를 하였더라도 화재의 위험이 완전히 제거되지 않으므로, 미리 화재 위험을 검토하고 사고대비 계획을 준비한 후 근로자를 교육하는 것이 바람직하다.

- (가) 모든 사원에 대한 초기훈련과 계속적인 훈련을 시험할 지침과 요구사항이 있어야 한다. 이것들은 적어도 1년에 한 번씩, 모든 공정의 변경 후에 경영자 검토를 받도록 하여야 한다.
- (나) 직원은 작업장의 화재위험에 대하여 주의 깊고, 철저한 지시를 받아야 한다. 설비나 공정이 실패하는 경우 근로자의 올바른 대처는 화재의 발생을 줄일 수 있다.

7.2 점검

- (1) 게재된 항목의 안전작동은 철저하고 체계적으로 그리고 정기적으로 점검하여야 하고, 공장 관리자에게 제출하여 검토받아야 한다.
- (2) 점검은 일정한 자격을 갖춘 사람이 수행하여야 하며, 점검결과 기록과 권장사항을 기록하여 보존하여야 한다.