

KOSHA GUIDE

D - 43 - 2012

## 집진설비 분진폭발 방지기술 지침

2012. 7.

한국산업안전보건공단

## 안전보건기술지침의 개요

o 작성자 : 김 두 환

o 개정자 : 이 수 희

o 제정경과 및 관련규격

- 2000년 6월 화학안전분야 기준제정위원회 심의
- 2000년 11월 총괄기준제정위원회 심의
- 2012년 7월 총괄 제정위원회 심의(개정,법규개정조항 반영)

이 코드는 다음을 참조하여 작성하였음.

- 일본안전연구소기술지침 : 분진 및 관련기계의 분진폭발방지지침  
1999(ISSN, 0911-8063)
- KOSHA GUIDE D-6-2012 : 분진폭발방지에 관한 기술지침
- KOSHA GUIDE D-11-2012 : 폭발언제장치의 설치에 관한 기술지침

o 관련법규·규칙·고시 등

- 산업안전보건기준에 관한 규칙
  - 제232조, 제236조, 제238조

o 기술지침의 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

## 집진설비 분진폭발 방지기술 지침

### 1. 목적

이 지침은 산업안전보건법(이하“법”이라 한다) 제27조 및 산업안전보건기준에 관한 규칙(이하“안전보건규칙”이라 한다) 제232조, 제236조, 및 제238조 규정에 의하여 가연성 분진을 분리·포집·제거할 목적으로 사용하고 있는 집진설비 및 그 부속 기기에서의 폭발 화재등 재해 예방을 위하여 설계·제작·설치 및 점검보수에 관한 지침을 정하는데 그 목적이 있다.

### 2. 적용범위

이 지침은 가연성 분진을 취급하는 집진설비 및 부속설비에 적용한다.

### 3. 용어의 정의

(1) 이 지침에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다.

(가) “가연성 분진”이라 함은 직경  $420\mu\text{m}$  이하(40 메쉬 표준체 통과)의 미세한 분말상의 물질로 적절한 비율에서 공기와 혼합 할 때 점화원에 의해 발화될 수 있는 분진을 말하며, 주로 알루미늄·마그네시움등 금속분, 폴리에틸렌·합성고무 등 합성수지, 소맥분·전분 등의 농산물, 목분, 유황분, 석탄분 및 의약품분 등을 말한다.

(나) “분진폭발”이라 함은 분진과 공기의 혼합물(분진 운이라 한다)이 점화

되어 빠른 속도로 반응하여 다량의 에너지를 급격하게 방출하는 현상을 말한다.

(다) “폭발방산구”라 함은 용기등 내부에서 폭발에 의하여 이상 압력이 생성될 때 용기에 약한 부분을 의도적으로 만들어 이상압력을 반응시킬 수 있는 문, 창문, 패널 등을 말한다.

(라) “폭발지수”라 함은 최대 압력상승 속도를 기반으로 하여 정의된 분진 폭발의 격렬성을 나타낸 척도로, 단위는  $Ks$  로 표시하며 단위는  $ar \cdot m/sec$ 를 사용한다.

(마) 위험등급이라 함은 가연성 분진의 폭발 위험성을  $Ks$ 수치를 기본으로 한 3등급( $s^{-11}$ ,  $s^{-2}$ ,  $s^{-3}$ )으로 분류한 평가법으로 분진의 폭발이 격렬한 상대적인 비교 척도를 말한다.

(바) 기타 이 지침에서 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 산업안전보건법 동법시행령 동법시행규칙 및 안전규칙에서 정하는 바에 따른다.

## 4. 집진장치의 분진 폭발특성

### 4.1 집진공정의 일반사항

- (1) 집진은 분쇄 후 제품의 회수 작업환경의 정화 및 유해물질 등의 작업장 내에 배출 방지 목적으로 적용한다.
- (2) 집진공정은 분진처리의 최종단계로 미세한 분진을 대상으로 하고 있으므로 분진운을 형성하기 쉽고, 발화시 격렬한 분진 폭발을 일으킬

수 있는 요인이 된다.

- (3) 제품 포집이나 회수 이외에도 포집한 물질을 폐기하는 경우에는 운전·보수 등에 비용을 들이지 않고, 분진폭발 방지에 대한 인식도 낮다.
- (4) 신소재(신종합금, 자성재료, 기능성재료, 세라믹등)은 분체로 취급하는 경우 분진폭발 위험성을 충분히 고려해야 한다.
- (5) 집진장치의 사용자는 취급분진, 집진장치 및 집진공정에 잠재된 위험성을 잘 이해하고 운전 및 보수점검 방법을 안전하게 해야한다.
- (6) 집진장치 제작자는 폭발을 예방하기 위하여 설계, 제작, 운전, 보수, 점검 등에 관한 사항을 사용자에게 알려 분진폭발 예방에 노력해야 한다.

## 4.2 분진농도 제어 및 불활성화

집진장치는 그 기능상 내부에 분진운이 형성되는 것을 피하고, 집진장치내 분진농도를 항상 폭발범위 밖으로 유지하는 것이 아주 어려우므로 불활성 가스를 사용하는 것이 폭발방지에 효율적이다.

## 4.3 착화원 제거의 중요성

공기를 반송기체로 해서 가연성 분진을 포집 취급하는 경우 가연물(분진)과 산소를 확실히 제거하는 것은 불가능하므로 착화원이 발생할 수 있는 기기 사용을 금지한다.

#### 4.3.1 착화원 종류

집진장치를 운전 정지중 폭발을 일으킬 가능성이 높은 착화원 종류는 [표1]과 같으며 착화원 관리에 특히 주의해야 한다.

[표1] 착화원의 종류

착화원 또는 집진장치 관련기기 착화원이 생기는현상	백휠터	사이크론	습식 집진장치	전기 집진장치	배관다트	송풍기 배풍기
분진 제거할 때 정전기방전불꽃	○			○		
분진제거용 전기기기 불꽃 과열 (집진장치내 전기기기 설치경우)	○			○		
회전축 과열 회전날개 접촉				○		○
모터 불꽃 과열(계내방치 경우)				○		○
고온물, 불씨, 착화불티 혼입	○	○	○	○	○	○
금속편등 이물 혼입	○	○	○	○	○	○
쌓인 분진 발화	○	○	○	○	○	○
회수분진 배출용 기기의 과열 마찰등	○	○				
보수작업에 따른 용접등 불꽃	○	○	○	○	○	○
보수점검, 청소등에 따른 기기를 갖고 집진장치내 들어갈때	○	○	○		○	○

○ 착화 가연성이 큰 경우 ○ 로 표시

분진은 상호간 또는 마찰에 의하여 정전기가 발생되며, 이의 방전으로 인하여 착화된다. 분진, 박리 등에 따라 정전기 방전자체를 완전 억제 방지하는 것이 어려우므로 다음의 방법을 강구한다.

KOSHA GUIDE
D - 43 - 2012

#### 4.3.2 착화원 제거

##### (1) 정전기 방전

(가) 분진이 접촉되는 부분은 금속제로 접지 및 본딩을 한다.

(나) 전기 안전지침에 따라 누설저항은  $10^6 \Omega$  이하로, 접지저항은  $1k\Omega$  이하로 관리하여야 한다. 분진을 취급하는 공정 바닥은 도전성으로 하고 작업자는 대전방지용 보호 장구를 착용해야 한다.

##### (2) 전기기계 기구에 의한 불꽃 및 과열

(가) 집진장치 본체 내부에 전기 기계 기구를 설치할 때 또는 계측·제어용의 기기 센서류를 삽입 할 경우 방폭용으로 해야 한다.

(나) 송풍기용 전동기는 방폭용으로 한다.

(다) 과부하 방지장치 설치 및 온도상승에 따른 분진 추적을 방지해야 한다.

##### (3) 기계적 마찰, 충격 및 과열방지

(가) 송풍기 회전 날개는 케이싱간의 마찰 충격을 방지하기 위한 재질 및 간극에 이물이 쌓이지 않는 구조로 설계한다.

(나) 과부하 경보 장치를 부착한다.

(4) 고온물, 불티, 착화분, 이물등의 혼입방지

분진과 금속등 이물은 자력이나 비중차를 이용하여 선별 제거한다.

(5) 보수 작업에 따른 용접등의 화기엄금

보수 전에는 사전 청소를 실시하고, 작업 준비시에는 화기 사용허가를 확인하는 등 작업관리를 명확하게 하여야 한다.

(6) 자연발화

분진의 쌓임을 방지할 수 있는 구조로 하고, 집진장치 및 닥트내 기류의 급변화 및 돌기면 등이 없도록 설계를 하여야 한다.

## 5. 집진장치 및 닥트등

### 5.1 일반사항

#### 5.1.1 집진장치의 분리설치등

여러 종류의 분진을 하나의 집진장치로 처리할 경우에는 아래와 같은 위험성이 있으므로 분진별로 집진장치를 설치해야 한다.

(1) 풍속이 달라 분진이 체류하기 쉽고 다른 종류의 분진이 혼입될 경우에는 자연발화의 위험이 높다.

(2) 분진 혼합물의 폭발성 평가가 곤란하다.



(3) 분진 폭발이 생길 경우 폭발 전파 확대가 크다.

(4) 배관의 점검 보수가 복잡하여 보수작업을 저해하기 쉽다.

### 5.1.2 재질

재질은 분진 종류 및 공존가스의 성질에 따라 내식성 및 내마모성을 고려하여 선정한다. 분진의 대전을 방지·제거하기 위해서 도전성재질로 하거나 내벽을 도전성 도료로 도포해야 한다.

### 5.1.3 기밀성

본체 및 닥트는 기밀성을 유지하는 구조로 한다.

### 5.1.4 설계강도

집진장치 및 닥트는 송풍압에 견딜 수 있는 강도를 유지해야 한다.

### 5.1.5 폭발방산구

집진장치에는 내부폭발에 대비하여 폭발방산구를 설치해야 한다

### 5.1.6 접지

집진장치, 송풍기 및 닥트 등에는 접지를 해야 한다.

### 5.1.7 분진회수

포집한 분진을 회수할 때에는 대전을 방지할 수 있는 재질의 용기를 사용해야 한다.

#### 5.1.8 포집분진 배출구 위치

포집분진 배출구의 위치는 안전성이 확보되도록 옥외로 한다.

### 5.2 집진장치

#### 5.2.1 사이크론

- (1) 사이크론은 대전 방지를 위하여 도전성이 좋은 금속 재질로 하고 반드시 접지 해야 한다.
- (2) 공기 누설을 방지하기 위하여 배관 접속부, 점검구 및 포집 분진 회수구 등에 충분한 기밀이 유지되도록 해야한다.
- (3) 내부 점검 및 청소를 위한 점검구를 설치한다.

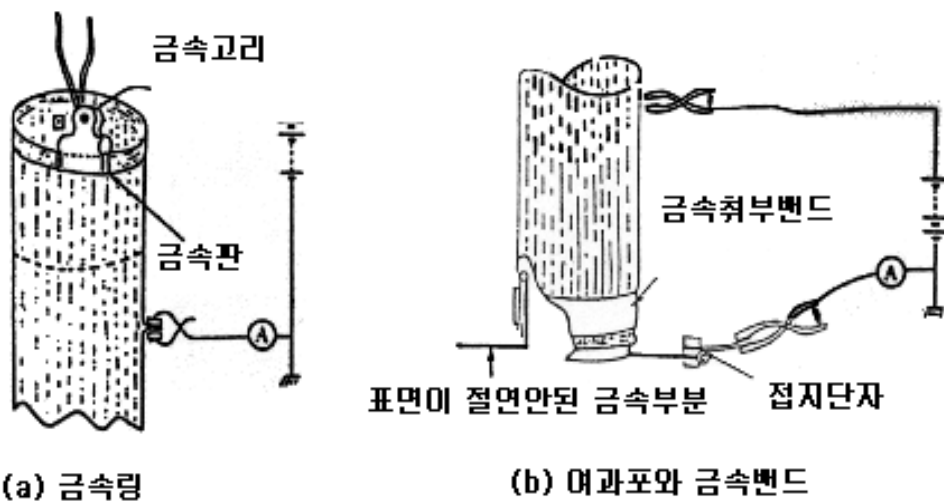
#### 5.2.2 백필터

여포에 부착한 금속링 및 금속고리는 정전기를 제거하는 구조이어야 한다.

- (1) 백으로 사용한 여과포 및 봉합시는 도전성의 섬유를 사용하여야 한다.
- (2) 여과포에 금속제품을 취부할 경우 전기저항은  $10^6 \Omega$  이하이어야 한다. 이 경우 측정 전극간 거리는 50cm이상 인가전압은 1kV로 한다.

(3) 백필터 본체 및 금속제 밴드 접지 저항은  $1k\Omega$  이하이어야 한다.

(4) 접지저항 측정은 [그림1]과 같은 방법으로 실시한다.



[그림1] 부속금속제 사이 접지 저항 측정법

(5) 여과포에 분진제거 용접기 기구는 집진장치 밖에 설치한다.

(6) 여과포 내에 포집된 분진량이 일시에 증가하지 않도록 조치해야 한다.

### 5.3 습식 집진장치 구조 요건

(1) 분진 포집에 사용하는 물과 분진이 반응하여 발열하거나 가연성 가스가 생길 경우 습식 방식의 집진장치는 피한다.

(2) 슬러지를 연속적으로 밖으로 배출하는 후처리 공정은 있어서는 가연성 가스의 발생 및 체류를 방지하는 구조로 하여야 한다.

- (3) 집진장치의 운전을 중단하거나 정지 중 가연성 가스의 체류 여부를 확인할 수 있도록 가스감지장치를 설치한다.

#### 5.4 송풍기

- (1) 회전 날개와 구동축은 운전중 헐거움이 없게 단단히 결합시키고 분진과 접촉에 의한 마찰 편심 굴곡이 생기지 않는 재질로 설계제작해야 한다.
- (2) 고온분진을 집진 할 경우 온도 저하에 따른 결로 또는 고착 방지를 위한 보온 대책을 실시해야 한다.

#### 5.5 배관닥트등

5.5.1 배관닥트 등에 분진유동에 따른 대전과 분진 추적을 방지하기 위한 구조로 해야한다.

5.5.2 배관닥트 등은 분진 쌓임, 분진충돌에 의한 마모 및 대전을 고려한 적절한 풍속(5-30 ㎥/s)이 유지 될 수 있는 환경이어야 한다.

##### 5.5.3 구조상 요건

- (1) 분진 쌓임이나 마모가 생기기 쉬운 곳은 정기 점검을 위한 점검구를 설치하고 밸브 배관의 부분적 교환 및 해체가 용이한 구조로 해야한다.
- (2) 밴트, 티는 마모와 쌓임이 적은 구조로 해야한다.

(3) 덕트의 휨, 늘어짐, U자형 및 굴곡부가 생기지 않는 구조로 해야 한다.

(4) 배관 덕트의 가지관중에 분진 침입, 쌓임 방지, 차폐 및 후드 등을 견고하게 설치해야 한다.

#### 5.5.4 폭발전파 확대 방지 등

(1) 집진장치내 발생한 폭발이 역 전파로 인한 피해 확대 방지를 위하여 역류 방지 장치를 설치해야 한다.

(2) 집진장치내 폭발이 발생해 압력을 방산 시킬 경우, 배관내의 분진이 분출, 비산하는 등 2차 폭발이 생기지 않도록 한다.

## 6. 집진장치의 안전장치

### 6.1 폭발 방산구 기능등

폭발 방산구의 설계, 보수, 점검등 관련 사항은 KOSHA GUIDE D-34-2012(분진폭발 압력 방산구 설계 지침)에 따른다.

### 6.2 폭발억제 장치 및 구조

집진장치 내에서 폭발이 발생할 경우 폭발 초기 단계에서 검출하고 연소 억제제를 고속 살포하여 집진장치 파괴 및 압력 상승 방지를 해야하며 장치설계는 KOSHA GUIDE D-11-2012(폭발억제 장치의 설치에 관한 기술상 지침)에 따른다. [그림5], [그림6] 참조

### 6.2.1 구조

- (1) 분진 폭발 발생을 검출하려면 반응성에 따른 압력센서를 사용한다.
- (2) 억제제는 3불화 1취화메탄 ( $\text{CF}_3\text{Br}$ , 하론1301)이 있으나 지구환경 대책으로 분말로 교체하여 질소 가스등으로 가압 충전한 홀더를 집진장치에 부착한 후 압력센서 신호에 따라 억제제 홀더 간벽이 파손되어 살포 되도록 해야한다.
- (3) 집진장치 형태, 치수에 따라 억제제 량, 살포시간은 분진폭발특성, 억제제 살포구 위치, 살포 방법을 제시 해야한다.
- (4) 집진계 폭발억제 장치의 설치 예는 부록을 [그림5], [그림6]을 참조 한다.

## 7. 집진장치 운전 사용상 안전대책

운전시 조치사항은 다음과 같다.

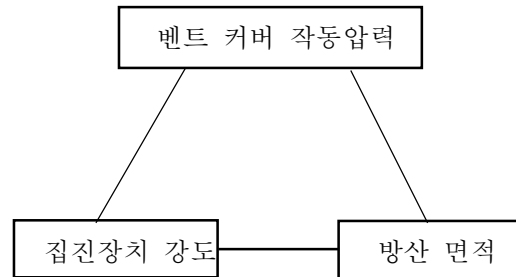
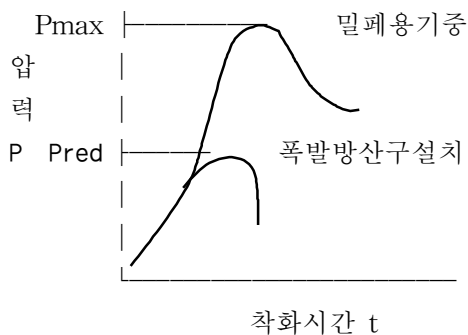
- (1) 운전 개시 때는 집진장치내 축적분진이 없는지 확인해야 한다.
- (2) 집진장치 송풍기 배관등 접지 상태를 확인한다.
- (3) 집진장치의 분진이 포집되는 상태, 계측제어 및 안전 장치가 정상 작동 하는지를 확인해야 한다.
- (4) 추가로 후드를 설치하는 경우에는 집진 능력을 재검토한다.

- (5) 이상냄새, 진동, 이상음 등이 감지 될 경우 운전을 정지하고 원인 규명을 하고 적절한 대책 강구 후 운전을 재개해야 한다.
- (6) 작업 계획을 세워 작업 내용, 방법, 순서, 사용할 기기, 도구 및 책임자를 선정하여 주지시킨다.
- (7) 수리 작업중에는 집진장치 밖에 감시자를 배치하고 소화기를 비치한다.
- (8) 만일의 경우를 대비하여 분진 발화시 탈출구를 확보하고 피난에 지장이 없도록 주변 정리정돈을 철저히 한다.
- (9) 교육훈련 계획을 세워 분진 위험성 분진 취급장치, 구조, 운반방법 및 비정상 작업시 안전에 관한 사항을 교육시킨다.

## [부 록]

## 폭발방산구 설계 (예)

1. 폭발 방산구의 설계 기본적 생각 방법은 집진장치 형태, 치수와 분진폭발 특성을 갖고서 다음 3가지 조건의 상호 관계로 구하는 것이다.



[그림2] 폭발 방산구 효과      [그림3] 폭발 방산구 기본설계인자 설계 방법

2. [그림4]는 변수 상호 관계를 구하기 위하여 노모그래프 예를 나타낸 것이다.

3. [그림4]는 벤트 커버의 작동압력(정적작동압력 : Pstat)이 0.1bar 경우에 적용한 것으로 장치 내용적, 방산압력(장치에 가해지는 것이 허용된 압력:Pred) 대상 분진의 Kst치 및 방산 면적 관계를 구할 수 있다.

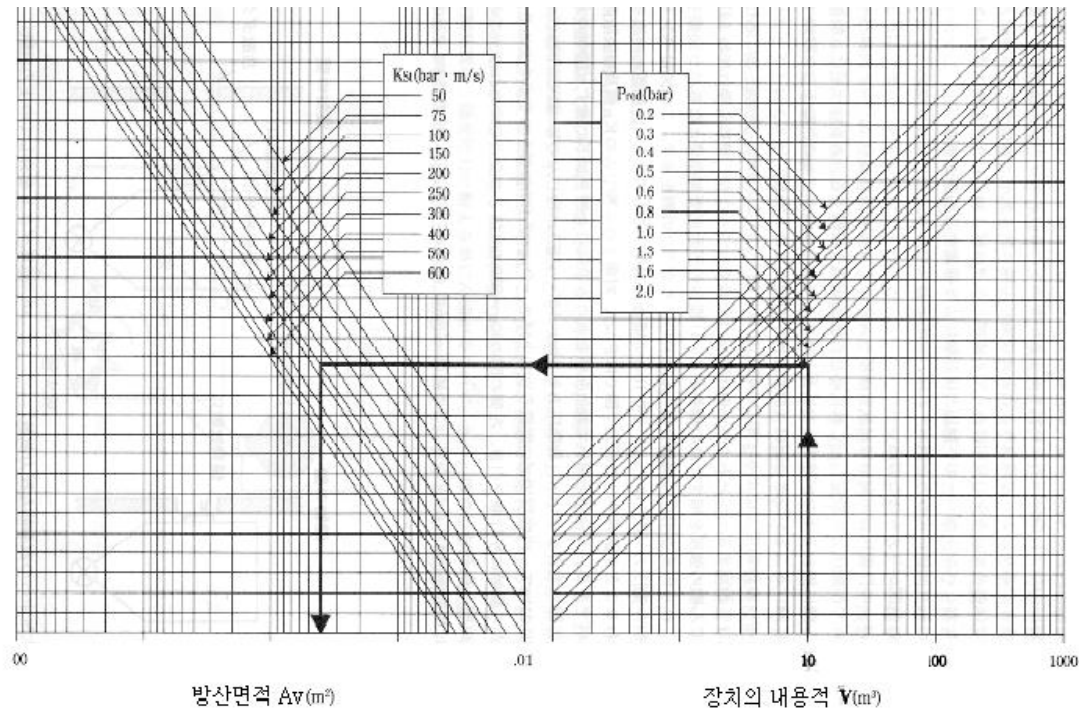
4. 방산 면적을 구하는 방법의 예

가. 장치내용적 10m<sup>3</sup>, 방산압력 2bar(게이지압), 분진의 Kst치를 250bar · m/s로 한다.

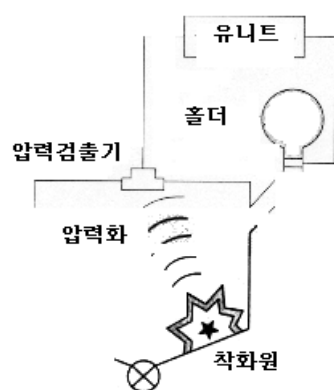
나. [그림4]에서 내용적 10m<sup>3</sup>의 직선을 보면 Pred = 2.0의 직선과 마주치는 점을 구한다.

다. 두 교차점의 가로 축의 수치가 방산 면적이다. 즉 방산 면적은 0.4m<sup>2</sup> 되고 이것이 한 변이 0.64m의 정방형으로 직경이 0.72m의 원통 개구에 해당한다.

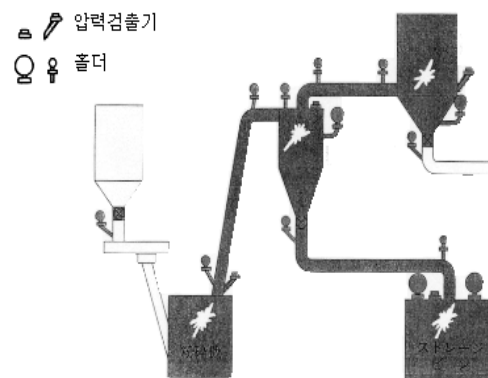




[그림4] 분진의 폭발지수( $K_{st}$ )를 사용하여 방산면적을 구할 모노그래프의 예( $P_{stat}=0.1bar$ 의 경우)



[그림5] 폭발억제장치 원리



[그림6] 폭발억제장치 설치예