

# 가연성 분진 취급 장소에서의 정전기 사고사례 및 안전대책



문 문 제 (No. 38184) / 공 회 령 사

## 1. 서론

석탄, 약품, 세제, 도로, 사료 등의 분체는 각종 산업에서 원료나 제품 및 연료로 매우 다양하게 취급되고 있어 각종 공정상에 분진폭발의 위험성이 잠재되어있으며, 실제로 이러한 분체의 취급량이나 분체 사용공정이 증대됨에 따라 분진폭발의 빈도가 증가하고 있다. 이러한 분진폭발은 과거 탄광에서 발생한 탄진폭발이 대부분이었지만 최근 플라스틱 공업, 유기합성공업, 분말공업 등과 같이 원재료 및 제품을 분체로 취급하는 공정에서도 분진에 의한 폭발사고들이 다양한 형태로 많이 발생하고 있다. 또한, 산업기기가 고도로 정밀화함에 따라 분체의 입경이 미세화하여, 분체를 취급하는 공정에서 형성된 부유 분진이 정전기방전과 같은 점화원으로 인해 화재 및 폭발사고가 발생될 수 있는 위험성을 가지고 있다.

건조한 가을 및 겨울철이 되면 옷을 입거나 탈의할 때, 산업 설비 등을 조작할 때, 철재도구를 접촉할 때, 자동차 문을 열고 닫을 때 등 다양한 환경적 조건들에 의하여 정전기가 빈번하게 발생한다. 이렇게 발생한 정전기는 환경 조건에 따라 그 강도의 차이는 있지만, 대부분의 일반인들은 대수롭지 않게 생각하거나 약간의 스트레스 정도로 여기는 경우가 대부분이다.

하지만 이러한 정전기로 인해 발생하는 전격은 불쾌감을 유발하며 심한 경우 부상을 유발할 수 있다. 방전 그 자체는 인체에 큰 위험을 주지 않으나, 추락이나 기계 협착 등으로 이어지는 2차 재해를 초래할 수 있기 때문이다.

또한, 가연성 분진 등이 폭발범위 내에 존재할 경우 정전기

방전에너지로 인한 화재 및 폭발이 발생할 가능성은 이미 여러 연구보고서에 의해 규명된바 있다.

따라서 본 고에서는 중대사고가 발생할 수 있는 가연성분진 취급 장소에 대한 정전기관련 사고사례와 정전기 예방대책을 소개하고자 한다.

## 2. 정전기로 인한 가연성분진의 사고사례

가연성분진 취급장소에서 최근 정전기로 인한 화재 및 폭발 사고 중 피해규모 및 사상자의 발생이 큰 사례를 간략하게 나타내면 아래와 같다.

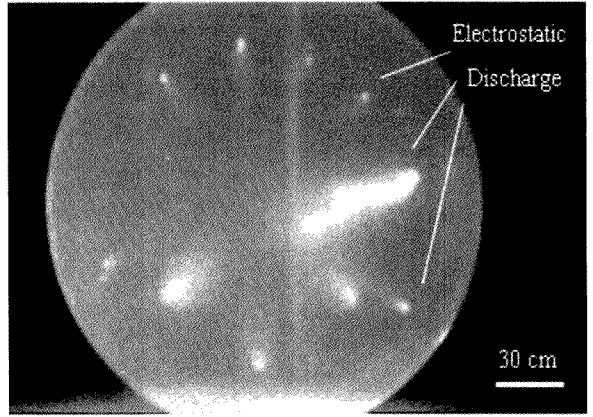
**사례 1.** 2007년 10월 경상남도에 소재한 휴대폰 제조사업장에서 마그네슘 합금재질의 휴대폰 외함 가공공정에서 발생한 분진을 포집하는 집진기를 청소하던 중 분진폭발이 발생하여 2명이 사망하고 3명이 부상당한 사고가 발생했다.

**사례 2.** 2008년 8월 24일 인천 남동공단에서 마그네슘 알루미늄 합금분말을 사용하는 공장의 작업장 옥상에 설치된 수전반에서 외주 전기공사업체 작업자가 케이블 트레이 연결을 위한 지지앵클 용접작업을 하던 중 불꽃이 비산되어 공장 상부 구조물 등에 퇴적되어 있던 분진에 발화 후 폭발하여 용접작업자 등 4명이 얼굴과 팔, 가슴에 1~2도 화상과 타박상 등 사고가 발생하였다. 또한, 폭발 충격으로 연건축 면적 504㎡ 규모의 단층 공장 지붕 및 공장 주변 같은 업체 건물

3개동, 다른 업체 건물 3개동의 유리창, 벽면 등이 파손됐다.

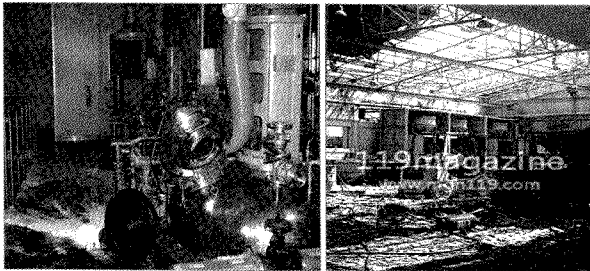
**사례 3.** 2011년 2월 4일 경기도 안산에 소재한 섬유공장 2층 작업장에 있는 섬유건조기를 가열하던 LNG 가스에서 발생한 불꽃이 섬유분진을 타고 분진폭발이 발생하였으며, 야간작업을 하던 근로자 35명 중 31명은 대피하였으나 불을 끄려고 시도했던 4명의 근로자가 부상당하는 사고가 발생하였다.

**사례 4.** 2011년 4월 25일 경기도 화성에 있는 의약품 제조 공장에서 원료인 분진재 파우더의 혼합과정 중에 정전기가 발생하여 분진폭발이 발생하였고, 이로 인해 작업자 2명이 화상을 입는 사고가 발생하였다.



【그림 2】 분진을 취급하는 Silo 내부에서 발생하는 정전기

[자료 : 일본노동안전위생종합연구소]



사례 2

사례 4

【그림 1】 현장사고사례 예

### 3. 정전기로 인한 가연성 분진의 화재 및 폭발 요인

정전기로 인한 화재 및 폭발은 정전기방전이 가연성 분진의 점화원이 되기 때문에 발생한다. 정전기방전에너지가 적어도 가연성 분진의 최소점화에너지 이상으로 되지 않으면 화재 및 폭발은 발생하지 않는다. 정전기방전에 의한 폭발, 화재의 발생 한계는 기본적으로 정전기 방전에너지에 의해 나타날 수 있으며, 이러한 방전에너지는 발생하는 대전전위 또는 대전량 등으로써 나타낸다.

이러한 대전현상은 접촉·마찰대전, 분쇄대전, 코로나 대전, 유도대전 등으로 볼 수 있으며, 이때 발생하는 대전량은 접촉 횟수, 접촉면적, 충돌강도 등에 영향을 받기 때문에, 물체 상호간 접촉횟수나 면적 등이 커지면 대전량이 커져서 대전 전위도 증가한다. 따라서 분진의 이송이나 저장 탱크로의 투입 등 분진을 취급하는 공정에서 취급량의 증가나 분진의 운동(마찰, 유동 등)이 심하게 되면 대전량은 증가하게 된다. 대전량의 증가는 응집이나 부착 등에 의한 방전으로 이어지며, 이는 분진의 취급과정에서 생성된 분진운이 점화원으로 작용하여 분진폭발 등의 재해로 이어지게 된다.(그림 2 참조)

또한, 인체는 정전기적 도체에 해당하므로, 가을 및 겨울철과 같은 건조한 상태에서는 신발과 바닥재와의 접촉이나 주위 대전물체로부터의 정전유도 등에 의해 수천볼트까지 대전될 수 있으며, 정전기 전격에 의해 충격이나 무의식적인 반사 작용으로 인해 상해를 일으킬 수 있고, 건조한 환경에서 모피 및 실크, 인조섬유 등의 절연재질로 된 옷을 입거나 빗을 때에는 발생하는 정전기 방전으로 인해 분진취급 장소에서 화재 및 폭발 등의 사고가 발생할 우려가 있다.

따라서, 정전기방전으로 인하여 화재 및 폭발의 우려가 있는 가연성 분진 취급장소에서 정전기 축적방지(대전방지)는 물론 정전기방전이 발생하지 않도록 적절한 조치를 취해야 한다.

### 4. 가연성 분진 취급장소에서 정전기 예방대책

정전기로 인한 화재 및 폭발을 방지하기 위해서는 정전기 발생에 영향을 주는 요인을 가능한 배제하거나 적게 하여야 하며, 방전에너지가 발생하는 대전상태를 관리하는 것이 중요하다. 따라서 이러한 정전기적 위험을 관리하기 위해 아래와 같은 조치가 필요하다.

#### (1) 가연성 혼합물의 관리

- 비도전성의 물질 또는 장치를 취급하는 공정에서 정전기 전하의 축적을 방지하기 위한 공학적 대책이 곤란한 경우, 취급되는 물질의 특성에 따라 장치의 불활성화(가연성 혼합물이 존재하는 용기내부에는 위험 분위기를 없애기 위해 불활성 가스를 주입하여 산소부족 상태로 만들),

환기(물질의 농도를 최소폭발농도 이하로 희석시키는 방법) 또는 안전한 지역으로 장비를 재배치(정전기 축적이 우려되는 장치가 폭발위험장소에 위치하지 않도록 함) 하는 등의 방법이 필요하다.

**(2) 전하의 발생 억제**

- 정전기는 공정 속도 및 유속을 감소시키면 전하 생성속도가 감소함.(분진 물질이 취급되는 곳 등에서 충분히 낮은 속도로 물질을 이동시켜 위험할 정도의 전하가 축적되지 않도록 함)

**(3) 전하소멸**

- 접지 및 본딩 : 본딩은 도전성 물체간의 전위차를 줄이기 위해 사용되고, 접지는 물체와 대지사이의 전위차를 같게 하는 것으로 발생전하를 소멸시킴
- 습도 : 많은 물질의 표면저항은 주위 습도에 의해 제어가 가능하며, 65%이상의 습도에서 대부분의 물질은 정전기의 축적을 방지하기에 충분한 표면 도전율을 갖는다. 그러나 습도가 30%이하로 떨어지면 양질의 절연체가 되어 전하의 축적이 증가하게 된다.
- 전하의 완화와 대전방지 처리 : 전하를 이동시키기 위한 접지경로가 있어야만 가능하므로, 대전된 물체 또는 물질이 대지와 전기적으로 분리되어 있을 경우에는 정전기의 위험을 완전히 제거할 수 없다. 대전방지제는 부도체의 도전성을 향상시킴으로써 대전을 방지하는 물질인데 이는 대상에 따라 수지용, 액체용, 지용, 직유용 등 혹은 사용법에 따라 도포용, 첨가형 등 여러 가지가 있기 때문에 적절한 것을 선택하여 사용한다.

**(4) 전하의 중화**

- 이온 발생장치는 정전기의 발생을 억제하는 것이 아니라, 발생된 전하를 중화시키기 위해 반대 극성의 이온을 제공하는 장치로 자기방전식 제전기, 전압인가식 제전기, 방사선식 제전기등이 있으며 이러한 장치를 통해 분진의 대전량을 완화시킬 수 있다.

**(5) 인체의 정전기 관리**

- 인체는 도전성이므로 대지와 분리되어 있으면 전하를 축적할 수 있으며, 이러한 전하는 신발과 바닥재와의 접촉과 분리 등에 의해 발생될 수 있으므로 가연성 혼합물이 존재하고 대전된 인체로부터 점화 위험성이 있는 곳

에서는 정전기가 축적되는 것을 방지하는 것이 필요하다. 이러한 인체의 전하 축적을 방지하는 대책에는 다음과 같은 것이 있다.

- ① 도전성 바닥 및 신발 착용(제전화)
- ② 개인용 접지 장치(Wrist Strap(106 Ω의 저항이 내장된 접지팔찌) 등)
- ③ 대전방지 또는 도전성 의류(제전복)
- ④ 대전방지 및 도전성 장갑

**5. 결론**

앞서 내용에서 살펴 본 것처럼 가연성 분진을 취급하는 장소에서의 정전기에 의한 사고사례는 다발적으로 발생하고 있으며 화재 및 폭발 사고의 위험 요인 또한 복합적인 형태를 띠고 있다. 이러한 사고로 인하여 인명피해나 물질피해가 발생한다면 기업적 측면에서도 막대한 손실을 가져올 것이다.

따라서 정전기에 의한 화재 및 폭발 요인을 사전에 인지하고 위에서 제시한 예방대책을 기준으로 하여 작업설비의 접지 및 본딩, 환경적인 요인(습도), 인체에 의한 정전기 발생 등의 예방을 실시하고, 이를 바탕으로 가연성 분진을 취급하는 장소에서 중대사고가 발생하지 않도록 하기 위한 안전확보가 필요한 것으로 판단된다. ❖

**참고문헌**

1. 정재희외 "정전기안전", 동화기술, 2001.
2. KOSHA CODE E-34-2007 "정전기 위험성 평가 및 대책에 관한 기술지침"
3. 최영상, "분진폭발의 현상과 방지대책에 관한 고찰", 소방논문집 제5호, 2001.
4. www.kosha.or.kr

