

KOSHA GUIDE

E - 21 - 2012

폭발위험장소에서의 폭발방지에 관한 기술지침

2012. 6

한국산업안전보건공단

안전보건기술지침의 개요

- 작성자 : 충북대 안전공학과 김 두현
- 개정자 : 한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원 안전연구실

○ 제·개정 경과

- 2009년 11월 KOSHA CODE 전기분야제정위원회 심의
- 2012년 4월 전기안전분야 제정위원회 심의(개정)

○ 관련규격 및 자료

- KOSHA GUIDE E-105-2012(가스폭발위험분위기에서의 전기설비 설계, 선정 및 설치에 관한 기술지침)
- BS EN1127-1:2007 Explosive atmospheres-Explosion prevention and protection

○ 관련법령·고시 등

- 산업안전보건기준에 관한 규칙 제2편 제3장(전기로 인한 위험방지))

○ 기술지침 적용 및 문의

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

공표일자 : 2012년 6월 20일

제 정 자 : 한국산업안전보건공단 이사장

폭발위험장소에서의 폭발방지에 관한 기술지침

1. 목적

이 가이드는 폭발을 일으킬 수 있는 위험한 상황에 대한 검증 및 평가 방법과 이에 의한 안전설계 및 공사방법에 관한 사항을 기술함을 목적으로 한다.

2. 적용범위

- (1) 이 가이드는 잠재적인 폭발위험이 있는 장소에서 사용하는 전기설비 및 보호시스템과 그 구성요소에 대하여 적용한다.
- (2) 이 가이드는 의료용 장비, 폭발성물질 또는 불안정한 화학물질, 가정용 기기, 개인용보호기기, 차량 등의 수송수단 등은 적용하지 아니 한다.

3. 정의

- (1) 이 가이드에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.
 - (가) “폭발 위험 분위기(Hazardous explosive atmosphere)”란 폭발을 일으키는 분위기, 폭발하거나 손상의 원인이 되는 것을 말한다.
 - (나) “오작동(Malfunction)”이란 장비, 보호시스템 및 구성요소가 의도되는 기능을 실행하지 않는 상태를 말한다.
 - (다) “분광영역(Spectral range)”이란 다이내믹 투과가 지정된 최소값보다 큰 파장영역을 말한다.
 - (라) “방사전계(Radiation field)”란 전파의 방사계를 말하며, 예를 들면 안테나 가까이에서는 정전계, 유도전계 및 방사전계가 있고 이에 수반하여 유도 및 방사 자계가 존재한다. 그러나 수 파장 이상의 거리가 되면 방사전계 및 방사 자계가 방사의 주성분이 된다. 이 전계 및 자계는 서로 관련하여 존재하

므로 일괄해서 방사 전자계(방사전계)라고 한다.

- (마) “피뢰 도체(Lightning conductor)”이란 돌침부, 접지극 및 그 양쪽을 잇는 도체로 이루어지는 피뢰시스템을 말한다. 일반적으로 피뢰 시스템의 보호각 이내의 뇌격에 의해 생기는 화재, 손상 또는 인축에 주는 상해를 방지하는 역할을 하며, 건축물 또는 굴뚝, 탑, 기름 탱크 등의 시설물의 뇌격 방지를 위해 설치한다.
- (바) “X선관(X-ray tube)”이란 X선을 발생시키기 위한 진공관을 말한다. 음극은 텅스텐 필라멘트로, 전류에 의해 가열하여 열전자를 방출시킨다. 이에 대하여 양극에 수만 볼트 이상의 양(+)의 고전압을 가하면 전자류는 고속으로 양극을 향해서 운동하고, 텅스텐, 몰리브덴 등으로 만든 대향극에 충돌했을 때 X선으로 에너지를 방출한다.
- (사) “전기음향 변환기(Electroacoustic transducer)”란 전기에너지를 음향에너지로 변환하거나 음향에너지를 전기에너지로 변환하는 장치를 말한다. 확성기, 수화기, 송화기, 마이크로폰 등은 모두 전기 음향변환기이다.

- (2) 그 밖에 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 이 지침에서 특별히 규정하는 경우를 제외하고는 산업안전보건법, 같은 법 시행령, 같은 법 시행규칙 및 안전보건규칙에서 정하는 바에 따른다.

4. 위험성평가 요소

4.1 일반사항

- (1) 위험성평가에는 다음 사항을 포함하여야 한다.

- (가) 위험 확인
- (나) 폭발 분위기의 발생 확률 결정
- (다) 폭발 분위기를 발화시킬 우려가 있는 점화원의 존재와 가능성의 확인
- (라) 폭발의 영향을 결정
- (마) 위험성평가
- (바) 위험감소를 위한 대책 고려

(2) 복잡한 장비, 보호시스템 및 구성요소, 개별단위로 구성된 설비와 설비확장을 위하여 포괄적인 접근을 취해야 한다. 위험성평가는 다음과 같은 발화와 폭발위험을 고려해야 한다.

- (가) 장비, 보호시스템 및 구성요소
- (나) 장비, 보호시스템 및 구성요소와 취급 물질 사이의 상호 작용
- (다) 장비, 보호시스템 및 구성요소에서 수행되는 특정 산업공정
- (라) 장비, 보호시스템 및 구성요소의 다른 부품에서의 개별공정 상호작용
- (마) 장비, 보호시스템 및 구성요소의 주변과 이웃하는 공정과의 상호작용

4.2 폭발 분위기의 발생 빈도 및 크기의 결정

(1) 폭발위험 분위기의 발생은 다음과 같은 사항에 의존한다.

- (가) 인화성 물질의 존재
- (나) 인화성 물질의 분산도
- (다) 공기 중 인화성 물질의 농도(폭발범위 내)
- (라) 발화에 의해 부상이나 손상을 일으킬 수 있는 충분한 폭발 분위기의 크기

(2) 물질의 화학반응, 열분해 및 생물학적 진행을 통한 폭발 분위기의 형성과 위험한 폭발 분위기의 발생가능성을 평가해야 한다.

(3) 가스와 증기는 폭발 분위기를 형성하기 위한 분산도를 가지고 있다. 미스트와 분진에서는 방울이나 입자 크기가 1 mm 이하에서 폭발 분위기를 생성할 수 있다.

(4) 대기 중에 분산된 인화성 물질의 농도가 최소값(폭발하한계)에 도달할 때 폭발이 가능하며, 농도가 최대값(폭발상한계)을 초과할 때 폭발은 일어나지 않는다.

(5) 분진의 축적 및 분산분위기에 따라 분진농도는 변하며, 가연성 분진의 침전물이 존재할 때 폭발 분위기의 형성을 고려하여야 한다.

(6) 폭발 분위기가 위험한 정도인지 아닌지에 대한 평가는 폭발의 영향에 따라 결정한다(4.4 참조).

4.3 유효한 점화원의 존재 결정

- (1) 점화원의 발화성은 인화성물질의 발화특성에 따르며, 발화 가능성은 정비 및 청소활동 등을 고려하여 평가하여야 한다. 만약 점화원의 발화발생 가능성이 평가되지 않는다면, 점화원이 항상 존재하는 것으로 판단하여야 한다.
- (2) 점화원은 다음과 같은 발화 가능성에 따라 분류한다.
 - (가) 점화원은 지속적으로 또는 자주 발생할 수 있다.
 - (나) 점화원은 드문 상황에서 발생할 수 있다.
 - (다) 점화원은 매우 드문 상황에서도 발생할 수 있다.
 - (라) 점화원은 정상 작동하는 동안 발생할 수 있다.
 - (마) 점화원은 전적으로 오작동의 결과로 발생할 수 있다.
 - (바) 점화원은 전적으로 드문 오작동의 결과로 발생할 수 있다.
- (3) 폭발 분위기는 고온표면에 접촉되면 발화될 수 있다. 점화원으로 작용하는 고온 표면 자체뿐만 아니라 고온표면과 접촉된 분진층이나 가연성 고체 및 고온표면에 의해 발화된 것도 폭발 분위기의 원인으로서는 작용한다.
- (4) 폭발 분위기가 오랜 시간동안 고온표면과 접촉하면 예비반응이 발생되어 발화의 축진을 도모한다. 그리고 화학반응으로 인한 온도상승을 고려해야 한다.
- (5) 화염, 고온 반응 생성물 또는 다른 높은 고온 가스는 폭발 분위기를 발화시킬 수 있다. 만약 폭발 분위기가 장비, 보호시스템, 구성요소나 인접한 설치 부품 내부뿐만 아니라 외부에 존재한다면 예를 들어 이런 장소에서 발화가 발생한다고 가정하면 불꽃은 덕트 같은 다른 개방된 곳을 통하여 확산될 수 있어 화염 전파 방지를 위한 보호 수단을 필요로 한다.
- (6) 장비, 보호 시스템 그리고 구성 요소에 이물질의 유입은 불꽃발생의 원인으로 간주할 수 있다. 마찰, 철제 금속 그리고 세라믹 사이에서는 마찰 불꽃과 같은 고온표면과 불꽃을 일으킨다. 녹의 영향과 경금속(알루미늄과 마그네슘)은 폭발 분위기의 발화 원인인 테르밋 반응을 발생시킨다.

- (7) 전기기기에서는 전기 불꽃과 고온 표면이 발화 원인으로서는 발생할 수 있다. 전격에 대한 개인 보호를 위해 설계된 낮은 전압은 폭발성 위험성을 발화하기에 충분한 에너지를 발생시켜 주의해야 한다.
- (8) 표류전류는 다음 사항과 같이 시스템의 부품이나 도전시스템에 흐를 수 있다.
- (가) 발전소 전원설비로부터의 귀로전류
 - (나) 전기적인 고장으로 인한 단락이나 지락의 결과
 - (다) 자기의 영향으로 인한 결과
 - (라) 번개의 결과
- (9) 표류전류가 흐를 수 있는 시스템의 부품이 분리, 연결, 교락되면 폭발 분위기가 전기 스파크나 아크가 발생되어 발화된다. 그리고 음극 부식 방지가 사용 될 때에도 발화 위험이 있다.
- (10) 정전기의 브러시 방전은 거의 모든 폭발성 가스와 증기 분위기를 발화시킬 수 있다. 그리고 스파크, 전파 브러시 방전, 콘 방전 그리고 구름 방전은 방전 에너지에 따라 폭발 분위기의 모든 형태를 발화할 수 있다.
- (11) 폭발 분위기에 번개가 치면 발화될 수 있으며, 피뢰도체에 따라 온도 상승효과로 발화가 발생할 수 있다.
- (12) 모든 도전성의 부품은 방사 전계에서 수신 안테나로서의 기능이 있다. 만약 수신안테나가 크다면 폭발 분위기를 발화시킬 수 있다.
- (13) 분광영역의 방사선은 특히 초점이 맞혀질 때 폭발 분위기나 고체 표면의 에너지 흡수를 통하여 발화의 원인이 된다. 통신, 거리 측정장치 등 레이저 방사에서의 빔의 에너지나 전류밀도는 발화를 가능하게 한다.
- (14) X선관과 방사선 물질에 의해 발생된 전리방사선은 에너지 흡수로 인해 분진입자가 있는 폭발 분위기를 발화시킨다.

- (15) 초음파 사용의 경우, 전기음향 변환기에 의해 방출되는 큰 에너지는 고체나 액체물질에 의해 흡수되어 초음파에 노출된 물질은 극단적인 경우 발화된다.
- (16) 단열이나 단열 압축 그리고 충격파의 경우 높은 온도가 발생하여 폭발 분위기나 축적된 분진을 발화시킨다. 온도상승은 압력차 보다는 압력 비율에 의해 결정된다.
- (17) 발열 반응은 열 발생의 비율이 주변에서 열 감소 비율을 초과 할 때 점화원으로 작용하여 폭발 분위기를 발화하고 혼소나 연소를 발생시킨다. 화학반응이 높은 온도에 도달할 수 있는지는 표면에 대한 부피비, 주위온도 그리고 체류시간에 따라 결정된다.

4.4 폭발영향의 추정

- (1) 폭발사고가 발생한 경우, 다음 영향을 고려해야 한다.

- (가) 화염
- (나) 복사열
- (다) 압력과
- (라) 비산물
- (마) 유해물질의 방출

- (2) 4.4.(1)의 결과는 다음 사항과 관련된다.

- (가) 인화성 물질의 화학·물리적 특성
- (나) 폭발 분위기의 양과 제한
- (다) 주변의 기하학적 형상
- (라) 용기 및 지지물의 강도
- (마) 위험에 처한 개인용 보호 장비
- (바) 위험에 처한 물체의 물리적 특성

5. 위험감소

5.1 근본원리

- (1) 폭발은 폭발 분위기의 생성과 점화원의 일치가 필요하며 이는 예상되는 폭발영향은 폭발방지의 기본원칙에 즉각 적용할 수 있다.

(가) 예방

- ① 폭발 분위기 생성 방지. 이 방법은 인화성물질의 농도를 폭발범위 밖으로 하거나 또는 산소의 농도를 한계농도이하(LOC)로 하는 방법이다.
- ② 유효한 점화원의 회피

(나) 방호

구조적인 방호수단으로 폭발의 영향을 제한해야 한다.

- (2) 위험감소는 예방이나 보호원리 중 하나를 적용하며, 폭발 분위기의 회피는 항상 첫 번째로 선택해야 한다.
- (3) 폭발방지 계획에서 시동과 정지를 포함한 정상작동을 고려해야 한다.

5.2 폭발 분위기의 회피 또는 감소

- (1) 폭발방지의 기본은 인화성 물질의 농도제한(폭발범위 회피)이나 불활성 물질에 의한 가연성 물질의 대체방법이다.
- (2) 가연성 물질은 폭발분위기를 형성할 수 없는 물질이나 비가연성 물질로 대체한다.
- (3) 폭발 분위기를 형성하는 취급물질의 회피가 불가능할 경우 장비, 보호시스템 및 구성요소 내부에 위험한 폭발 분위기의 형성은 양 또는 농도를 제어수단으로 사용함으로써 예방되거나 제한할 수 있다. 이때 가연성 물질의 농도는 폭발상한 이상이거나 폭발하한 이하여야 한다.

(4) 불활성 가스, 수증기, 가공제품과 병용하는 불활성 분말물질 등의 첨가는 폭발분 위기의 형성을 예방할 수 있다. 수증기는 응축영향을 고려하고, 불활성 가스는 대기 중의 산소농도 감소를 고려해야 한다.

(5) 장비, 보호시스템 및 구성요소의 설계와 구조에 관한 사항은 다음과 같다.

(가) 인화성 물질을 담는 장비, 보호시스템 및 구성요소는 기획단계에서 폐쇄 시스템으로 이러한 물질을 관리하도록 만들어야 한다.

(나) 기본적으로 연속공정보다는 배치공정을 선호하되, 인접하여 설치되는 공정은 위험한 영향이 발생하지 않는 방법으로 수행하여야 한다.

(다) 가연성 물질의 누출로 인한 장비, 보호시스템 및 구성요소의 외부 폭발위험을 최소화하기 위해서는 누설이 없도록 설계, 조립, 작동되어야 한다.

(라) 환기는 가연성 가스와 증기방출의 영향을 조절하는 데 가장 중요하다. 이것은 장비, 보호시스템 및 구성요소 내·외부에서 사용된다. 분진의 환기는 상당한 보호를 제공하고 위험한 가연성 분진의 축적을 확실하게 보호한다.

(마) 가연성 분진의 축적은 가능한 피해야 한다.

5.3 점화원 회피를 위한 장비, 보호시스템 및 구성요소의 설계 및 구조 요구사항

(1) 폭발위험장소에서 장비, 보호시스템, 구성요소를 사용할 때에는 발화 위험성을 점검해야 한다. 만약 발화위험이 있다면, 위험장소로부터 점화원을 제거해야 한다.

(2) 보호 조치의 범위는 폭발 분위기의 발생 가능성과 폭발의 예측결과에 따라 결정된다.

(3) 폭발 분위기의 형태 그리고 장비, 보호 시스템 및 구성요소는 다음 요구사항에 따른다.

(가) 폭발성 가스/공기, 증기/공기 그리고 미스트/공기 등 폭발 분위기에서 사용하는 장비, 보호 시스템 및 구성요소의 범주는 다음과 같다.

① 범주 3 : 지속적으로 자주 발생하는 점화원은 피해야 한다.

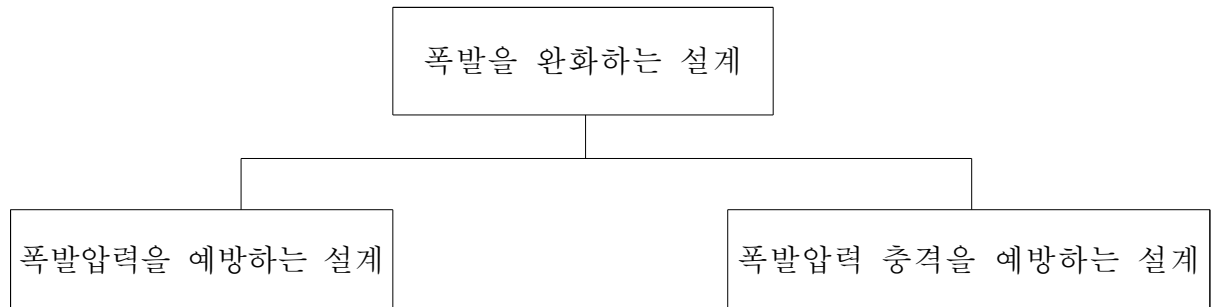
- ② 범주 2 : 범주 3를 위해 기술된 점화원의 회피 이외에 드문 상황에서 발생하는 점화원은 피해야 한다.
- ③ 범주 1 : 범주 2를 위해 기술된 점화원의 회피 이외에 매우 드문 상황에서 발생하는 점화원은 피해야 한다.

(나) 폭발성 분진/공기 분위기에서 사용하는 장비, 보호시스템 및 구성요소의 범주는 다음과 같다.

- ① 범주 3 : 지속적으로 자주 발생하는 점화원은 피해야 한다. 이는 분진 구름과 분진층 발화에 적용된다. 오랜 기간 열에 노출되는 동안 축적된 분진의 발화를 예방하기 위해 표면온도를 제한하는 것을 포함한다.
- ② 범주 2 : 범주 3를 위해 기술된 점화원의 회피 이외에 드문 상황에서 발생하는 점화원은 피해야 한다. 이는 분진층과 분진 구름 발화에 적용된다.
- ③ 범주 1 : 범주 2를 위해 기술된 점화원의 회피 이외에 게다가 매우 드문 상황에서 발생하는 점화원은 피해야 한다. 이는 분진층과 분진 구름의 발화에 적용된다.

5.4 폭발영향을 줄이기 위한 장비, 보호 시스템 및 구성요소의 설계와 구조 요구사항

- (1) 장비, 보호 시스템 및 구성요소는 안전수단까지 폭발 영향을 제한하는 방법으로 설계, 조립되어야 한다.
- (2) 폭발로부터 위험을 완화시키는 방법은 폭발을 방지하도록 설계, 폭발 제거, 폭발 억제, 화염과 폭발전이 등의 예방이 있다.
- (3) 폭발을 예방하는 설계 사항은 다음과 같다.
 - (가) 장비, 보호시스템 및 구성요소는 방산공 없이 내부 폭발에 견딜 수 있는 구조여야 한다. 최대폭발압력을 위한 설계, 폭발완화 또는 폭발억제와 함께 폭발압력을 감소시킬 수 있도록 설계를 해야 한다(그림 1 참조).



<그림 1> 폭발예방설계의 개념

- (나) 폭발 중에 장비, 보호시스템 및 구성요소의 내부가 부서진다면 다른 부분의 압력이 증가하여 압력 최대한도가 발생하므로 적절한 안전조치를 취해야 한다.
- (다) 폭발 압력을 완화하는 장비, 보호시스템 및 구성요소는 영구적으로 변형이 되지 않고 예상되는 폭발 압력을 견디도록 해야 한다.
- (라) 폭발 압력을 완화하는 장치, 보호시스템 그리고 구성요소는 예상된 폭발압력을 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.
- (4) 폭발완화는 폭발압력을 낮게 하기 위해 연소 또는 미연소 혼합물, 연소가스의 방출을 이용하는 보호원리이다. 이것은 장비, 보호시스템 및 구성요소의 파괴를 예방하기 위해 개구부를 제공해야 한다.
- (5) 폭발억제시스템은 폭발의 경우에 장비, 보호시스템 및 구성요소에서 빠르게 소화 약제를 주입함으로써 폭발이 최대폭발압력에 도달하는 것을 막는다. 이 방법은 감소된 폭발압력을 견디기 위해 설계된다.
- (6) 폭발 전이를 예방하기 위해 능동적이고 수동적인 장치를 사용해야 한다.
- (가) 가스, 증기 및 미스트의 폭발전이를 예방하기 위한 장치는 폭연 방지기, 화염 방지기, 폭발 방지기, 불꽃 역류 방지기 등이 있다.
- (나) 분진의 폭발전이를 예방하기 위한 장치는 회전밸브, 폭발 전환기, 폐색장치, 혼성 혼합물 장치 등이 있다.

5.5 비상대책을 위한 조항

(1) 특별 비상조치는 폭발방지를 위해 다음과 같이 요구된다.

- (가) 전체 공장 또는 일부의 긴급 폐쇄
- (나) 공장 부분의 긴급 비움
- (다) 공장 사이의 일부를 차단하는 물질홀림
- (라) 적절한 물질로써 공장의 부분 채움(질소, 물 등)

(2) 조치는 장비, 보호 시스템 및 구성요소의 설계, 조립시 폭발 안전개념으로 완성되어야 한다.

6. 사용정보

(1) 사용설명서 또는 장비, 보호시스템 및 구성요소에 정비내용이 포함된 사용에 관련된 정보를 제공해야 한다.

(2) 장비, 보호시스템 및 구성요소에 관한 정보는 다음과 같다.

(가) 폭발방지와 관련된 상세한 요소에는 다음의 사항을 포함해야 한다.

- ① 최대표면온도, 압력 등
- ② 기계적 위험에 대한 방호
- ③ 발화예방
- ④ 분진 축적의 방지 또는 제한

(나) 안전시스템에는 다음의 사항을 포함해야 한다.

- ① 온도 감시
- ② 진동 감시
- ③ 불꽃 검출 및 소화시스템
- ④ 불활성화 시스템
- ⑤ 폭발방출 시스템

- ⑥ 폭발억제 시스템
- ⑦ 공정차폐 시스템
- ⑧ 공정에서 발생된 과압(폭발이 아닌) 배기시스템
- ⑨ 화재감지 및 소화시스템
- ⑩ 폭발흡수시스템
- ⑪ 비상 정지시스템
- ⑫ 내폭발 설계

(다) 안전운전을 확보하기 위한 특별한 요구는 다음 사항을 포함할 수 있다.

- ① 적절한 부속품
- ② 기타 장비, 보호시스템 및 구성요소의 사용

(3) 폭발예방을 위한 시운전, 정비 및 수리에 관한 정보를 제공하기 위해 다음과 같은 주의가 요구된다.

(가) 기동 및 정지를 포함하는 정상작업 지침

(나) 장비, 안전시스템 및 구성요소의 안전한 개방을 포함한 체계적인 정비에 관한 지침

(다) 분진제거 및 안전작업 절차를 포함하는 청소에 관한 지침

(라) 고장 확인 및 필요한 조치에 관한 지침

(마) 장비, 안전시스템 및 구성요소의 시험에 관한 지침, 또한 폭발 후 포함

(바) 위험에 요구되는 조치에 관한 정보