

분체의 대전현상과 정전기 장해 대책

Electrification Phenomena of Particles and Counter-Plan of Static Electricity Troubles

이 덕 출* · 황 명 환** · 육 재 호*

Duck-Chool Lee · Myung-Whan Hwang · Jae-Ho Yuk

1. 서 론

각종 산업에 있어서 분체는 여러가지 형태로 다량 사용되고 있으며 분체 취급시 정전기에 의한 폭발, 화재 등 많은 재해가 발생되고 있다. 분진폭발은 과거에 탄광에서 탄진폭발에 의한 것이 대부분이었지만 최근 플라스틱 공업, 유기합성 공업, 분말 공업 등 원재료와 제품을 분체로 취급하는 공정이 증가하면서 분진폭발 사고가 현저히 증가하였다. 그러나 현재 이러한 재해 방지를 위한 충분한 검토 및 대책이 잘 이루어지지 않고 있는 실정이다.

분체 취급시 분체의 대전과 부유분진운의 형성을 피하는 것은 매우 어려운 일이기 때문에, 재해방지를 위해 분체의 대전특성과 폭발특성을 충분히 연구하는 것은 필수적이라 할 수 있다. 분체의 취급시 발생하는 정전기는 입자와 입자끼리 또는 입자와 주위물체와의 접촉, 마찰, 분리 등에 의해 발생하며 분체의 수송, 저장시설로의 투입, 분쇄, 집분 등의 공정에서 정전기의 발생이 현저히 나타나고 있다¹⁾.

특히 최근 산업기술의 고도화 및 다양화에 따라 분체의 입도가 초미세화 되고 분체의 질량에 비해 표면적이 매우 큰 분체를 취급하게 되어 정전기의 발생이 문제시 되고 있다. 발생된 정전기에 의해 재해가 발생하는 것은 축적된 전하의 방출에 의해 불꽃방전이 정전기에 의해 재해가 발생하는 것은 축적된 전하의 방출에 의해 불꽃방전이 형성되어 이것이 분진운에 착화되므로써 분진폭발 및 화재가 발생하게 되는 것으로 알려지고 있다.

이처럼 분체취급시 정전기 발생에 의해 분진폭발 및 화재등 재해가 일어나는 것은 분체의 대전특성, 착화원으로써의 특성, 분진운의 형성상태 등 여러가지 특성이 관련하고 있다. 따라서 분체 취급시 정전기에 의한 재해를 방지하는데는 이러한 모든 특성을 사전 평가하는 것이 매우 중요하다.

2. 분체의 대전현상

2.1 충돌에 의한 대전

분체의 공기수송, 체(sieve)를 이용한 분급, 유동층에 의한 건조, 혼합 등 각종 분체조작에 있어

* 인하대학교 전기공학과

** 인천대학교 산업안전공학과

서 분체입자는 장치내에서 끊임없이 유동하고 있다. 이때문에 입자는 장치내 벽과 충돌, 접촉, 분리를 반복하고 전하의 이동이 일어난다. 이러한 과정에 있어서 분체는 강하게 대전되고, 미세한 분체는 벽면으로 부착되는 등 분체조작상 좋지않은 현상의 원인으로 된다.

개개 입자의 벽면과의 충돌에 의한 대전은 입자와 기벽을 구성하는 재료의 성질이 다르기 때문이다. 1회 충돌에 의한 단일입자의 대전량은 재료의 차이에 의한 접촉전위차와 접촉시 정전용량과의 곱으로 결정한다. 보통 분체조작조건에서는 충돌속도가 꽤 큰데도 접촉변형량은 입자의 크기에 비해 매우 작다. 또 접촉력이 강해도 입자와 벽 사이에는 미소한 간격(2~3Å)이 있다고 생각되며, 접촉부는 접촉면적 S를 전극면적으로 하는 간격 Z₀의 평행판 콘덴서로 표현된다.

이 콘덴서의 양단에는 접촉전위차 V_c가 인가된다. 따라서 접촉시간이 상당히 짧은데도 불구하고 전하의 이동이 일어나고 그 결과 입자와 장치기벽은 대전하게 된다. 이 모델은 경우에 따라서, 갭(gap) Z₀대신에 접촉전이층 두께 Z를 취하고, 진공유전율 ε₀대신에 입자의 유전율을 이용하게 되지만, 대전에 대한 역학적 조건은 오히려 충돌시의 접촉면적에 관련된다.

분체조작 조건에 의해 대전의 차이를 반영하는 접촉면적 S는 탄성충돌에 관한 Hertz의 이론과 비탄성충돌에 있어서 물체의 변형에 요하는 에너지 수지(收支)를 이용하여 구하면 다음과 같다²⁾. 즉 탄성충돌 범위에서는

$$S = 1.31 \rho_p^{-2/5} E_p^{-2/5} D_p^2 \beta^{4/5} \nu^{4/5} \quad (1)$$

탄성한계를 넘으면

$$S = 0.41 \pi D_p^2 \sqrt{\frac{\rho_p \beta}{y}} \left\{ \nu - 0.04 \sqrt{\frac{y^5 \beta^3}{E^4 \rho_p}} \right\} \quad (2)$$

여기서 ρ_p는 입자의 밀도, E는 물질 1, 2(입자-벽)영률의 조화평균(調和平均)의 반분(半分), ν는 충돌속도의 벽에 수직한 방향성분, D_p는 직경, y는 항복응력이다. β는 입자가 구형이 아님을 나타내는 형상계수이다(Fig. 1 참조)

접촉부의 곡률반경을 r₀라 하면

$$\beta = \frac{2r_0}{D_p} \quad (3)$$

즉 입자의 표면이 일정치 않고 접촉부의 곡률반경이 직경 D_p에 비해서 작으면 접촉부에는 구의 경우보다도 강한 응력이 작용한다. (1)(2)식의 적용한계를 결정하는 충돌속도(탄성한계속도)는 다음(4)식으로 나타내며, β가 작으면 탄성한계속도도 작게된다.

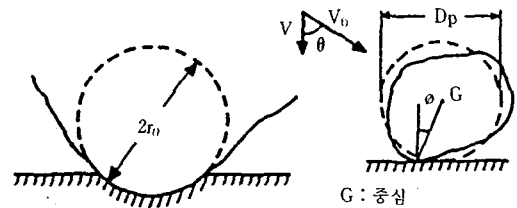


Fig. 1 Collision between particles and walls

$$\nu_c = 1.29 \sqrt{\frac{y^5 \beta^3}{E^4 \rho_p}} \quad (4)$$

따라서 실제 분체조작에서 취급되는 불규칙 입자에서는 충돌속도가 탄성한계를 넘는 것은 오히려 보통이다. (1)(2)식으로부터 접촉면적은 입자직경 D_p의 2승에 비례한다. 이때문에 1개 입자당 대전량도 입자직경의 2승에 비례한다.

다시말하면, 단위 분체질량당 대전량은 입자직경에 반비례한다. 또 충돌속도가 높은 경우 대전량은 충돌속도의 0.8승에 비례하고 [(1)식], 속도가 빠른 경우는 원점을 통하지 않은 직선 관계[(2)식]로 된다.

2.1 분체수송에 의한 대전

분체를 수송하는데는 벨트 콘베이어 등이 이용되지만 배출단에서 분진발생이 문제시 되고있다. 분체는 고정된 수송관내를 빠른 속도로 수송되며 정전기 발생은 피할 수 없는 문제이다. 공기수송된 분체는 사이클론과 백휠터(bag-filter) 등에서 회수되지만 분체는 강하게 대전된다. 백휠터로 떨어진 직후 분진폭발과 분체의 배출, 투입시의 폭발 등은 대전분체의 방전이 원인으로 된다³⁾.

공기수송장치에 있어서 수송관의 일부를 아크릴 등의 투명한 절연물로 만들고 관찰하면 조건에 따라서 주기적인 불꽃방전이 나타난다. 이것은 입자

가 관벽에 충돌하므로써 입자와 관벽이 대전하기 때문이다. 특히 투명부가 무른 절연물의 경우 충돌시 접촉면적이 크기 때문에 절연물의 전위는 급속하게 상승한다.

수송중 입자의 대전은 관벽과의 충돌, 반발 등 매우 빠른 과정을 통해서 발생하지만 이 과정이 몇 번 반복됨에 따라 대전량은 포화에 달한다. 또 충돌하고 있는 1개의 입자에 주목하면 주위 대전입자의 전하가 그 입자의 대전방향과 같은 부호이면 대전은 억제되고, 역으로 다른 부호이면 촉진된다.

충돌전후 전하의 수지(收支)를 취해 얻은 미분방정식을 풀면, 충돌회수 n 에 의한 입자의 전하변화는 다음처럼 나타낸다.

$$q = q_0 e^{-\frac{n}{n_0}} + q_\infty \left[1 - e^{-\frac{n}{n_0}} \right] \quad (5)$$

여기서 q_0 는 입자의 초기전하, q_∞ 는 무한회 충돌시 입자의 대전량이다. 또 n_0 는 입자의 전하 q 가 ($q_\infty - q_0$)의 63.2%에 달할때까지의 충돌회수이고 이를 대전완화 충돌회수라 한다. 이 식에 의하면 입자의 전하 q 는 충돌회수가 증가함에 따라 q_∞ 에 가깝게 된다.

따라서 초기전하 $|q_0|$ 가 $|q_\infty|$ 보다 클때는 전하는 서서히 제거되고, $|q_0|$ 보다 작을때는 대전에 의해 전하는 점점 크게 된다. 그리고 q_0 가 q_∞ 와 반대부호 일때는 대전과정 도중에서 전하가 0으로 되고, 그 후는 부호를 바꾸어 q_∞ 에 접근한다. 이 최종대전량 q_∞ 는 조작조건에 따라서 보면 다음 식으로 나타낸다.

$$\frac{q_\infty}{m_p} = \frac{3 \epsilon_0 V_c}{\rho_p D_p Z_0} \left[1 + \frac{3 \rho_a D m \bar{u}}{4 \rho_p D_p \bar{v}} \right] \quad (6)$$

ρ_a 는 공기의 밀도, m 은 분체질량 유량을 공기질량 유량으로 나눈 것이며 고체와 기체의 혼합비라 불리어진다. \bar{u} , \bar{v} 는 각각 공기, 입자의 관측방향의 평균속도이고 D 는 수송관내의 내경이다. 이 식으로부터 분체 단위질량당 대전량은 분모의 제 2항이 클수록 작게 되는 것을 알 수 있다. (6)식의 분모 제 2항이 1항에 비해 매우 크면 다음과 같이 변형된다.

$$\frac{q_\infty}{m_p} = \frac{\pi \epsilon_0 V_c D \bar{v}}{Z_0 W} \quad (7)$$

여기서 W 는 분체유량이다. 이 식으로부터 장거리

수송에 있어서 단위분체 질량당 대전량을 적게 하기 위해서는 분체유량을 크게하고 가능한 한 저속으로 수송한다. 즉 홀드업 농도(어느 순간에 단위용적당 존재하는 분체량)를 크게 하는 것이 유리함을 알 수 있다. (7)식의 양변에 분체유량 W 를 곱하면, 장거리 공기수송의 최종단에서 단위시간당 방출되는 전하량(전류)을 지배하는 것은 분체유량이 아니고 수송속도임을 알 수 있다.

단, 이것은 (6)식의 분모의 2항이 1항보다 매우 큰 조건을 기준으로 한 것이다. 방전한계 대전량은 Schaffer의 실험식으로 알 수 있다. 즉, 입경 D_p (cm)의 입자에 대해서 나타내면 아래와 같다.

$$q_{\max} = 40 \pi (D_p/2)^{1.7} \quad (\text{esu}) \\ = 13.3 \pi (D_p/2)^{1.7} \quad (10^9 \text{C}) \quad (8)$$

2.3 액분열(液分裂), 입자파괴에 의한 대전

수용액을 분무하고 건조해서 미립자를 만드는 경우 생성된 입자는 정, 부로 대전된다. 즉, 액중의 정, 부이온은 불규칙한 열운동을 행하고 통계적으로 국소적 이온농도 변화가 생긴다. 이 이온농도의 변화때문에 흡입분무되어 생긴 액적(液滴)은 정 또는 부로 대전된다. 액적의 전하량 분포는 정, 부 대칭이며 각각 다음식으로 표현된다.

$$f = \left(\frac{1}{\sqrt{\pi N V}} \right) \exp\left(-\frac{n_c^2}{4 N V}\right) \quad (9)$$

즉, 정으로 대전된 액적도 부로 대전된 액적도 (9)식의 분포에 따른다. 이 식중 N 은 단위용적당 이온수, V 는 나온 액의 용적, n_c 는 정, 부이온 수의 편차이다. (9)식의 적분범위는 $0 \sim \infty$ (혹은 $0 \sim -\infty$)이고 액적의 평균전하량 절대치 $|N_d|$ 는 정, 부에 의하지 않고

$$|N_d| = \sqrt{\frac{4 N V}{\pi}} \quad (10)$$

로 된다.

이 Smoluchowski의 이론에 대해서 Natanson은 이온의 열운동뿐만 아니라 이온간의 힘도 고려하고 있다. 실험적으로는 이온 농도가 $10^{14}/\text{cm}^3$ 정도 이하에서는 \bar{n}_c 는 D_p^3 의 3/2승에 비례한다. 이것은 (10)식의 V 에 $(\pi/6) D_p^3$ 을 대입하면 알 수 있듯이 (10)식의 경향과 일치한다. 그러나 이온농도가 그 이상이 되면 전하량은 일단 감소하고 $10^{18}/\text{cm}^3$ 정도 이상에서는 $\sqrt{D_p}$ 에 비례한다. Chow-Mercer의 실

험에 의하면 직경 $D_p(\mu\text{m})$ 인 액적의 평균전하수는 $|n_e| = aD_p^b$ ($a: 4\sim 20, b: 0.6\sim 0.9$) (11)으로된다.

한편, 대전된 에어로졸 입자를 발생하는데는 액적의 유도전하가 이용된다. 미네소타 대학의 B. Y. H. Liu가 개발한 진동오리피스 에어로졸 발생기(vibrating orifice aerosol generator)의 오리피스 부분에 전압을 가하면 액적은 생성시 정전유도에 의해 하전된다. 이 때문에 액이 증발한 후 남은 입자는 대전된다. NaCl 입자($2.5\mu\text{m}, 3.5\mu\text{m}$)에 대한 실험에 의하면 생성된 입자의 전하는 인가전압에 의해 자유로이 변할 수 있고 최대로는 Rayleigh limit까지 하전된다고 생각된다⁴⁾. $10\mu\text{m}$ 이상의 비교적 큰 액적(절연성 유체)의 발생에는 종래로부터 자주 검토된 바와같이 고전압을 인가한 침전극을 이용하는 방법이 있다.

단, 이 경우 액적직경은 인가전압에 의해 달라지며, 입자직경과 하전량을 다르게 변화시키는 것은 곤란하다. 잉크젯트 프린터에 관련해서 볼 때 진동하는 모세관으로부터 전압을 인가한 구멍난 평판으로 향해서 액적을 발생하는 하전에 대해서도 원추의 앞에 구가 부속된 경우의 유도하전으로써 이론 계산이 행해지고, 실험적으로도 검토되고 있다. 이 경우 액적의 하전량은 모세관의 진동 주파수에 의해 변화한다.

액분열에 의한 액적의 대전에 대해 고체입자를 파쇄(분쇄)할 때의 대전은 정, 부 비대칭으로 된다. 이것은 파쇄된 면에 대해 정, 부의 전하가 불균등하게 배분되는 것으로 생각된다. 인을 여러농도로 첨가한 실리콘 단결정을 기계적으로 파쇄했을 때의 대전에 대해서, 발생하는 전하의 표준편차가 인의 농도에 의해 어떻게 변하는가 검토되고 있다.

전하분포로서 하전수 0을 중심으로 하는 정규분포를 가정하면 표준편차는

$$\sigma = \sqrt{2KPr} \quad (12)$$

이다. 여기서 K는 입자표면의 격자결함수, r는 결정격자가 파쇄됨에 따라 전자가 한쪽 면에서 다른 쪽 면으로 이동하는 확률, P는 결정격자의 파쇄에 의해 전자가 한쪽표면에 머무를 확률이다.

물론 생성된 입자의 전하는 상호충돌, 응집에 의해 중화된다. 또 입자가 분쇄기의 벽과 분쇄매체와의 충돌에 의해 대전된다. 이 때문에 조건에 따라서 전하수의 평균은 0으로 되지 않고, 정, 부 어느

쪽으로도 편재가 일어난다.

빗물과 같이 분열해서 발생한 물방울의 대전은 부로 되는 경향이 있다. 절연체 입자 액적의 일함수는 이들의 입자직경 및 유전율에 의존하는 경향이 있다. 이 경우 전자는 유전율이 높은 물체로부터 낮은 물체로, 또 입자직경이 큰 입자로부터 작은 입자로 이동하기 쉽다. 이 이론에 의하면 액적을 분무에 의해 만들면 액적은 부도 대전하기 쉽고, 입자를 파쇄해서 만든 입자 중 큰 입자는 정으로 작은 입자는 부도 대전되는 경향이 있다.

3. 정전기 장, 재해가 발생하기 쉬운 공정

3.1 수송, 저장, 투입, 배출

원료분체를 수송, 저장하는 공정에 있어서 수송, 저조(貯槽)에의 투입, 그리고 배출부에서 정전기 트러블이 많으며 특히 공기수송의 경우에 있어서 공기의 속도, 온도, 분체의 농도에 의한 차는 있지만 정전기의 발생이 많다. 저조부에서 분체와 공기를 분리하는 백필터(bag-filter)가 설치된 케이스에서 분체가 발생하기 쉽다. 또 자루로부터 투입할때 자루를 두드리고 흔드는 행위, 배출부의 슈트등도 정전기 발생이 많아 대책이 필요하다⁵⁾.

3.2 분쇄

분쇄기는 어떤 기종도 그의 내부에 충격마찰, 박리, 절단 등의 힘이 작용하여 정전기의 발생이 일어나고 있지만 기계내부에 있기 때문에 그 상황이 외부에 나타나기 어렵다. 그러나 제품 배출부의 슈트, 크로스에 고전위로 대전해서 트러블이 발생한다(분쇄기 내부에 볼트, 너트 등 이물질의 혼입에 의해 충격불꽃이 발생해서 분진폭발의 위험성이 크다).

3.3 망체, 분급기

분체의 입도를 균일하게 하기 위해 망을 이용해 체질을 하거나 분급(分給)을 하는 경우 정전기에 의한 분체가 발생하며, 분급기에서는 포집기(捕集機)에서 위험도가 매우 높다.

3.4 혼합, 교반

습식혼합의 경우 그다지 문제가 되지 않지만 건식혼합의 경우에는 정전기 발생이 일어난다. 다른 장치에 비해 속도가 느려 정도는 약하지만 상황은 마찬가지다. 공기식 혼합기의 경우에는 분체의 속도가 크고 백휠터 등이 존재하기 때문에 대책이 필요하다.

3.5 건조기

(1) 재료정치식(材料靜置式)건조기

재료가 정치의 상태에서 건조되기 때문에 정전기의 발생은 특수한 경우를 제외하고 거의 문제가 되지 않는다.

(2) 재료교반식 건조기

모형 드럼식 등 내부에 교반날개를 지닌 기종에는 재료의 교반속도가 느리기 때문에 정전기의 발생은 적지만 원료의 투입, 건조물의 배출시에 문제가 된다.

(3) 유동층 건조기, 기류건조기

공기 등의 가스체를 유동교반 또는 건조관 중을 고속으로 수송하면서 건조하는 것에서 정전기의 발생이 매우 많기 때문에 사고의 확률이 높다.

3.6 집진기

공기중에 존재하는 먼지 등을 집진, 회수하는 장치로 덕트내에서 고속으로 수송된 분체는 고전위로 대전된다. 건식 집진기 중에서 백휠터는 특히 위험하며 여과포(濾過布)에 포집(捕集)된 분체는 주기적으로 박리되기 때문에 고전위로 대전된다. 또 박리때는 분진농도도 고농도에서 저농도의 넓은 범위로 되고 폭발한계내에 있기 때문에 정전기 방전에 의한 분진 폭발의 확률이 높은 장치이다.

4. 정전기 대전의 저감 및 방지

정전기의 발생은 접촉, 마찰, 박리 등에 의해 발생하며 분체를 취급하는 공정에 있어서 접촉, 마찰, 박리 등을 피하는 것은 매우 어렵기 때문에 정전기의 발생을 없애는 것은 불가능한 일이다. 분체

의 취급공정에서 정전기 억제대책의 기본적 항목은 다음과 같다⁵⁾.

(1) 장치 및 기기의 접지

분체를 수납하는 기기 및 처리하는 장치는 접지해서, 기기장치의 대전전위가 높게되지 않도록 한다(분체의 제전은 곤란하다). 또, 수지로 된 중간부품 등에 의해 절연된 금속제품은 정전유도를 받아 대전하면 등가로 되기 때문에 반드시 접지한다.

(2) 속도의 저감

취급속도를 낮추어 접촉, 마찰, 박리를 줄이므로써 정전기 발생을 적게한다.

(3) 습도, 수분의 관리

분위기의 습도, 재료의 수분을 관리해서 필요이상으로 건조하지 않도록 한다. 경우에 따라서는 습도를 증가시킨다.

(4) 대전방지제의 이용

품질상의 문제나 지장을 초래하지 않는 범위에서 대전방지제를 이용한다.

(5) 도전성 재료

기기, 장치의 분체와의 접촉면에는 도장을 되도록 하지말고 스테인레스 등의 재질을 이용한다. 도장, 라이닝하는 경우에는 도전성 재료를 사용한다.

(6) 접속용 재료

기기, 장치에 접속된 호스, 파이프, 크로스, 조인트류는 대전방지 처리된 재료를 사용하고 절연재료는 사용하지 않는다.

(7) 대전방지 백휠터

유동층 건조기, 집진기 등에 사용되는 백휠터는 도전성을 부여해 전하가 빠르게 대지로 누설하도록 한다.

(8) 제전기

방폭(防爆) 성능을 지닌 제전기를 설치한다.

5. 분진폭발

5.1 분체의 착화

가연성 분체가 연소하는 것은 착화원의 열에너지

에 의해 열분해를 일으켜서 가연성 가스를 방출하고 이 가스에 착화해서 화재가 발생한다.

금속분체는 열분해 결과 탄화작용에 의해 생성된 탄소표면의 공기와 접촉된 부분에서 연소가 지속된다. 분진폭발은 부유하고 있는 분진운이 어떤 원인에 의해 착화해서 열, 빛, 압력, 음 등을 발생하면서 이 반응이 서서히 전파하는 현상이기 때문에 분체의 연소성, 입자의 반응성, 착화원의 크기 등 여러가지 물리적, 화학적 요인에 의해 영향을 받는다. 이러한 것들을 배열하면 다음과 같이 된다.

- (1) 분체의 화학적 성질
- (2) 분체의 입도분포
- (3) 입자의 표면상태
- (4) 분진운 농도
- (5) 착화원의 특성
- (6) 분진운을 형성하는 분위기 산소농도
- (7) 분체의 함유수분

분진이 폭발하는 경우 이러한 요인들이 상호관계하기 때문에 이러한 요인이 변화에 따라 폭발현상이 다르게 된다. 따라서 분진폭발성을 조사하는데는 이러한 각각의 요인에 대한 특성을 명확하게 한 상태에서 행해야 한다. 아래 Table 1에는 분진종류별 폭발하한계와 최소 착화에너지를 나타내고 있다.

최소 착화에너지가 낮은 물질이 화재 및 폭발의 위험성이 높으므로 최소 착화에너지가 낮은 물질에 대하여 정전기에 의한 폭발 예방대책을 더욱 철저히 수립하여야 한다.

Table 1 Explosion low limit and minimum firing energy for different powders

분진	폭발하한계 [g/m ³]	최소착화에너지 [mJ]
마그네슘	20	80
알루미늄	35	20
철	120	100
소맥분	60	160
석탄	35	40
유황	35	15
펄프	60	80
에폭시	20	15
폴리에틸렌	20	10
폴리프로필렌	20	30
폴리스틸렌	20	40
콜크	35	45
목분	40	30

5.2 폭발 한계 농도

집진장치, 유동층 건조기와 같이 미세한 분말이 공기 중에 적당한 농도로 분산, 부유하고 있는 상태에 있어서 정전기 등에 착화되면 폭발이 일어난다. 이 부유분진이 폭발하는 농도는 각각 물질에서 고유의 농도범위가 있다. 이 수치는 실험장치에 의한 차가 있기는 하지만 이는 분체의 분산방법의 차이에 의한 것이며 완전한 분산이 곤란하기 때문에 수치는 절대적인 것이 아니다. 또, 수분, 입도, 분위기 습도 등에 의해 차이가 있다. Fig. 2와 3에 알루미눔과 탄진(炭塵)의 예를 나타내었다.

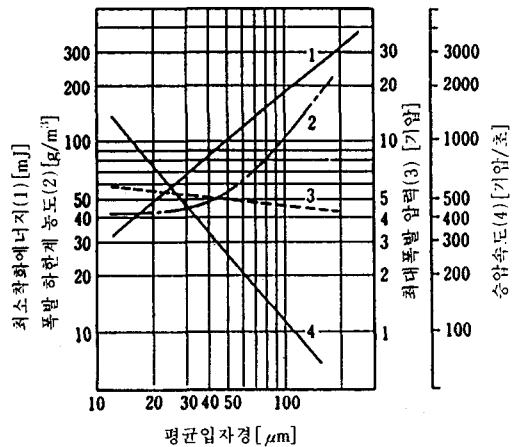


Fig. 2 Relation between average particle diameter and explosion parameter

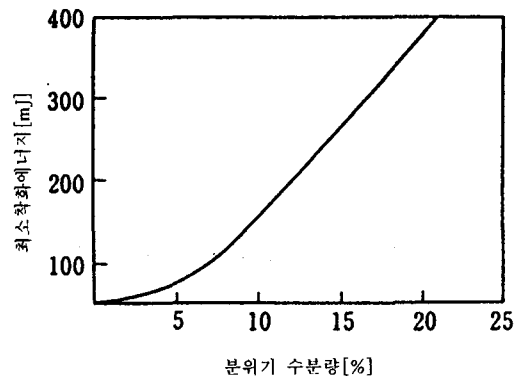


Fig. 3 Moisture effects for minimum firing energy of coal dust

6. 재해의 국소화

정전기 대책등 착화원의 제거대책을 행함에 있어서 남아있는 예측불허의 사태와 작업자의 실수에 의해 분진폭발의 위험이 있다. 이와같은 사고를 고려해서 재해의 국소화, 피난훈련, 안전교육 등의 대책이 필요하다. 재해의 국소화 대책의 예를 아래에 나타내었다.

6.1 레이아웃

건물, 설비를 검토하는 단계에서 취급하는 물질의 위험도를 조사해서 위험도가 높은 설비는 옥외로 설치하던가 옥내에 설치하는 경우에는 벽근처에 설치한다.

6.2 폭발방산구(爆發放散口)

장치내부에 폭발 등의 사고가 발생한 경우에 위험한 압력, 화염을 외부의 안전한 방향과 공간으로 방출하는 설비로 장치강도, 형상, 설치위치, 취급물질의 위험도에 따라서 그의 면적을 결정하며 그의 한 예를 Fig. 4에 나타내었다.

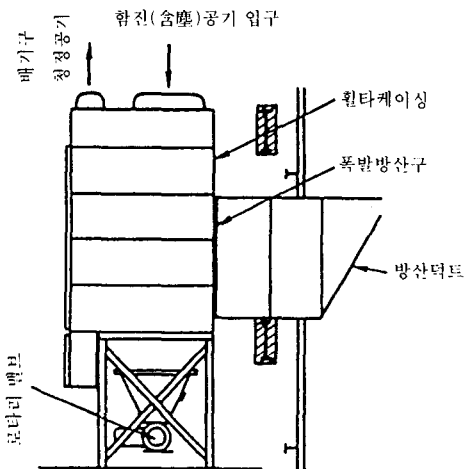


Fig. 4 Explosion dispersion window(Dust collector)

폭발방산구의 면적은 일반적인 위험도 물질에

있어서 다음 식으로 나타낸다.

$$F_2 = F_1 V^{2/3}$$

F_1 : 계수(장치강도, 형상, 설치위치, 취급물질의 위험도 등에 의해서 결정된다. 0.14~0.6정도)

F_2 : 방산구의 면적(m^2)

V : 장치내 용적(m^3)

6.3 긴급차단반(緊急遮斷弁)

사고시 위험한 압력, 화재가 덕트 등의 접속부로부터 다른 설비로 전파하는 것을 방지하기 위해 덕트 중간에 설치해서 압력, 화염 등을 차단하는 것으로 검지기, 제어기, 변작동부 등으로 구성한다.

6.4 폭발억제장치

위험한 압력, 화염 등을 검지해서 장치내부에 억제제(소화제)를 투입하는 장치이다. 억제제로서는 인산암모늄 등이 있다.

7. 결 론

최근 기술개발과 급속한 발전으로 본체의 초미립화는 가능하게 되었으며 또한 산업의 고도화 및 다양화에 따라 본체의 활용은 날로 증가되고 있는 실정이다. 본체를 취급할 시 사용부주의 및 정전기현상에 대한 개념과약의 미지로 인하여 예기치 못하던 재해가 발생해 많은 손실을 초래하고 있다.

정전기, 장, 재해는 자연히 발생하는 것이 아니기 때문에 평소 현상을 관찰하는 안목을 키우는 것이 정전기 장, 재해를 미연에 방지할 수 있는 대책이 되고 항상 안전에 관한 교육과 지도가 요망된다.

이러한 점을 생각하며 본체의 대전현상에 대한 기초이론을 약술하고, 정전기현상이 발생하여 장, 재해를 일으키는 부분을 공정별로 취급하고 분진폭발의 보기와 장, 재해의 국소화 방안을 개략적으로 기술하여 보았다. 미비된 내용 많으리라 생각하지만 금후 본체관련 국내산업에서는 주의 깊게 취급해야 할 것으로 본다.

참 고 문 헌

- 1) 荷福正治, 靜電氣學會誌, 15, 2, pp.110~116 1991.
 - 2) H. Masude and K. Inoya, AICHE J., 24, 6, pp. 950 1978.
 - 3) 內臟道夫, 靜電氣學會誌, 3, 4, pp.209 1979.
 - 4) G. Reischl, W. John and W. Devor .J. Aerosol Sci., 8, pp.55 1977.
 - 5) 坂本 浩, 靜電氣學會誌, 10, 5, pp.315~318. 1986.
-