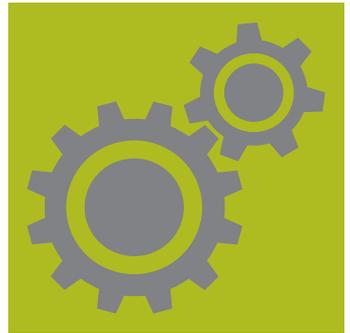
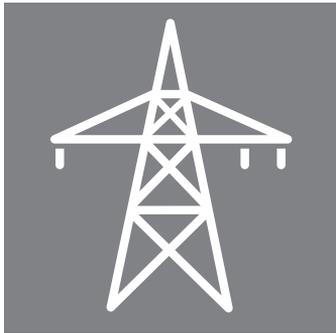
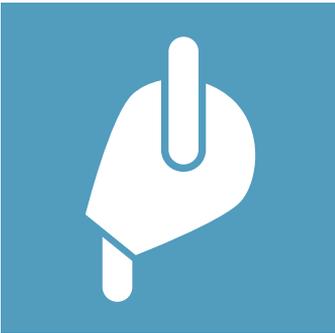


# 7 폭발 위험

위험요인 식별 및 평가 예방대책 시행



issa

INTERNATIONAL SOCIAL SECURITY ASSOCIATION

철강금속분과  
전기분과  
기계 및 시스템안전 분과

산업재해예방  
안전보건공단  
KOREA OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH AGENCY



# 중소규모 사업장용 위험성평가 가이드

## 7

## 폭발 위험

위험요인 식별 및 평가  
예방대책 시행



issa

INTERNATIONAL SOCIAL SECURITY ASSOCIATION

철강금속분과  
전기분과  
기계 및 시스템안전 분과

## 법적 책임과 한계

본 자료는 사업장의 자율적인 산업재해예방활동 증진을 목적으로 한국산업안전보건공단 (KOSHA)과 국제사회보장협회(ISSA)의 협약에 의해 제공하는 한글 번역본입니다.

본 자료에 소개된 법적 기준은 유럽연합(EU)에서 권장되는 사항으로서 한국과는 다를 수 있으며, 본 자료의 어떤 부분도 KOSHA와 ISSA의 서면 허가 없이 영리를 목적으로 복사, 복제, 전제 또는 배포할 수 없습니다.

## 출판 사항

- 저자: Stephanos Achillides,  
Department of Labour Inspection, Cyprus  
Dipl.-Ing. Daniela Gecelovská,  
Národný inšpektorát práce Košice, Slovakia  
Jürgen Gehre, ISSA,  
Section for Iron and Metal, Germany  
In cooperation with  
Dr. Martin Gschwind, Ake Harmanny, Ing. Klaus Kopia,  
Explosion Protection Group of the ISSA Section for Machine and  
System Safety
- 디자인: Media-Design-Service e.K., Bochum, Germany
- 제작: Verlag Technik & Information e.K.,  
Wohlfahrtstrasse 153, 44799 Bochum, Germany  
Tel. +49(0)234-94349-0, Fax +49(0)234-94349-21

2008년 3월 독일 인쇄

ISBN 978-3-941441-50-7

# 머리말

본 브로셔는 중소기업사업장에서 발생 가능한 작업장의 가스 및 분진폭발 위험요인을 확인하고 연관된 위험성을 평가하며 가능한 예방 및 방호조치를 권장하기 위하여 제작된 자료이다.

본 브로셔는 반응 폭주, 고성능 폭약의 폭발 또는 압력 용기의 파열과 같은 기타 유형의 폭발은 다루지 않는다.

본 브로셔는 다음과 같이 구성 되어 있다.

1. 기본 정보 - 원리
2. 위험성 평가 점검표(위험요인 확인)
3. 위험성 평가
4. 위험성 감소 - 개선대책 시행
5. 폭발 방지대책 관련 문서

본 브로셔와 같은 취지에서 작성된 연속 출판물(series)로서 이미 발간되었거나 준비 중에 있는 기타 주제는 다음과 같다.

- 기계 및 작업 장비로 인한 위험
- 전기로 인한 위험
- 전도와 추락
- 전신/손-팔에 가해지는 진동으로 인한 위험
- 유해화학물질
- 육체적 피로  
(예: 과도한 업무 및 편중된 업무)
- 소음
- 정신적 업무부담

# 1. 기본 정보 - 원리

## 1.1 | 폭발의 정의

폭발은 온도, 압력 또는 둘 모두를 동시에 증가시키는 급격한 산화나 분해 반응이다. [EN 1127-1].

따라서 가스 또는 분진 폭발은 가스/분진이 공기와 혼합되어 급속히 연소하는 결과로서 설명될 수 있다. 폭발 영향 중 일부로는 큰

소음과 벽을 붕괴시키고 창을 산산 조각 내는 압력파를 들 수 있다.

또한 연소열, 연기운 및 화구는 갑작스럽고 격렬한 가스 팽창에 의하여 발생하는 추가적인 치명적 영향이다.

## 1.2 | 폭발의 발생 원리

폭발을 일으키려면 연료(즉, 수소와 같은 가스 또는 밀가루와 같은 분진), 산화제(공기 중의 산소) 및 발화원(즉, 고온 표면 또는 전기 스파크)이 있어야 한다.

연료와 공기의 혼합 과정이 조성되고 연료의 농도가 폭발 한계 내에 있으면 그 혼합물은 발화원의 강도가 충분한 경우에는 발화될 수 있다.

## 1.3 | 폭발의 요소

인화성 가스가 방출되거나 인화성 액체 또는 증기가 누출 또는 인화성 분진이 작업 주위에 확산될 때 폭발성 분위기가 발생할 수 있다.

인화성 물질이 공기와 혼합되면 폭발성 분위기가 형성될 수 있다. 혼합물의 물질 농도가 폭발 한계(상한 및 하한) 내에 있으면 실효성 있는 발화원의 존재는 혼합물을 발화시키고 폭발을 일으킬 수 있다.

**폭발 하한(LEL)**은 폭발이 일어날 수 있는 인

화성 가스, 인화성 액체 증기 또는 분진과 공기의 최소 농도이다.

**폭발 상한(UEL)**은 폭발이 일어날 수 있는 인화성 가스, 인화성 액체 증기 또는 분진과 공기의 최대 농도이다.

농도가 폭발 하한보다 낮으면 폭발이 일어날 수 없다. 농도가 폭발 상한보다 높으면 혼합물이 너무 농후해져 폭발을 일으키기에 산소가 부족하게 된다.

온도와 압력도 인화성 한계에 영향을 미친

다. 온도가 높을수록 LEL이 낮아지고 UEL이 높아지는 반면 압력이 높아지면 두 값 모두 증가한다.

다음 표에는 폭발 한계의 일부 예가 나타나 있다.

인화성 물질	폭발 하한	폭발 상한
천연 가스	5 %	13 %
프로판	1,5 %	9,5 %
아세틸렌	2,5 %	81 %
설탕	30 g/m <sup>3</sup>	-
밀가루	30 g/m <sup>3</sup>	-

가스 또는 증기의 폭발 한계와 관련된 정보는 일반적으로 인화성 물질/제품의 제조업체 또는 수입업체가 제공하는 물질안전보건자료(MSDS)이나 기타 정보자료에 나와 있다.

실제로 분진의 UEL은 농도 한계에 의하여 폭발성 혼합물을 통제하기가 어렵기 때문에 분진에 유용하지 않아 알려진 것이 거의 없다. 대부분의 분진에서 전형적인 UEL의 범위는 2000 - 6000g/m<sup>3</sup>이다. 많은 분진의 LEL 정보는 예를 들어 GESTIS 웹사이트에서 확인할 수 있다. 분진 퇴적물이 분진운을 만들 수 있다는 점을 명심해야 한다. 예를 들어 열린 문에서 갑자기 불어 드는 공기나 소폭발 또는 전선관(cable tray)에서 떨어지는 분진 퇴적물이 원인일 수 있다.

1mm 미만 분진도 폭발성 분위기를 일으킬 수 있다는 점을 알고 있어야 한다.

폭발이 눈 깜짝할 사이에 일어나지만 이 순간에도 여러 단계를 거친다. 폭발에 의한 최초 충격파 폭풍, 폭발 용기의 비산 파편, 폭

풍 압력에 따른 벽, 지붕, 바닥, 문, 창 및 천장 일부의 붕괴가 일어날 수 있다. 또한 발생된 열로 인해 2차 화재, 화상 및 2차 구조적 붕괴/손상이 일어날 수도 있다. 더욱이, 충격파는 가스, 상수도, 전기 및 하수도 파이프에 심각한 손상을 일으킬 수 있다. 폭발의 영향은 심각하고 사람에게 치명적인 결과 및 막대한 재산 피해를 입힌다.

또한 폭발 중에 발생하는 유독성 반응 물질과 근로자를 질식사시킬 수 있는 대기 공기 중 산소 고갈도 매우 위험하다.

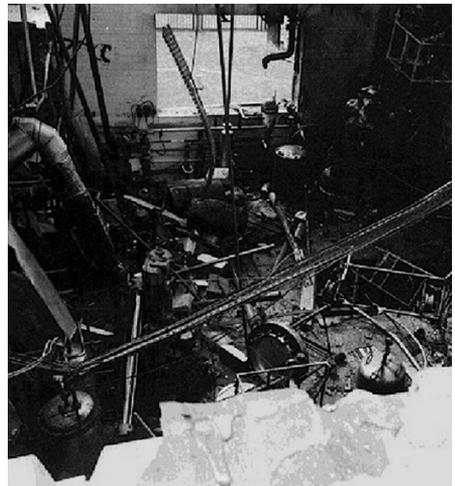


그림 1: 폭발의 결과

## 1.4 | 폭발의 원인

중소규모 사업장에서는 인화성 물질/공기 혼합물의 발화 가능성이 있는 다양한 발화원을 찾을 수 있다. 전형적인 발화원은 다음과 같다. 고온 표면, 화염 및 고온 가스, 연삭 또는 절단 작업 중 발생하는 기계적 스파크, 전기적 스파크, 정전기 등. 다른 발화원으로 낙뢰, 전자기장, 화학 반응 등이 있다.

다양한 유형의 발화원에 대한 자세한 설명이 유럽 표준 EN 1127-1에 나와 있다.

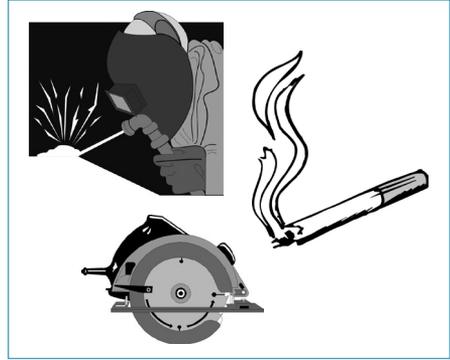


그림 2: 발화원

## 1.5 | 관련 유럽 법률

일반적으로 ATEX-137로 언급되는 위원회 지침 1999/92/EC(이후 “사용자 ATEX 지침”)는 폭발성 분위기로 인한 위험 가능성에 노출된 근로자의 안전 및 보건을 개선하는 데 필요한 작업장 조치의 법적 근거가 된다.

사용자 ATEX 지침에서는 폭발성 분위기로 인한 위험으로부터 근로자의 안전 및 보건을 위한 최소 요구사항을 정의하고 있다.

폭발 예방과 방호조치의 관점에서 사업주는 다음의 기본 원칙과 우선순위에 따라 작업 특성에 적합한 기술 및/또는 관리적 조치를 취해야 한다.

- 폭발성 분위기의 형성 예방 또는 작업 특성이 이러한 형성을 허용하지 않는 장소
- 폭발성 분위기의 발화원 제거
- 위험으로부터 근로자와 다른 사람의 안전 및 보건 확보를 위하여 폭발의 악영향 완화

일반적으로 ATEX-95로 언급되는 위원회 지침 94/9/EC은 폭발성 분위기에 사용하는 설비 및 방호 시스템의 필수 요구사항을 지정하고 있다.

## 1.6 | 위험 지역 구분

사용자 ATEX 지침의 관점에서, 만약 해당 근로자의 안전 및 보건을 위한 특정 방호 조치가

가 필요할 정도의 양으로 작업장에 폭발성 분위기가 발생하였다면 이 작업장은 위험 장

소라고 설명되며 이 작업장의 해당 대기는 **위험한 폭발성 분위기**라고 한다.

이러한 작업장에는 특정 경고 표지를 설치해야 한다. EX 표지는 인화성 물질로 인한 작업장 특정 구역에서의 폭발 위험을 근로자와 다른 사람에게 경고한다.



인화성 물질은 액체 증기, 가스 또는 인화성 분진 형태가 될 수 있다.

폭발성 분위기는 화학 산업, 정유 공장, 발전 회사, 가스 설비 등에서와 같은 여러 경제 활동 분야에서 발생할 수 있다. 중소기업 사업장의 경우 폭발성 분위기는 목재 가공 산업, 차량 도장 부스, 농장, 식품 가공 산업, 주유소 등에서 발생할 수 있다.

폭발성 분위기가 있는 것으로 확인되면 그 양과 발화에 따른 유해한 결과를 근거로 위험한 폭발성 분위기인지 판단해야 한다. 하지만 일반적으로 폭발은 엄청난 해를 끼치고 **위험한 폭발성 분위기**가 있는 것으로 간주할 수 있다.

위에서 언급한 원리에 근거하여 중소기업 사업장내에서 폭발 위험에 따른 위험성 평가를 수행해야 한다. 위험장소는 폭발성 분위기가 발생하는 빈도와 지속시간에 따라 구역을 확인하고 분류해야 한다.

예:

### 0종 구역

가스, 증기 또는 연무(mist) 형태의 인화성 물질/공기 혼합물로 구성된 폭발성 분위기가

지속적으로 또는 장시간 또는 빈번히 있는 작업장.

### 1종 구역

가스, 증기 또는 연무(mist) 형태의 인화성 물질/공기 혼합물로 구성된 폭발성 분위기가 정상적인 작업 조건에서 이따금 발생할 수 있는 작업장.

### 2종 구역

가스, 증기 또는 연무(mist) 형태의 인화성 물질/공기 혼합물로 구성된 폭발성 분위기가 정상적인 작업 조건에서 발생할 가능성이 낮고 발생해도 짧은 시간 동안만 지속되는 작업장.

### 20종 구역

공기 중 인화성 분진운 형태의 폭발성 분위기가 지속적으로 또는 장시간 또는 빈번히 있는 작업장.

### 21종 구역

공기 중 인화성 분진운 형태의 폭발성 분위기가 정상적인 작업 조건에서 이따금 발생할 수 있는 작업장.

### 22종 구역

공기 중 인화성 분진운 형태의 폭발성 분위기가 정상적인 작업 조건에서 발생할 가능성이 낮고 발생해도 짧은 시간 동안만 지속되는 작업장.

인화성 증기의 구역 범위와 등급을 결정하는데 널리 사용되는 표준으로 EN 60079-10이 있다. 이 표준에서는 누출될 수 있는 인화성 증기의 양, 이 위치에서의 환기와 구역등급 번호 간의 관계를 명확히 연관 짓고 있다.

다양한 기타 요인으로서 이들 구역에 대한 시간 한계를 정하려고 시도했지만 공식적으로 채택된 것은 아무 것도 없다.

사용되는 일부 공통 값의 예는 다음과 같다.

- **0종 구역** : 플랜트 가동 시간의 10% 또는 1000h/yr를 초과하는 폭발성 분위기
- **1종 구역** : 가동 시간의 0.1% 또는 10h/yr를 초과하되 가동 시간의 10% 또는 1000h/yr 미만인 폭발성 분위기
- **2종 구역** : 가동 시간의 0.1% 또는 10h/yr 미만인 발화원에 대한 충분한 통제가

요구되어지는 폭발성 분위기

h/yr(시간/년)으로 제공되는 수치는 연중 내내 플랜트를 가동하는 경우에 사용할 수 있다.

구역의 정의를 수량화하고자 하는 경우 이 값이 가장 적합하지만 대부분의 상황에서는 질적 측면의 접근방식이 적합하다.

또한 구역 분류는 위험 작업장에 사용되는 방호 시스템의 범주를 반영하여 방호 조치의 범위를 결정하는 데 사용될 수 있다.

## 2. 위험성 평가 점검표(위험 확인)

위험은 해를 끼칠 수 있는 무언가를 의미한다. (예: 화학물질, 전기, 사다리 작업, 개방된 배수구, 둥근 톱 등)

위험도는 이 위험과 기타 위험으로 인하여 누군가에게 해를 끼칠 수 있는 높거나 낮은 가능성과 더불어 얼마나 심각한 해를 끼칠 수 있는지 그 정도를 표시한다.

위험성을 평가하려면 폭발성 분위기의 가능성 및 잠재적 결과와 폭발에 따른 후속 발화를 고려해야 한다.

위험성 평가는 작업장의 폭발 위험을 확인하고자 다음 점검표를 수행할 수 있고 위험성 평가 후 적절한 예방 및 방호 조치를 찾을 수 있다.

폭발 위험요인	대책	비고
<p><b>일반사항</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> 인화성 물질(가스, 증기, 분진)이 있습니까?</li> <li><input type="checkbox"/> 공기 중에 축분된 화산되어 폭발성 혼합물이 생성될 수 있습니까? (폭발성 분위기의 원인과 양을 평가)</li> <li><input type="checkbox"/> 위험한 폭발성 분위기가 생성될 수 있습니까?</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 위 조차로 위험한 폭발성 분위기의 발생이 완전하게 예방됩니까?</p> <p><input type="checkbox"/> 위 조차로 위험한 폭발성 분위기의 발화가 안전하게 예방됩니까?</p> <p><input type="checkbox"/> 기타 _____</p>	<p><b>위험한 폭발성 분위기의 생성 제한 및 예방 조치</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 인화성 물질을 비인화성 또는 인화성이 덜한 물질로 교체한다.</li> <li>○ 작업장에 보관하는 물질의 양을 작업 과정에 필요한 정도로 제한한다.</li> <li>○ 작업/과대 근무를 마친 후에 생기는 폐기물, 잔류물을 안전한 곳에 즉시 보관한다.</li> <li>○ 다음과 같은 조치로 시스템 및 시스템 일부부의 내부 공간에 생성되는 폭발성 분위기를 예방 또는 제한한다. <ul style="list-style-type: none"> <li>- 온도 제한;</li> <li>- 불활성화</li> </ul> </li> <li>○ 다음과 같은 조치로 시스템 및 시스템 일부부의 인근에 생성되는 폭발성 분위기를 예방 또는 제한한다. <ul style="list-style-type: none"> <li>- 밀폐 시스템</li> </ul> </li> </ul> <p><b>배출 시스템:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가스: 환기(자연 또는 강제)</li> <li>- 분진: 퇴적을 제거 조치</li> <li>○ 가스 농도의 모니터링</li> <li>○ 위험한 폭발성 분위기의 발화 제한 또는 방지 조치</li> <li>○ 위험한 폭발성 분위기의 발생 확률 및 지속시간 평가(구역으로 분류)</li> <li>○ 구역 분류에 따라 해당 장비 범주에 적합하도록 전기 및 버전기 장치와 구성품을 선택해야 한다.</li> <li>○ 폭발물에 따른 영향을 무해한 수준으로 제한하는 방폭 설계 조치. <ul style="list-style-type: none"> <li>- 폭발 내압 설계</li> <li>- 폭발 방출</li> <li>- 폭발 억제</li> <li>- 상기 조치와 조합한 폭발 차단</li> </ul> </li> </ul> <p>○ 기타 _____</p>	

특별 위험요인	대책	비고
<p><b>발화원인</b></p> <p><input type="checkbox"/> 발화원이 있습니까?</p> <p>발화 위험의 원인:</p> <p><input type="checkbox"/> 화염 또는 고온 가스 (예: 출연, 화재, 노출된 화염, 응집 및 절단)</p> <p><input type="checkbox"/> 기계적으로 생성되는 스파크 (예: 연삭, 연마 및 충격 작업 중)</p> <p><input type="checkbox"/> 전기 시스템 (예: 스위치, 릴레이)</p> <p><input type="checkbox"/> 고온 표면 (예: 건조기, 보일러, 고온 덕트, 연마 및 기계 동작에 기인)</p> <p><input type="checkbox"/> 정전기 (예: 연마, 공기예 의한 물체 이송, 액체 흐름의 결과)</p> <p><input type="checkbox"/> 기타 _____</p>	<p><b>위험 지역 내 발화 위험의 초과적 예방</b></p> <p>- 인화기 용이한 물질의 작업 지역 내에 발화원이 없도록 한다.</p> <p>- 발화원을 방지하고 화재, 노출된 화염 및 흡연을 금지한다.</p> <p><input type="checkbox"/> 기계적으로 생성되는 스파크는 예를 들어 연삭 지점의 수빙 또는 기판 작업 조합의 재질을 선택하여 제한할 수 있다.</p> <p><input type="checkbox"/> 적합한 전기 장비를 선택합니다. (예: ATEX 95)</p> <p><input type="checkbox"/> 고온 표면의 온도를 모니터링 및 제한한다.</p> <p><input type="checkbox"/> 진도성 재질을 사용하고 잠지시켜 전하를 안전하게 제거한다.</p> <p><input type="checkbox"/> 기타 _____</p>	
<p><b>예방 장비</b></p> <p>폭발 위험(일반)이 잠재된 지역 내에서 화기 작업 (예: 연삭, 플레임 절단, 용접)</p> <p><input type="checkbox"/> 기타 _____</p>	<p><input type="checkbox"/> 이동이 가능한 인화성 물질을 제거하고 필요한 경우 분진 퇴적물을 제거한다.</p> <p><input type="checkbox"/> 적절한 선택 장비와 자재로 정기 세척하여 작업 구역을 청결히 유지한다.</p> <p><input type="checkbox"/> 제조자의 지침에 따라 정기적으로 전기 및 기계 장비를 정비한다.</p> <p><input type="checkbox"/> 기타 _____</p>	

### 3. 위험성 평가

수행해야 하는 예방 및 방호 조치는 아래 나 | 발생빈도 인자와 발생강도 인자로 결정할 수  
타나 있는 위험성 평가 매트릭스를 사용하여 | 있다.

	발생강도 인자				
	경미 (경상)	보통 (보통 부상)	중대 (중상 또는 사망)	파국 (다수 사망)	
발생빈도 인자	높음 (플랜트 수명 동안 적어도 1년마다 발생할 가능성)	4	5	6	7
	중간 (플랜트 수명 동안 두 번 이상 발생할 가능성)	3	4	5	6
	낮음 (플랜트 수명 동안 발생할 가능성이 낮음)	2	3	4	5
	매우 낮음 (발생할 가능성 이 거의 없음)	1	2	3	4

위 시나리오에서 예상 플랜트 수명은 20년 | 하는 필요한 조치와 소요시간은 아래 표에  
이다. 위 표에서 결정된 값을 근거로 취해야 | 나타난 바와 같다.

척도값	개선 대책 및 소요시간
1 - 2 (허용 가능한 위험성)	추가 통제 조치가 필요하지 않다. 가능한 개선 조치를 통한 비용/이득 관계 를 고려해야 한다. 통제 조치가 수행되는지 확인하는 확고 부동한 모니터링.
3 - 4 (위험성 완화가 필요)	제한 시간 내에 조치를 수행하여 위험도를 허용 가능한 수준으로 줄여야 한다.
5 - 7 (위험성 완화가 긴급하게 필요)	위험성이 완화될 때까지 작업 개시가 금지된다. 필요한 개선 조치를 취하는 것이 중요하며 이미 진행 중인 작업에서는 이 조치를 즉시 수행해야 한다. 위험성을 허용 가능한 수준으로 줄일 수 없는 경우 작업을 계속해서 금지해 야 한다.

## 4. 위험성 감소 - 개선 대책

### 4.1 | 소개

위험성 평가 결과, 작업장에 폭발 위험이 있는 것으로 나타나면 다음과 같은 대책을 수립하고 수행해야 한다.

- 위험을 제거
- 또는
- 위험을 허용 가능한 수준으로 줄임.
- 필요한 조치는 예방적 또는 방호적 성격이

되거나 둘이 조합된 것이 될 수 있다. 더욱이, 앞서 언급한 대책은 기술적 또는 관리적 대책이 될 수 있다.

#### 중요사항 :

중소규모 사업장에 책임자가 없어 이러한 예방 및 방호 조치를 수립할 수 없는 경우 사업주는 적절한 외부지원업체 또는 인력의 도움을 받아야 한다.

### 4.2 | 예방 대책

예방 조치의 목적은 폭발성 분위기의 생성을 예방하거나 발화원을 예방하여 가능한 경우 폭발 위험을 제거하는 데 있다.

이러한 예방 조치에는 다음이 포함된다.

#### 4.2.1 인화성 물질의 억제 또는 줄임

산업안전보건법의 예방 원리에 따르면 동 형태의 조치는 예방 계층 구조 중 상위를 차지한다. 하지만 많은 경우에 물질 자체가 중소기업 사업장의 특정 공정에 따른 결과이거나 하나의 성분으로서 공정 자체에 필수가 되어 인화성 물질을 비 인화성 물질로 교체할 수 없다. 이러한 경우 작업장에 보관하는 인화

성 물질의 양은 꼭 필요한 최소량으로 줄여야 한다.

인화성 물질은 적절히 라벨을 표시하고 발화원으로부터 멀리 떨어진 적합한 불연성 저장 용기에 보관해야 한다. 서로 반응하여 폭발을 일으킬 수 있는 혼합 금지 물질을 함께 보관해서는 안 된다.

#### 4.2.2 물질과 공기 혼합의 인화성 물질 농도를 폭발 한계 밖으로 유지

장치 외부의 폭발성 분위기 형성은 가능한 예방해야 한다. 이는 밀폐형 장치로 해결할 수 있다. 장치의 이들 부분은 누출 예방

을 위하여 충분한 밀폐 구조로 되어 있어야 한다. 장치는 예측되는 운전 조건에서 누출이 발생하지 않도록 설계되어야 한다. 또한 장치는 정기적인 정비와 시험을 통하여 밀폐 상태가 보증되어야 한다.

인화성 물질의 누출을 제거할 수 없는 경우 물질과 공기를 혼합한 인화성 물질 농도를 폭발 한계 밖으로 유지하도록 적절한 조치를 하여 폭발성 분위기 형성을 예방해야 한다. 그 가능한 조치로 환기와 세척 등이 있다.

특히 가스 또는 증기의 경우:

- 자연 환기(강제 형태의 기술적 수단을 사용하지 않는 공기 교환)
- 기계적 환기(직접적인 강제 형태의 기술적 수단을 사용하는 실내 환기)

분진의 경우 배출 조치는 장비의 분진 누출을 방지하는 데 효과적인 것으로 고려된다. 가급적 가연성 분진은 생성 지점에서 직접 배출해야 한다. 또한 적절한 유지 관리가 매우 중요하다. 가연성 분진 퇴적물은 적합한 세척 장비를 사용한 정기적인 세척 조치로 방지할 수 있다. 분진운이 생성될 수 있으므로 가연성 분진을 휘저어서는 안 된다. 제거 전에 가연성 분진을 습하게 하여 확산을 방지한다.

환기 시스템과 세척 작업의 효과에도 불구하고 추가 조치에 의한 완화 및 재평가가 요구되는 잔류 위험이 항상 있을 수 있음을 유의해야 한다.



그림3: 분진운을 제거하기 위한 부적절한/적절한 방법

#### 4.2.3 가연성 물질 입자/미세 입자의 크기 통제

이 조치는 분진/공기 혼합물에 사용할 수 있다. 인화성 물질의 입자가 충분히 큰 경우 (예: 0.5mm 초과) 폭발성 혼합물의 확률이 줄어든다.

#### 경고:

비록 굵은 물질이라도 미세 입자가 항상 존재하거나 마찰로 인해 생길 수 있다.

#### 4.2.4 잠재 발화원의 활성화 제거/통제

용접, 연삭, 흡연, 고온 표면, 전기 및 정전기 스파크, 기계적 스파크, 발열성 화학 반응 등과 같은 잠재적 발화원은 중소기업 사업장에서 흔히 발견되는 발화원이다.

운전상의 발화원과 설비/공정의 오작동 또는 오염으로 인한 발화원은 다음을 통해 활성화되는 것을 예방할 수 있다.

- 정전기 접지,
- 전도률이 낮은 물질과 물체는 피함,
- 비전도성 표면의 크기를 줄임,
- 분진 운송 및 충전 작업에 전기적 절연 내부 코팅이 되어 있는 전도성 파이프와 용기의 사용을 피함,
- 저속 기계 장비의 선택,
- ATEX 95 지침의 요구사항에 따라 전기 및 기계 장비를 선택. 설비는 위험한 작업장 환경 특성에 적합해야 함을



유의해야 합니다. 예를 들어, 가스 폭발성 분위기가 있는 지역에는 반드시 인증된 가스 설비만 사용해야 한다.

#### 4.2.5 폭발성 분위기의 감지

폭발성 분위기가 형성된 경우 적합한 감지 시스템을 사용하여 조기에 경고를 할 수 있다. 이 시스템은 전형적으로 인화성 물질/공기 혼합물의 농도가 LEL(폭발하한선)의 약 10%일 때 경보를 작동시킨다. 이러한 시스템은 비방폭 장비는 작동을 중단하고 배기 팬 등은 작동할 수 있다.

### 4.3 관리적 조치

예방조치의 효과는 관리적 조치와 결합된다면 높아질 수 있다.

관리적 조치는 기타 조치와 조화롭게 상호 작용하여 안전 및 보건 상의 위험이나 작업 활동에 따른 영향을 받을 수 있는 개개인의 위험 없이 근로자가 작업을 수행할 수 있는 작업 환경을 조성해야 한다.

흡연, 용접 또는 연삭과 같은 일반적인 발화원은 흡연 금지, 근로자에게 작업지침서 배포, 행동 강령 발행, 작업 허가서 발행, 적절한 교육 및 감독과 같은 적합한 관리적 조치로 통제할 수 있다. 가능한 관리적 조치에는 다음이 포함된다.



그림 4: 관리적 조치

### 4.3.1 작업 지침서 발행

작업 지침에는 사업주가 근로자에게 공지하는 행동 규칙을 포함해야 한다. 또한 관련 위험 작업장에 사용이 허가된 모든 이동식 작업 장비의 목록, 이러한 작업장으로 들어가는 개인이 착용해야 하는 개인 보호 장비도 표시되어야 한다.

### 4.3.2 교육

사업주는 근로자를 대상으로 작업장의 폭발 위험과 관련 예방 및 방호 조치에 대한 교육을 마련해야 한다. 이러한 교육은 작업을 시작하기 전, 작업 설명서가 변경된 경우, 새로운 작업 장비가 도입 또는 변경된 경우, 새로운 기술이 도입된 경우에 실시해야 한다.

예를 들어 폭발 위험의 발생 원리, 발생하기 쉬운 작업장 구역, 조치, 작업 장비의 올바른 사용 및 정비를 교육에서 설명해야 한다. 또한 근로자는 위험 구역 또는 그 인근에서 안전하게 작업하기 위한 방법도 교육 받아야 한다. 사업주는 중소기업도 사업장 방문객 및 하청업체와 같은 제3자에게도 폭발 위험에 대해 알려주어야 한다.

### 4.3.3 작업 허가 시스템의 적용

위험 구역 또는 그 인근에서 폭발을 일으킬 수 있는 작업은 작업 허가서 시스템을 거쳐 수행해야 한다. 책임자가 서명한 작업 허가서는 적어도 다음을 포함하여 발행해야 한다.

- 작업 위치.
- 수행할 작업의 설명 및 지속시간.
- 관련된 근로자의 수와 이름

- 사용할 작업 장비.
- 위험 식별.
- 수행에 있어 책임자가 확인한 예방 조치 목록.
- 필요한 개인 보호 장비.
- 관련 근로자가 해당 교육을 받았다는 확인.

예를 들어 위험 구역에서 정비 작업을 시작하기 전에 작업 허가서가 발행되어야 한다. 경험을 통해 볼 때, 높은 사고 위험은 정비 및 서비스 작업과 연관되어 있다. 작업 전, 작업 중, 작업 완료 이후에 취해야 할 모든 필요한 방호 조치를 확인해야 한다.

### 4.3.4 검사

폭발성 분위기가 발생할 수 있는 지역이 포함된 작업장을 처음 사용하기 전에 책임자가 전반적인 폭발 안전을 평가해야 한다. 어떤 지역에서 안전도에 영향을 미치는 변경이 이루어졌을 때와 문제가 되는 지역을 사용한 후에도 검사를 수행해야 한다.

### 4.3.5 감독

적절한 근로자의 감독은 폭발성 분위기가 발생할 수 있는 작업장에 근로자가 있는 동안 확실히 수행되어야 한다.

### 4.3.6 표시

위험 작업장의 출입 지점은 해당 경고 표지를 사용하여 올바르게 표시해야 한다. 1.6절을 참조

## 4.4 | 방호 조치

### 4.4.1 폭발 방호 조치

폭발 가능성을 허용 가능한 수준으로 제거할 수 없는 경우 추가 조치를 취해야 한다. 이 조치로 폭발이 방지되지는 않지만 장치 또는 기업 자체의 피해 또는 사상을 피하거나 줄이기 위하여 그 영향력을 최소화하는 데는 도움이 된다. 폭발의 간접적 영향은 다음과 같은 구조적 방호 조치로 제한할 수 있다.

- 폭발 내압 설계,
- 폭발 방출,
- 폭발 억제,

및

- 위 조치의 조합 형태의 폭발 차단.

사용하는 방호 시스템은 ATEX 95 지침과 부합되어야 한다.

### 4.4.2 폭발 내압 설계

이 조치가 적용될 경우 관련된 모든 플랜트 품목은 파열 없이 내부 폭발에 견딜 수 있도록 설계해야 한다.

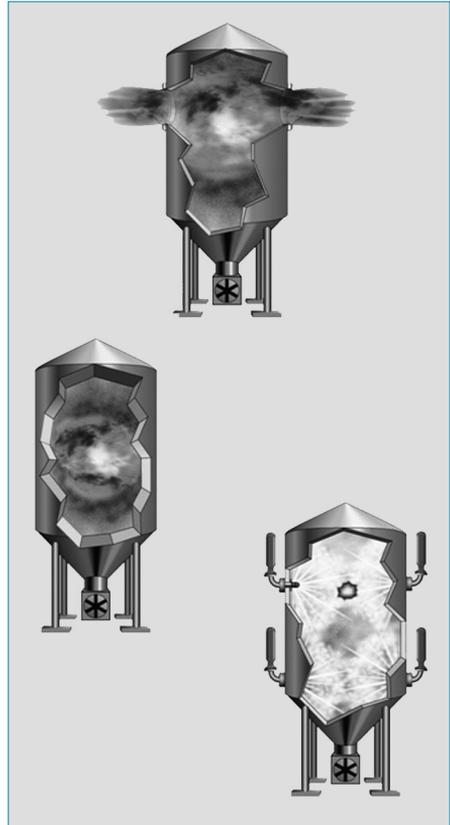


그림 5: 폭발 내압 용기(좌측), 폭발 방출(상단) 및 폭발 억제(하단 우측)

폭발 압력 내압 컨테이너와 용기는 영구 변형 없이 예상 폭발 과압에 견딜 수 있어야 합니다. 예상 폭발 과압에 근거하여 설계해야 한다.

폭발 내충격압 컨테이너와 용기는 내부 폭발 시 예상 폭발 과압에 도달하는 충격에도 영구 변형 없이 견디도록 제작해야 한다.

폭발이 있는 후에는 추가 작업을 하기 전 해당 플랜트의 변형 여부를 점검 및 확인한 다음 작업을 허가해야 한다.

#### 4.4.3 폭발 방출

폭발 방출은 당초 닫혀 있었던 용기 또는 장비를 비위험 방향으로 방출시키는 데 사용하는 모든 조치로 구성된다. 폭발 방출 장치는 플랜트/설치물이 설계 강도를 초과하는 폭발 응력을 받지 않도록 하는 장치이다. 이러한 방출 장치의 예로 파열판 또는 폭발문 이 있다.

하지만 방출물질이 예를 들어 유독성, 부식성 물질 등과 같은 위험 물질인 경우에는 폭발 방출을 할 수 없다.

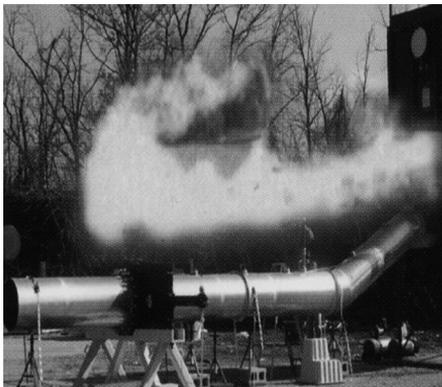


그림 6: 폭발 방출

#### 4.4.4 폭발 억제

폭발 억제 시스템은 폭발 방출의 경우처럼 용기 폭발 동안 허용 불가능할 정도로 높은 압력이 생성되지 못하도록 하는 장치이다. 그 기능으로서 폭발이 시작되는 동안 압력 상승 또는 화염 전파를 감지하고 소화제를 살포하여 폭발을 억제한다.

#### 4.4.5 폭발 차단

플랜트의 한 부분에서 발생하는 폭발은 상향류 및 하향류 부분으로 확산되어 추가 폭발을 일으킬 수 있다. 폭발이 확산되는 동안 치환, 난류에 의해 과도한 폭발 과압이 발생한다.

발생하는 폭발 과압은 정상적인 조건에서 최대 폭발 압력보다 훨씬 높을 수 있으며 장치의 방호되지 않은 부분이나 심지어 폭발 내압 또는 폭발 내충격압 유형의 플랜트도 파괴할 수 있다. 따라서 가능한 폭발을 플랜트의 단일 부분으로 차단시키는 것이 중요하다. 이는 폭발 차단으로 해결할 수 있다.



그림 7: 폭발 차단 장비

다음을 이용해 폭발 차단을 수행할 수 있다.

- 급속 작동의 기계식 차단
- 좁은 틈에서 또는 소화제 분사를 통한 화염 진화
- 다량의 역류(반류)를 사용한 화염 확산 억제
- 수봉 장치
- 로터리 밸브



그림 8: 급속 반응 밸브를 사용한 폭발 차단

## 5. 폭발 방지 문서

사용자 ATEX 지침은 사업주에게 폭발 방지 문서 준비를 위해 제공되었다. 이 문서는 초기에 모든 공정 또는 설비에 대하여 작성하며 변경 내용을 반영하여 최신 상태로 유지해야 한다. 폭발 방지 문서에는 본 자료의 2.7, 3, 4 및 5절에 설명된 많은 정보가 반드시 포함되어야 한다.

예:

- 위험성 평가 및 위험도 완화를 위한 안전 조치
- 여러 작업 지역의 위험 등급 구분
- 교육 및 정비 절차
- 적합한 안전 조치 방법

### 키프로스

위원회 지침 1999/92/EC의 조항을 적용하는 키프로스 국내법으로는 2002년 6월 21일자, 2002 사업장 안전 및 보건(폭발성 분위기로 인한 위험에 노출된 근로자의 최소 보호 요구사항) 규정(P.L. 291/2002)이 있다.

### 독일

위원회 지침 1999/92/EC의 조항을 적용하는 독일 국내법으로는 “작업 장비 제공 및 사업장에서의 장비 사용과 연관된 안전 및 보건, 모니터링 대상 설치물의 작동 시 안전, 사업장 산업 안전 및 보건 조직”을 다루는 Betriebs-sicherheits-verordnung (BetrSichV, 산업 안전 및 보건법)이 있다. (Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes) “ of September 27, 2002, latest amendment Dezember 18, 2008. BetrSichV의 주된 포커스:

- 위험성 평가(§ 3 BetrSichV 참조)
- 폭발 방지 문서(§ 6 BetrSichV 참조)
- 작업 장비의 시험(§ 10 BetrSichV 참조)
- 특별 감독을 필요로 하는 플랜트의 특별 규정(BetrSichV의 3항 참조)
- 폭발성 구역의 구역 분류(BetrSichV의 별첨 3 참조)

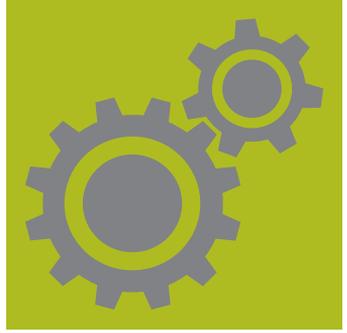
- 위험한 폭발성 분위기에 노출될 수 있는 근로자의 안전 및 보건 개선을 위한 최소 요구사항 (BetrSichV의 별첨 4, A항 참조)
- 장치 및 보호 시스템의 선택 기준 (BetrSichV의 별첨 4, B항 참조)

### 슬로바키아

위원회 지침 1999/92/EC의 조항을 적용하는 슬로바키아 국내법으로는 ‘폭발성 분위기로 인한 위험에 노출될 수 있는 근로자의 안전 및 보건 개선을 위한 최소 요구사항’을 다루는 슬로바키아 정부법 No. 393/2006 Coll.이 있다.



이 브로슈어는 아래와 같은 ISSA 예방 국제분과의 도움으로 제작되었습니다.  
더욱 자세한 내용은 아래 연락처를 참조하십시오.



**ISSA  
철강금속분과**

c/o Allgemeine  
Unfallversicherungsanstalt  
국제관계사무국  
Adalbert-Stifter-Strasse 65  
1200 Vienna · Austria  
전화: +43 (0) 1-33 111-558  
팩스: +43 (0) 1-33 111-469  
이메일: issa-metal@auva.at

**ISSA  
전기분과**

c/o Berufsgenossenschaft  
Elektro Textil Feinmechanik  
Gustav-Heinemann-Ufer 130  
50968 Köln · Germany  
전화: +49 (0) 221-3778-6007  
팩스: +49 (0) 221-3778-196007  
이메일: electricity@bgetem.de

**ISSA  
기계 및 시스템안전 분과**

Dynamostrasse 7-11  
68165 Mannheim · Germany  
전화: +49 (0) 621-4456-2213  
팩스: +49 (0) 621-4456-2190  
이메일: info@ivss.org

**www.issa.int**

“Quick Links” 아래의 “Prevention Sections” 를 클릭하십시오.