

# 분진폭발

## 1. 서언

노스캐롤라이나주 컨스턴시에서는 그 날도 평상시와 똑같이 시작되고 있었다. 그러나 이 때 천둥치는 폭음이 들렸다. 2003년 1월 29일 이른 오후 시간에 한 폭발사고가 웨스트 제약 서비스사에서 발생하였다.

2층 건물골조의 측면 벽이 날라가 버리고 큰 불덩이가 터져 나왔다. 부근 학교의 유리창이 이 폭발로 파괴되었으며, 바람에 실려 날아간 화재 파편이 공장에서 2마일 떨어진 곳까지 작은 불길을 일으켰다.

계속된 화재는 뜨겁고 오래 지속되었으며, 소화용 스프링 쿨러 시스템으로의 용수라인이 폭발로 파괴되었다. 포장 또는 비포장 상태의 고무가 가득 채워진 공장내 창고에서 화재는 이틀간 계속되었고, 일주일 동안 연기는 계속됐다.

결국 의약품 배달서비스용 고무부품을 제조하는 공장에서의 폭발과 화재로 6명이 사망하고 38명이 부상하였다. 조사 결과 공중에 부유상태로 매어단 천장 위에 폴리에틸렌 분진이 쌓여 알 수 없는 원인에 의해 점화된 것으로 밝혀졌다. 본 컨스턴 공장 폭발이 일어난지 한달 후, 가연성 분진과 관련된 폭발이 켄터키주와 인디애나주에서도 발생하여, 8명이 추가로 사망하였다.

2003년도에 이 3건의 폭발로 인해 미국 화학물질 안전·위험조사위원회(CSB)는 폭발성 분진 위협에 대한 검토를 전국적으로 실시하였다.

이 CSB는 119명의 근로자를 앓아가고 718명을 부상당하게 한 1980년부터 2005년 사이에 발생한 218건의 분진폭발을 조사하였다.

CSB에 따르면 발생한 사고의 71%에서 부상 또는 사망사고가 일어난 것으로 나타났다.

이에 CSB는 2006년 11월 OSHA가 가연성분진의 폭발위험성을 방지하기 위한 법 규제 표준을 제정하는 것을 포함하여 몇 가지 권장사항을 제시하였다. 현재로써는 일반산업에 있어서 가연성 분진에 관한 포괄적 표준이 없는 상태이다. 1987년에 제정된 OSHA표준은 단지 몇몇 곡물 설비에 있어 가연성 분진의 위험만을 언급하고 있다.

## 2. OSHA의 노력

1990년대 말과 2000년대 초에 4건의 치명적 분진폭발 사건 이후 OSHA는 가연성 분진폭발 잠재력을 감소시키기 위한 안전보건보도공보를 출간하였다.

2005년도 7월 공보에서는(본고의 내용이 되고 있는 컨스턴시의 폭발을 포함한) 4건의 치명적 분진폭발을 검토하고, 이와 같은 폭발에 요구되는 요소에 대한 설명과 함께 가연성 분진의 잠재적 위험성을 감소 혹은 제거하기 위한 여러 가지 단계에 대하여 제안하고 있다.

그러나 OSHA 공보는 그 성격상 권고사항일 뿐 표준이나 규정이 아니다. 공보에 권장된 사항을 실

행하지 않는 것으로 밝혀진 사업주들이 반드시 소환되는 것은 아니다. 따라서 공보에 등재하는 것 외에 추가 작업이 행해져야 한다.

“그들은 훌륭한 안전·보건공보를 발간하고 있지만 이것을 가지고 실질적인 행동을 취하고 있지는 않다”라고 화학물질 안전위험조사위원회(CSB)의 분진폭발조사반을 이끌던 안젤라 블레어 여사는 말하고 있다.

블레어 여사는 공보내용을 찾기가 어렵다고 한다. OSHA의 주된 웹사이트에서 가연성 분진에 대해 찾아보면 공보가 나타나지만 안전·보건 주제에 대한 페이지에서 같은 것을 찾아보면 나타나지 않는다. 마찬가지로 다양한 산업안전보건 주제에 관한 교육을 제공하는 OSHA의 이툴(e-Tool) 페이지에는 가연성 분진 위험성에 관해 내용이 나타나 있지 않다.

이 공보는 하나의 표준이 검토되거나 개발되는 동안 가연성 분진의 위험성에 관한 정보를 보급해 주고 있는 것이다.

“규정을 만드는 일이 시일을 요하는 것임을 알고 있다. 그 중간에 우리가 원하는 것은 보다 심도있게 강조를 해 달라는 것이다. 공보를 발간한 이후에는 적극적으로 그것을 홍보하는 것이 필요하다.”라고 그녀는 말했다.

추가적인 홍보활동이 특수강조 프로그램의 형태로 행해질 수 있다. OSHA의 프로그램 집행부의 이사로 재임하고 있는 리차드 페어팩스씨는 분진폭발 위험성을 언급하기 위한 OSHA의 새로운 “범국가적 강조 프로그램(NEP)”이 CSB의 보고서 이후 계속 작업되어 왔다고 말한다. 이 NEP는 가연성분진 폭발 위험성에 관해 초점을 둘 것이며, OSHA 직원 교육을 확대할 것이다. OSHA의 필라델피아 지역에서는 “지역강조프로그램”에 의해 가연성 분진 위험성에 관해 기술하고 있다.

### 3. 표준의 필요성

공보라든지 NEP는 사실상 미봉책에 불과하다. CSB 회장인 캐롤린 W. 메리트여사는 재력이나 인적자원에 여력이 있는 회사는 문서화된 지침에 따라 변경을 행할 수도 있고 더욱 적극성을 나타낼 수 있지만 나머지 회사들은 그렇지 못한다고 말하고 있다.

“문제는 실제에 있어 규정이 어떤 것인지 알아볼 정도 밖에는 지원이나 여력이 불충분한 회사들이 많이 있다는 것”이라고 그녀는 덧붙였다.

산업계의 어떤 이들은 분진관련 사고와 부상을 방지하기 위한 하나의 방법은 표준을 제정하여 실행하는 것이라는 데 동의하고 있다. “OSHA가 표준을 가지게 되면 사업주들은 그 요구내용을 이해하기 위하여 더 크게 노력하게 되고, 그들이 그 표준을 잘 준수할 수 있기 위하여 사업주는 필요 자원을 충당하게 된다.”라고 유나이티드 철강회사의 안전·보건 전문가인 스티브 설먼씨가 2006년 11월에 열린 CSB회의에서 언급했다.

“표준이 없으면 상위 경영자들은 규정을 충족시키기 위해, 그들의 근로자들을 보호하기 위한 자원을 지원하지 않게 되는 것이 보통이다.”라고 그는 설명하였다.

전국식품 및 상업 노동자의 국제노동기구에서 안전담당이사로 있는 재키 노엘씨는 상기 회의에서 OSHA가 곡물 엘리베이터에 관계되는 유사한 표준을 개발하는 과정에 있다고 언급했다.

OSHA는 1970년 대 후반 및 1980년대 초에 있었던 곡물분진 폭발의 직접적인 결과로써 1987년 곡물 취급 설비표준을 공표하였다. 가장 치명적인 곡물 엘리베이터 폭발사고들 중의 하나가 1977년 12월에 발생하였는데 5번의 서로 다른 폭발에서 59명이 사망하였다. 표준에 앞서서 OSHA는 해당 위험성에 관한 정보와 경고를 배포하였으며, 폭발건수가 감소하게 되었으나, 1980년 및 1981년에 다시 증가

하였다.

“장기간에 걸쳐 볼 때 그 효과가 지속적이지 못하였다”라고 1987년 표준을 공표하기에 앞서 메리트씨는 OSHA의 의도에 관해 밝혔다.

노엘씨에 따르면 곡물 엘리베이터 운전원들은 분진폭발 관리방안에 관한 세부적인 책자를 1971년에 발간하였다고 한다. 그러나 산업체들은 그 책의 권장 내용을 준수하지 않았으며, 이와 같은 자발적인 규정이 아닌 연방 표준의 필요성을 입증한 것이다. “우리는 곡물 엘리베이터에서 수백명이 사망한 것을 알고 있다. 이 표준이 통과되면 이러한 사망자는 근본적으로 없어지게 될 것이다.”라고 노엘씨는 주장하였다.

CSB보고서서는 2003년에 실시한 OSHA의 표준 검토회의에서 곡물 폭발이 42% 감소했고, 부상 및 사망은 60% 감소하였다고 발표하였다. 국립 곡물 및 사료 협회는 이들 산업계가 1980년 이후 설비의 폭발, 부상 및 사망사고에 있어 “유례없는 감소”를 달성하였다고 1998년 OSHA에 보고하였으며, 표준 제정의 필요성을 뒷받침해 주고 있다.

#### 4. 표준의 제안

가연성 분진위험성에 관한 새로운 OSHA 표준제정에 있어서 CSB는 기존의 전미방화협회(NFPA)의 코드를 사용할 것을 제안하였다. 특히, NFPA-654(가연성 입자상 고체의 제조, 가공 및 취급에 있어 화재 및 분진폭발의 방지에 관한 표준 - 2006)와 NFPA-484(가연성금속에 관한 표준 - 2006)을 OSHA가 사용할 수 있다. NFPA의 이들 두 표준은 OSHA의 2005년 공보에서 작업자들이 검토하도록 권장하고 있는 자료 가운데 포함되어 있다.

현재 NFPA 표준들은 근로자에게 사망 또는 상해를 일으킬 수 있다고 인정되는 위험성이 없는 작업장과 관련된 일반 의무 조항하에서 오직 OSHA에 의해서만 집행될 수 있다. 실제로 OSHA는 1980년

이후 207건의 검열에서 가연성 분진관련 위험성에 대해 사업주를 소환하는데 본 일반 의무 조항을 사용하여 왔다.

그러나 CSB에서는 이러한 관행은 주로 수동적으로 반응 한다는 것을 알았다. 발급된 대부분의 소환장은 사고 또한 고소에 응하여 이루어진 것이며, 사전에 계획된 점검이 아니었다라고 CSB의 조사관인 블레어 여사가 진술하였다. 더욱이 일반의무 조항 위반을 증명하기 위한 부담이 표준에 대한 위반을 증명하기 보다 더 크기 때문에 사업주들은 쉽게 이의를 제기하게 된다.

#### 5. 다른 조사 결과

경고에 관한 문제점에 있어서 CSB가 발견한 것은 참담할 정도로 심각하였다. 140종의 가연성분진의 물질안전보건자료(MSDS)를 검토한 결과 검토물질의 40%에 있어서 제조자가 해당분진이 폭발할 수 있다는 아무런 경고도 넣지 않았음을 CSB는 밝혔다. 경고문을 삽입한 MSDS에 있어서도 대개는 구체적인 정보를 제공하지 않았거나 근로자가 사용하기에 가장 적합한 위치에 넣지 않았다. 이에 더하여 검토한 MSDS 가운데 단지 7개만이 분진폭발을 방지하기 위한 적절한 NFPA의 표준에 관해 언급하고 있었다고 CSB는 말했다.

현행 OSHA의 위험전달 표준에 의하면 위험성에 관한 정보를 전달하기 위한 일차적인 방법으로 MSDS를 지정하고 있으나 가연성 분진폭발이 MSDS에 언급되어야 하는 위험성이라고는 명백하게 기술하고 있지 않았다.

“위험전달 기준에서 가연성분진에 관해 언급하지 않는 것은 제품의 사용자에게 분진폭발 위험성을 경각시키지 못한 심각한 요소가 되는 것이다”라고 CSB 보고서는 기술하고 있다. 패어팩스씨는 OSHA가 위험전달 표준에 관한 제안된 규정제정의 예고를 발간하였고, 가연성분진을 포함하여 기타의 다른 위험성

들이 추가되어야 하는지에 관한 의견을 수렴하고 있다고 말한다.

작업자의 교육, 폭발로부터의 보호 및 정리·정돈에 관한 언급이 포함되어야 하는 표준의 제정에 추가하여 CSB 또한 다음과 같은 사항을 OSHA에 권장하고 있다.

- (1) MSDS에 가연성 분진의 위험성 및 물리적 특성을 포함하여 줄 것을 요구
- (2) 화학적 정보 페이지에 언급되어야 할 위험성의 구체화
- (3) 가연성 분진폭발을 인식하고 방지하기 위한 교육 제공
- (4) 위험에 놓이게 되는 산업을 확인하고, 특수구조 프로그램 개발

CSB 또한 미국표준협회(ANSI)가 ANSI Z400자료시트를 개정하여 가연성분진을 발생할 수 있는 물질에 대한 가연성물질 위험성 및 안전취급 관행에 관한 정보를 포함시키도록 제안하였다.

## 6. 가능성은 낮으나 중대한 결과 초래

일부 사람들은 가연성 분진 위험성을 관리하기 위하여 표준을 제정하는 것은 전반적인 작업장 사고 건수와 사망자수를 고려해 볼 때 비교적 우선순위가 낮다는 견해를 가지고 있다. 매년 분진폭발로 인해 평균 5명이 사망하고 있으며, 이는 노동통계국에 따르면 2005년에 2,000명 이상의 사망원인이 되고 있는 추락이나 차량 충돌 등과 같이 다른 산업 사망사고보다 훨씬 적은 수치이기 때문이다.

그러나 “이것은 중대한 결과이면서 발생 가능성이 낮은 사항에 관한 것으로써, 그리 자주 발생하는 것은 아니지만 발생되고 나면 단 한사람만 죽는 것이 아닌 사고인 것이다”라고 블레어여사는 설명하고 있다.

블레어 여사는 또 다른 가연성 분진의 재앙이 다시

일어날 수 있음을 염려하고 있으나 이런 재앙을 예방하기 위해 취해질 조치가 아직 없다고 한다.

이와 관련하여 “얼마나 더 많은 사람이 죽어야 하는가?”라는 말로 CSB의 회장인 메리트여사가 그 필요성을 이야기 했다.

그녀는 2003년부터 일어난 3건의 주요 분진폭발은 “충분히 방지할 수 있었던 사건”으로, 이러한 위험성을 최소화 하기 위한 현재의 관리 기술은 오랫동안 우리 주위에서 활용되어 왔으며, 실행하기에 그리 많은 비용이 드는 것도 아니라고 강조하며, 조속한 분진폭발 예방을 위한 조치가 범국가적 시행이 필요하다고 한다.

## 7. 대응현황

대기 오염 방지법에 따르면 노무장관은 CSB의 보고서에 대한 대응을 180일 내에 해야하며, OSHA가 서면화된 답변을 해야 한다고 규정되어 있다.

메리트여사는 CSB가 권장한 모든 사항을 OSHA가 채택하게 될 것이라고 희망적이면서도, 다른 한편으로는 CSB가 이런 점에 있어서 연방정부기관과 그리 성공적이지 못했음을 시인하였다. 그러나 가연성 분진 위험이 CSB의 보고서에 비추어 국가적으로 주목을 받아왔기 때문에 산업계의 일부 인사들이 주목하기 시작했다.

“이러한 작업의 결과 우리는 회사들과 인원들이 자신들의 조직을 되돌아 보고 위험성을 내포하고 있는 분진 수집계통을 발견하게 되었다.”고 메리트여사는 말한다.

OSHA에서 규정을 개정할 것을 CSB가 권장한 반면, CSB는 새로운 규정이 제정되어야 한다고 권장했는데 이것은 CSB가 1998년 설립된 이후 처음 있는 일이었다라고 블레어여사가 말했다.

비록 CSB의 권고가 새로운 법안으로 즉시 통과되지 않을지라도 CSB는 그의 노력을 계속해 나갈 것이라고 메리트여사는 주장하였다.

또한 “우리가 다섯가지 건의를 해야 한다면 그 첫 번째는 우리가 해나갈 것이다”라고 메리트여사는 말한다.

## 분진폭발의 해부

분진폭발은 비록 빈발하는 것은 아니지만 엄청난 파괴를 일으킬 수 있다. 이러한 분진폭발이 발생하려면 몇 가지 요소가 제대로 구성되어 있어야 한다.

첫째로 보통 “연소의 3요소”라 일컬어지는 화재를 일으키는 요소들 (산소, 점화원 및 연료)이 있어야 하며, 여기서 연료는 미세한 입자상의 가연성 고체로부터 유도될 수 있다.

화재와 결합하여 파멸적인 폭발을 일으키기 위한 또 다른 두 가지 요소는 신속한 연소를 일으키는 공기 중에 분산되어 있는 “가연성분진”과 이 분진이 압력을 축적시킬 수 있는 “제한된 공간”이라고 미국 화학물질 안전조사 위원회(CSB)는 기술하고 있다.

CSB의 조사관인 알젤라 블레어여사에 따르면 비록 소량의 분진이 축적되어 있어도 위험을 일으키기에 충분하다고 한다. “당신의 작업장의 5% 지역에 쌓인 64분의 1인치(약 0.4mm)로서도 충분하다. 이것은 동전의 두께보다도 얇은 것이다. 분진의 축적된 곳에 당신의 이름을 쓸 수 있으면 그 것은 이미 너무 많은 양이 되는 것이다.”라고 그녀는 말했다.

일차 또는 초기 폭발이 우선 일어나게 되면 가연성분진이 포화될 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다. 예를 들어 부유상태의 분진이 전기모터의 스파크에 의해, 또는 같은 어떤 수단에 의해 점화될 수 있거나, 천연가스 폭발과 같은 분진이 없는 별도의 폭발이 일어날 수 있다.

이러한 일차 폭발로부터 발생하는 폭풍은 축적된 분진과의 작용으로 2차 폭발을 일으키게 되는 것이다. 분진폭발로 생기는 폭발파는 다이내마이트의 폭발파 보다는 느리지만 음속보다는 빠르게 전파되며, 분진폭발 추가적인 분진의 격동에 의한 폭발을 계속시키는 도미노 효과를 일으킬 수 있게 된다.

보편적인 공장건물들은 파괴 압력에 잘 견디지 못하는 구조로 되어 있으며, 따라서 분진폭발을 감당할 수 없게 된다고 블레어씨는 말했다. 대부분의 부상사고는 사람들이 날아가 고형물체에 충돌하거나 추락하여 물체에 부딪히거나 또는 화상을 입는 것 등에 의해 발생된다고 그녀는 말했다.

분진폭발시 사망하거나 부상당한 사람들의 일부는 심지어 초기 폭발장소 부근에 있지도 않으나 초기 폭풍에 의해 일어난 2차 폭발에 의해 당하게 된다고 그녀는 덧붙였다.

“연료의 격동이 있는 한 이들 폭발이 지속 될 수 있을 것이다.”라고 그녀는 말한다.

가연성 분진 위험을 감소시키기 위해 사업주가 취할 수 있는 여러 가지 단계가 있다.

### ■ 분진관리

- 분진 수입 시스템 및 여과기를 사용한다.

- 분진 잔사를 주기적으로 청소해 준다.
- 분진 잔사에 대해 개구부 및 감춰진 부분을 점검한다.

#### ■ 점화원 관리

- 정전기를 관리한다.
- 흡연, 개방형 불꽃 및 스파크를 관리한다.
- 뜨거운 표면과 가열장치를 분진으로부터 격리한다.

부가적으로 설비에 대하여 폭발압의 배출 또는 장애물 또는 거리 유지 등을 통한 잠재적 위험성으로부터 격리시키거나 스프링쿨러 설치를 포함하여 잠재적 분진 폭발에 의한 피해 최소화 대책을 강구하여야 한다. 또한 종업원들도 가연성분진 위험성을 인식하고 방지하기 위해 교육을 받아야 한다.

## 분진폭발사례

### ▶ 곡물창고 분진폭발

OSHA는 곡물분진 폭발로 인해 7명이 사망하고 10명이 다친 사고를 일으킨 Kansas소재 곡물저장회사(Debruce Grain, Inc)를 조사, 다수의 위반사항을 적발, \$1,745,500(약 21억원)의 과태료를 부과

- OSHA는 이번 폭발사고의 주요원인이 창고 내부의 청소·관리 불량과 집진기 미작동이었다고 밝힘.
- 현행 OSHA기준은 곡물분진두께가 3.2mm 초과시 이를 제거해야 하나 이를 제대로 이행하지 않았음.
- OSHA청장 Charles Jeffress는 지난 75년간 곡물을 취급하여온 Debruce 곡물회사의 경영진이 창고 내 과도한 분진발생에 대해 익히 알고 있었고 또한 그것이 OSHA기준에 위배되는 수준임을 알고 있었으나 이를 간과하였다고 밝힘.

### ▶ 과태료 부과내용

- 25건의 고의적 위반(Willful Violation)에 대

해 총 \$1,720,000의 과태료를 부과하였는데 아래 17건에 대해서는 동일한 위반사항에 대해서도 적발건수마다 과태료 부과 최고한도인 \$70,000씩을 부과함(Instance-by-Instance 방식).

- 9개의 미작동 집진기를 수리하지 않음 (9건)
- 4개의 버킷 엘리베이터에 벨트의 속도가 정상 이하로 떨어지면 버킷 엘리베이터의 작동을 중지시키는 속도감지기(Motion Detection Devices)를 설치하지 않음 (4건)
- 4개의 버킷 엘리베이터에 컨베이어 벨트가 적절하게 궤도를 따라 움직이지 않을 경우 경보음을 발생시키는 벨트정렬감지기(Belt Alignment Monitoring Devices)를 장착하지 않음 (4건)
- 그외에 아래 내용을 포함한 10건의 중대한 위반(Serious Violation)에 대해 \$25,500의 과태료 부과.
- 인화성·가연성 물질의 부적절한 취급, 폴리·벨트의 방호조치 미흡, 자체점검기록 유지의무 위반

