

플라스틱 공장의 분진폭발 예방 대책

Dust Explosion Prevention in the Plastics Industry

이 형 섭*

개 요

대부분의 플라스틱 분진은 폭발 위험을 내포하고 있으며 이러한 분진 폭발 위험은 공장의 설계와 운영시 고려하여야 할 요소이다. 이러한 위험을 평가하고 그에 따르는 적절한 대책을 세우기 위하여는 무엇보다도 분진의 폭발 특성을 파악하여야 한다. 일반적으로 사용되고 있는 분진 폭발 대책은 폭발을 안전하게 방출시키는 것이며 쉽게 발화되는 플라스틱의 건조 공정, 분쇄 공정 등에 있어서는 Suppression이나 Inerting 등의 방법을 사용하는 것이 효과적이다.

이러한 기본적인 방법 외에도 일반적인 예방 대책으로는 위험 지역의 분류, 관리 철저, 그리고 분진 발생과 발화원을 최소화하고 폭발이 발생할 경우 폭발 지역을 자동 차단하도록 공장을 설계하는 것이다.

1. 서 론

대부분의 플라스틱 분말은 발화 및 화염의 확산 위험이 있으며 이것이 Dust Cloud(분진)의 형태로 공기중에 존재할 경우에는 폭발 위험이 있다. 플라스틱 공장에서의 분진 폭발에 대하여는 정확한 통계 자료가 나와있지는 않지만 폴리에틸렌이나 폴리스틸렌, 페놀 포름 알데히드와 같은 일반적인 플라스틱 재료와 관련된 폭발에 대하여는 많은 자료가 있다.(별첨참조)

일본에서의 분진폭발 재해건수를 알아보면

[표1]과 같이 1952년에서 1984년까지 33년간 총건수는 225건으로 연평균 6.8건이 발생하고 약 17명이 피해를 입었으며 이중 플라스틱류 분진에 의한 폭발 건수는 31건으로 연평균 1건이 발생하고 약 건당 1.7명이 피해를 입었다.

[표1] 분진 종류별 폭발재해상황

분진의 종류	발생건수	재 해 자 수		
		합계	사망	부상
총 계	225	562	88	474
플 라 스틱 류	31	51	5	46
석 탄	12	45	7	38
금 속	49	166	37	129
무기·유기약품	71	109	18	91
농 산 가 공 물	42	113	16	97
섬 유 류	20	78	5	73

[표2]에 공정별로 폭발발생분류를 나타내고, [표3]에 점화원별의 폭발 발생분류를 나타냈다. 공정별로는 분쇄·제분공정과 집진분리공정에서 사고가 빈발하고 점화원별로는 1/3이 충격·마찰에 의한 재해이고 다음이 정전기불꽃에 의한 재해이다.

[표2] 공정별 분진폭발 발생분류

공 정 별	발생건수
분 쇠 제 분 공 정	49
집 진 분 리 공 정	49
건 조 공 정	32
수 송 공 정	24
저 장 공 정	17
연 소 실	3
기 타	51
계	225

* 한국산업안전공단

[표3] 착화원별 분진폭발 발생분류

착화원별	발생건수
마찰 충격	68
이물 혼입	19
기타	49
금속의 파열	9
불티	14
정전기 스파크	39
전기설비	10
용접·용단의 불꽃	26
자연발화	26
불명	24
기타	9
계	225

분진 폭발의 유형은 두 가지로 나눌 수 있는데 하나는 그라인더나 백 필터, Silo 등에서 발생하는 1차 폭발과 다른 하나는 1차 폭발 장소의 주위에 있는 분진이 1차 폭발의 영향으로 폭발하는 2차 폭발이며 이중에서도 더욱 위험한 것은 2차 폭발이다.

영국에서는 공장법(Factories Act 1961) 31조에 의하면 분진 폭발을 방지할 수 있는 모든 가능한 대책을 취하여야 한다고 규정하고 있는 노동법(Work Act 1974)의 "The Health and Safty"조항에서는 작업장의 안전 대책과 분진 폭발 방지 대책의 책임이 공장측에 있음을 명백히 규정하고 있으며 따라서 영국에서는 제조업자나 작업자가 자기 하는 일에 따르는 위험과 그에 대한 대책을 확실히 알고 있지 않으면 안된다.

2. 분진의 폭발특성

분진의 폭발성에 영향을 미치는 요인은 분진의 폭발특성과 밀접한 관계가 있으며 따로 떼어서 생각할 수가 없다. 폭발특성은 온도, 압력 분위기 중의 가스組成, 不活性물질의 존재 등 큰 영향을 받지만, 원래 특성을 측정할 경우에는 얻어진 특성치를 절대적인 것으로 믿을 수 없으며, 상대적인 비교치로서 밖에 이용할 수가 없다.

가. 폭발 한계농도

기체폭발과 마찬가지로 분진폭발에 있어서도 일정한 농도한계 밖에서는 화염이 전파하지 않는

다. 따라서 분진의 종류에 따라서 각각 고유의 폭발 한계농도(공기중)가 있는데, 가스처럼 정확한 수치는 얻을 수 없다. 특히 상한계에 관해서는 일반적으로 널리 알려져 있지 않다.

일반적으로 분진의 폭발하한 농도는 20~60g/m³, 폭발 상한농도는 2,000~6,000g/m³의 범위에 든다고 하는데, 입도나 입도분포, 그밖의 요인에 의해 상당히 변동이 크다.

나. 폭발 한계농도에 영향을 미치는 요인

(1) 입도 및 입도분포

분진의 폭발 한계농도, 특히 하한농도는 분진의 입도나 입도분포에 큰 영향을 받는다.

(그림1)은 평균 粒徑과 폭발하한농도와와의 관계를 나타낸 것으로서 입도가 작은 것일수록 폭발 하한 농도가 낮아진다.

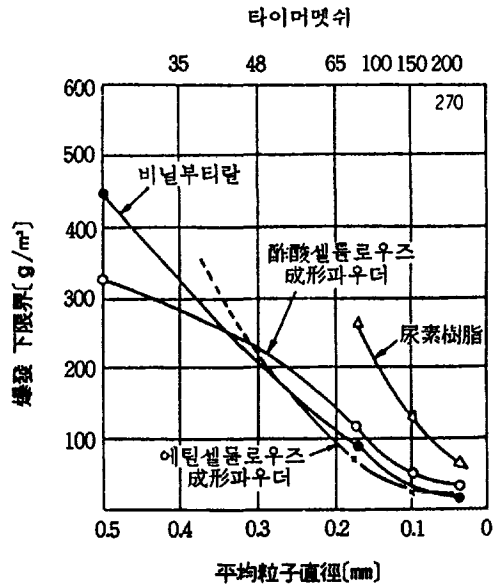


그림1. 플라스틱 분진의 平均粒子 直徑과 폭발하한계와의 관계

(2) 水分

분진공기계에 수분이 있으면 폭발하한농도가 높아져서 폭발성을 잃게 된다.

(3) 산소농도

분진이 分散하는 분위기중의 산소농도가 변화하면 폭발한계농도도 영향을 받는다. 산소중이나

공기중에서는 하한농도가 낮아짐과 동시에 입도가 큰 것도 폭발성을 갖게 된다. 한편 산소농도를 감소시키면 폭발하한농도가 높아져서 폭발불능영역이 생기게 된다.

(4) 가연성가스

메탄, 그밖의 가연성가스나 인화성 액체의 증기가 粉塵空氣系에 혼입해 들어오면 폭발하한농도가 낮아져 위험성이 커진다.

당연히 가스가 폭발 범위에 들어가면, 분진이 존재하지 않더라도 폭발하고 발화에너지는 보다 작아지므로 위험성이 크다. 다만 분진의 폭발상한농도에서는 가스 그 자체의 농도가 폭발 범위에 들어있더라도 분진농도가 지나치게 크면 결국 연료과잉으로 폭발성을 잃고 만다.

(5) 발화원

폭발하한농도도 발화원의 종류에 따라 다르다.

특히 분진에 접촉하는 발화원의 온도가 표면의 상태에 의해서 영향을 받는다. 온도가 높고 표면적이 큰 발화원쪽의 폭발하한 농도가 낮아진다.

다. 발화온도

분진의 발화온도는 가스, 증기와 마찬가지로 측정방법에 따라 상당히 다르므로 物性常數라고 할 수 없으나, 위험도를 판정함에 있어서 대체적인 어림을 하는 相對值로는 중요하다.

분진의 발화온도는 분진의 상태에 의해서 매우 다르다. 즉 입도나 입상, 단독 또는 집합상태, 雲狀 또는 層狀 등의 영향을 미치는 요인도 많다.

라. 최소 발화에너지

분진운에 불꽃을 쫓기면 발화하고 폭발에 이르는 수가 있으며, 또 層狀분진에 있어서도 똑같이 발화하는 수가 있다. 이 발화를 위해서 필요한 최소 에너지의 값이 당연히 존재하는데, 일반적으로 이 값을 분진에 대한 최소 발화에너지라고 한다.

최소 발화에너지는 분진이 전기적인 발화원에 의한 위험성을 아는데 있어서 중요하고 분진 그 자체의 상대적인 위험성은 아는데에도 중요하다.

다만, 분진이 가지는 독특한 성격상, 과거에 측정된 수치는 절대적인 것일 수 없고 실험조건에

따라 달라지기 때문에 定量的으로 논하기는 어려운 일이다.

최소 발화에너지는 많은 요인에 의해서 영향을 받는다. 즉 입도가 작으면 에너지는 작아지고 또한 산소 중에서는 공기에 비해서 작다. 수분이 많으면 커진다. 분진농도가 일정량 이상 필요하다.

휘발분을 함유한 분진에서는 분위기 온도가 상승하면 작아지지만, 일정온도 이상이 되면 휘발분이 날아가고 말기 때문에 반대로 발화하기가 힘들게 된다.

마. 최고 폭발압력 및 압력상승 속도

가연성 분진의 폭발에 있어서 그 파괴력을 나타내는 것이 폭발압력과 압력의 상승속도인데, 그들이 모두 큰 것을 파괴위험성이 큰 분진이라 할 수 있다.

이 특성은 분진계를 대상으로 하는 건물이나 장치, 배관의 안전설계의 기본이 되는 것이므로 매우 중요하다.

분진폭발의 압력-시간의 관계를 그림으로 나타내면(그림2)과 같다.

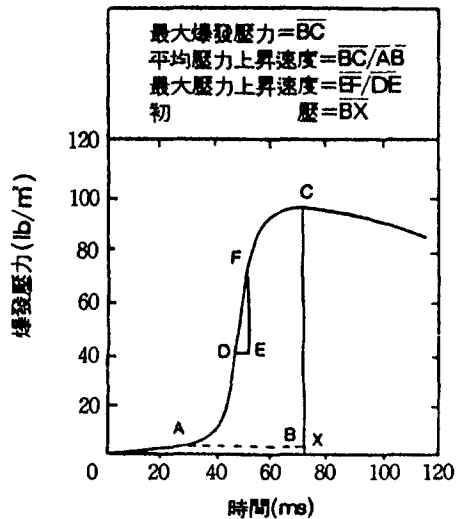


그림2. 폭발압력-시간의 기록도

이 그림에서 BC가 최대폭발압력, BC/AB가 평균압력 상승속도, EF/DE가 최대압력 상승속도, BX가 初壓의 校正値를 나타내는 것이다.

폭발압력, 압력상승 속도도 분진농도, 분위기중의 산소량, 입도, 불활성물질의 混入量, 初壓 등의 많은 인자에 의해서 영향을 받는다.

폭발압력의 최대치는 常壓에서는 대체로 8기압으로 되어 있으며 化學量論組成부근의 분진농도에서 최대치가 얻어진다. 이 경우, 체적비는 대부분의 분진에서는 200~500cm³/m³로서 전용적의 0.05%이하의 농도이어서, 가스의 경우와는 다르다.

압력상승속도, 폭발압력은 입도에 따라 큰 영향을 받아서 입자의 평균경이 작아지면 상승한다.

폭발압력이나 압력상승속도가 분진농도나 분진의 종류에 따라 다른 이유는 유기분진의 경우에서는 연소시에 있어서의 산소의 소비량이나 발생하는 연소생성 가스의 종류와 成分比에 관계가 있다.

바. 불활성 물질과 限界 酸素濃度

부유 또는 퇴적되어 있는 분진의 분위기중 산소농도를 다른 不活性가스의 첨가로 감소시킨다거나, 불활성 물질을 첨가함으로써 분진의 폭발성을 저하시킨다는 것은 폭발방지 대책면에서 응용범위가 매우 넓으므로 잘 알려져 있는 일이다.

限界 산소농도나 폭발을 억제하는 불활성 분진량은 개개의 분진이나 불활성 물질의 종류에 따라서 달라지는 이외에 주위의 온도, 휘발분의 함량, 다른 가연성 가스의 존재 유무, 분진농도나 입도 등에 의해서 영향을 받고 있다.

3. 폭발방지 대책

가. 폭발 안전 방출

폭발 안전 방출구는 격막이나 느슨한 판을 사용하거나 닥트를 통하여 연소물을 배출시킬 수도 있다.

안전 방출구의 설계시 고려하여야 할 사항은 장소의 안전성과 크기이다. 최근까지 영국에서는 방출구의 크기를 결정하는데 있어 방출을 방법을 많이 사용하여 왔으나 최근에 와서는 Nomograph나 Cubic law 방식이 많이 사용되고 있다. 후자의 방식은 Bart Knecht가 개발한 것으로 서독 VDI

3673(1979)과 미국 NFPA 68(1978)의 기초가 되고 있으며 영국 British Guide에도 언급되어 있다.

이들 두 방식을 설명하면 다음과 같다.

1) 방출을 방식

방출을이란 방출구 면적 / 단위 용적을 말하는 것으로 이것은 [표4]에서 보는 것과 같이 최대 압력 상승율과 관계가 있다. 여기에 나와있는 것은 단위 용적이 28m³(1,000ft³) 이하일 경우에만 적용할 수 있으며 28m³이상일 경우에는 방출을은 그 만큼 더 작게 된다.

[표4] Vent ratio method of sizing vents*

Maximum rate of pressure rise (dP/dt) _{max} (bar · s ⁻²)	Vent ratio(m ⁻¹)
< 345	1/6
345-680	1/4 · 5
> 680	1/3

*Based on Hartmann test apparatus.

2) Nomograph 또는 Cubic law 방식

Bart Knecht는 최대 압력 상승율은 용적(V)의 변화에 따라 다음과 같이 변화됨을 알았다.

$$\left(\frac{dP}{dt}\right)_{max} \cdot V^{1/3} = K_{st}$$

여기에서 K_{st}는 용적을 상수를 말하는 것으로 폭발 강도를 나타내지만 폭발 강도는 발화 강도 및 용적 등에 의해 좌우된다. [표5]를 보면 폭발 강도를 분류하는데 K_{st}를 이용하고 있다. 열 가소성 플라스틱을 포함한 대부분의 플라스틱은 st1 분류에 속하며 몇몇 페놀 수지는 st2 분류에 속한다.

Nomograph는 용기의 용적 및 설계 강도, 방출 압력, 폭발 강도 등과 방출 면적과의 관계를 발전시킨 것으로 0.2 bar g 이상의 설계 강도를 가진 용기에 대하여 적용되며 용적은 1~1,000m³길이와 직경의 비는 5:1미만이어야 한다.

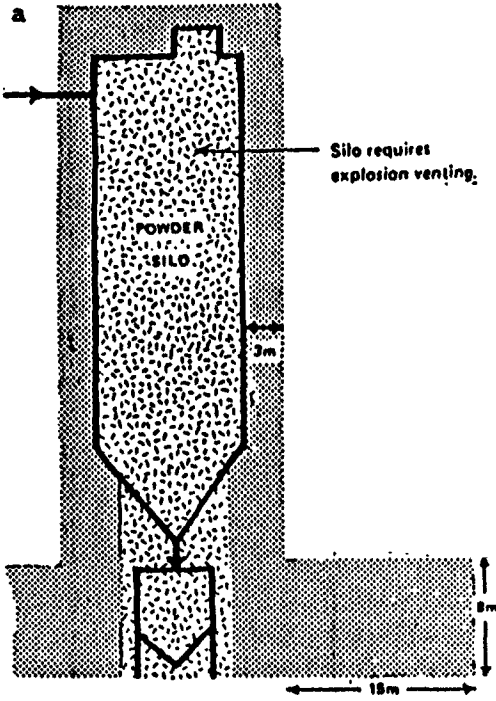
이외에 방출구의 크기를 결정하는 방법으로는 K-Factor와 Rust 방식 등이 있다.

[표5] 분진의 삼승근에 의한 분류

Dust explosion class ^b	Kst(barms ⁻¹)	Explosion characteristics
St 0	0	No explosion
St 1	0-200	Weak
St 2	200-300	Strong
St 3	> 300	Very strong

^aBased on strong ignition source: 10 kJ and 1m³ test apparatus

^bSt is derived from German for dust: Staub.



나. 폭발의 억제(Suppression)

Suppression은 압력이나 자외선 또는 적외선 감지기를 이용, 조기에 폭발을 탐지하여 소화약제(할로겐화물, 분말)를 투입한다. 일반적으로 플라스틱 공장에서는 특히 위험한 공정에만 이 방식을 사용한다.

다. Inerting

폭발 방지를 위한 Inerting은 질소와 같은 불활성 가스를 공정에 주입하는 것으로 이것은 특히 폭발 위험도가 높은 경우에 사용되며 안전 기준치

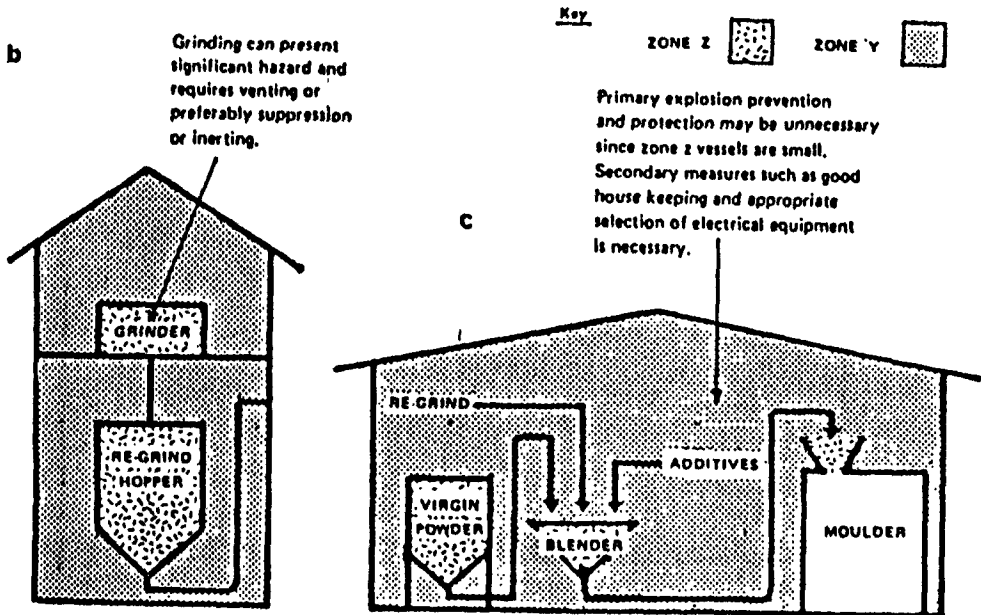


그림3. Hazard area classification and explosion prevention and protection of some polyethylene powder handling operations.

의 내압을 유지하기 위해서는 불활성가스를 많이 사용하기 때문에 비용이 많이 든다.

라. 위험지역의 분류

현재 인화성 가스와 증기의 위험 지역 분류는 잘 되어 있으며 IEC(International Electrical Commission)에서는 인화성 분진의 분류 기준을 개발하고 있다.

BP Chemicals에서 자체적으로 분류한 2 지역 방식을 보면 다음과 같다.

1) Z지역: 일상 작업중 인화성 분진과 공기의 혼합물이 계속적으로 또는 규칙적으로 발생하는 지역.

2) Y지역: 일상 작업중 인화성 분진과 공기의 혼합물이 발생하지 않으며 설령 발생하더라도 일시적으로 발생하는 지역.

Z지역은 일반적으로 건조기, 그라이더, 혼합기, 여과기, 운반기, Silo 등의 내부나 위험한 공정 주위의 지역으로 흔히 Y지역은 Z지역 공정 주위의 지역이다.

그림3을 보면 폴리 에틸렌 취급 공정의 지역 분류의 한 예를 나타낸 것으로 이러한 위험지역 분류의 한가지 장점은 해당 위험지역에서 사용되는 전기설비의 기준선정에 이용될 수 있다는 점이다. IEC에서는 Z지역의 기준을 dust-tight로 Y지역의 기준을 dust-protected로 명시하고 있다.

4. 분진폭발 재해사례

(일본('78~'89))

분진종류	장소(기계)	재해자(사망)	발생상황	착원원
테레프탈니트릴 분진	건조실	0	테레프탈니트릴의 건조 분류를 하는 건조실에서 진동축부의 상부에서 정전기 스파크가 일어나 테레프탈니트릴의 분말이 폭발 하였으며, 스크류컴베이어와 연결된 Shaft상으로 화염이 전파됨.	정전기 불꽃
폴리스틸렌 분진	건조기 Bag filter	0	폴리스틸렌 탈수건조 공정에서 폴리스틸렌을 원통 건조기에 넣어 건조중에 분진 폭발이 발생하였다. 원인은 Bag filter의 여과포(테트론벨트)에 폴리스틸렌의 미분을 세정 작업중 박리할때 고전위 정전기 방전의 불꽃에 의하여 인화하고 폭풍이 회전식 건조기에 역류 되었던 것으로 추정됨.	
폴리에틸렌 분진	Bag filter	0	폴리에틸렌 분말을 포장하기 위해 분말원료 Tank로 공기 운송할 때 동 탱크에 접속되어 설치된 Bag filter내에서 폭발됨. 여과포의 도전성이 저하되어 그곳에서 정전기 불꽃에 의해 착화된 것으로 추정됨.	
DPP(가소제)	배기 Blower 및 배기 닥트	1(0)	에폭시공장 건물내에서 원료의 DPP(디페닐프로판) 850Kg을 넣은 용기를 hoist로 반응기 상부호퍼로 투입작업중 갑자기 호퍼에서 불꽃이 분출하여 작업중에 재해자가 상반신에 화상을 당함. 화염은 약12분 후에 진화하였으나 반응기 부속품 주변설비의 일부가 파손됨.	불명
			원인은 반응기 건물2층 천정의 배기 Blower의 내부에 있던 분진폭발이 발생됨. 이 화염이 배기닥트를 따라 DPP 투입중의 반응기 주변에 도달 화재로 확산된 것임.	
폴리에틸렌 분진	폴리에틸렌 반제품 Silo	0	폴리에틸렌 수지 공장에서 원료를 포장 반제품 Silo에 공기수송 중에 Silo가 폭발함. Silo 내부를 청소할 하지 않았기 때문에 축적된 폴리에틸렌 분진이 박리 낙하될 때 정전기 불꽃이 착화원이 된 것으로 사료됨.	정전기 불꽃

비스페놀 A분진	제품저장Silo	0	에폭시 수지의 원료인 비스페놀 A제품 공장의 최종공정에서 제품이 축적된 Silo내에서 폭발이 발생함. Silo 본체 및 근접 건물의 지붕, 벽이 전파됨.	운반장비 회전부의 마찰열
ABS 수지 분진	Silo	0	ABS 수지 분체를 저장하는 금속제 원통형 Silo(높이 14m, 직경 4.8m) 내의 Silo 상부에 설치된 집진기 내에서 원인 불명의 발호 폭발이 일어나 Silo가 전파됨.	불명
"	집진장치	0	ABS을 제조하여 ABS 수지가공 포장 공장내에서 작업중 ABS 수지 혼합기 상부에 설치된 국소배기장치 등의 내부에 축적된 분진이 폭발됨. 원인은 수지 혼합기에 설치된 국소배기장치의 혼합기에 설치된 국소배기장치의 흡입 Duct부에 발생된 정전기 불꽃이 착화원이 되어 발화하였다. 닥트내를 전파하여 집진계내에 분진폭발이 발생된 것으로 사료됨.	정전기 불꽃

5. 주요설비의 분진폭발 대책

가. 반응기·혼합기(Brérder)

반응기·혼합기와 같은 장치는 정전기 대전이 일어나기 쉽기 때문에 정전기에 의한 점화원이 항상 존재한다고 생각하여야 한다.

장치에 투입된 분체는 가연성 물질일 경우가 많고 반응기 중에는 가연성용제가 들어있는 경우도 많으므로 투입구부근은 폭발성 혼합기체상을 형성하고 있을 가능성이 있다. 또한 분체투입시에는 부유분진이 생성되므로 반응기내에 공기와 용제증기가 존재하고 있는 상태에서 교반을 행하면서 분체를 투입하는 것은 극히 위험한 작업이다.

안전대책으로는 정전기의 대전 및 축전을 가능한한 억제하여야 한다. 즉, 분체용기 및 투입구에는 도전성 재료를 사용하고 확실하게 접지(接地)를 행하며 작업자는 대전방지복이나 정전화를 착용하고 투입속도를 제한한다.

또한, 반응기·혼합기등의 내부를 불활성가스로 치환하는 것도 효과가 있다. 이때는 용기내 각부의 산소농도를 측정하면서 불활성가스를 공급할 필요가 있으며 반응기등의 공간부에는 용제증기가 존재하지 않게끔 하여야 한다.

나. 분쇄기(Grinder)

분쇄기의 종류는 여러가지이고 운전속도 또한

저속에서 고속까지 여러 종류이다. 분쇄기는 공기 중에서 분쇄할 때 발열량이 큰 물질이나 충격·마찰불꽃을 발생시키며 대단히 위험하다. 그러나 일반적으로 분쇄기는 분쇄공정의 기계적인 힘에 견딜 수 있게끔 단단하게 만들어져 있으며 내부에서 폭발이 일어나더라도 그 입구 또는 출구가 폭발압력 방출구의 역할을 하기 때문에 본체가 크게 파손되는 일은 없다.

안전대책으로는 압력에 견딜 수 있게끔 설계하고 폭발압력 방산구나 폭발억제장치를 설치할 필요가 있다. 분쇄기는 내부에 금속편이나 자갈등이 원료중에 혼입하여 마찰·충격불꽃을 일으키기 때문에 점화되기 쉽다. 그 대책으로는 자력 또는 공기압력을 이용한 이물질제거(분리)기를 설치할 필요가 있다.

또한 원료의 공급속도가 최적치로부터 크게 벗어나면 분쇄기중에서 이상고온을 발생시켜 화재·폭발의 위험성을 유발할 수 있다. 즉, 분쇄기에 걸리는 부하가 너무 크거나 또는 너무 작아도 위험하므로 설계시에는 모타에 과전류차단기를 부착하는 것이 좋다.

다. 건조기(Dryer)

건조기는 열원이 존재하고 또한 건조기내부는 교반에 의한 분진부유상태가 발생가능하므로 일반적으로 발화·폭발의 위험성이 높다. 분체가 발화하지 않게끔 열원의 온도를안전한 저온영역에

설정해야 하나 이를 위해서는 분체의 열적성질, 특히 자연발화온도를 파악해둘 필요가 있다.

또한 어떤 경우에는 자연발화온도보다 훨씬 낮은 온도에서 운전하여도 그 분체가 건조기내에 장기간 체류하면 발화하는 경우도 있다. 이것은 그 물질의 열화(劣化)에 의하여 발화온도가 저하되었기 때문이며 또한 축열에 의하여 분체자신의 온도가 건조기의 온도보다 높아졌기 때문이다. 이것을 방지하기 위해서는 건조기내에 분체가 장기체류하지 않는 구조로 만들 필요가 있다.

라. 저장조(Silo)

저장조는 단순한 저장목적의 작은 용기로부터 자동공급, 배출설비를 가진 커다란 사일로까지 많은 종류가 있으며 사일로등의 분진폭발사고는 규모도 크고, 사일로용량은 점점 커지는 경향을 나타내고 있으므로 그 안전대책이 대단히 중요하다.

저장조는 내화구조로 하고 큰 저장조는 옥외에 설치한다. 또한 저장조는 밀폐구조로 하여 분진의 방산을 방지한다.

사일로내의 부유분진을 억제하기 위해서는 집진기를 병설하면 되지만 집진기내의 화재·폭발이 사일로내로 전파하지 않도록 차단벽(방폭벽) 등으로 격리시킬 필요가 있다. 저장조로부터 분체를 배출할 때는 분진이 누출하여 그것이 퇴적하거나 또는 부유분진운을 형성할 위험성이 있으므로 국소배기장치를 설치하도록 한다.

마. Conveyor

벨트콘베이어, 스크류콘베이어 등의 콘베이어의 작동중에는 기계적인 마찰이나 충격, 볼트 등의 부품의 낙하에 의한 충격불꽃등에 의한 착화위험성이 존재한다. 특히 노후설비나 보수불량의 설비에는 이와 같은 위험성이 높기 때문에 Maintenance 를 충분히 실시해야 한다. 또한 작동중에는 다음 사항에 주의해야 한다.

belt conveyor에서는 벨트의 가동부분에 분진이 퇴적하지 않도록 한다. belt conveyor에서는 Basket와 엘리베이터지주와의 충돌이나 볼트 등의 부품이 분체중에 혼입되지 않도록 충분히 주의한

다. 스크류콘베이어에서는 분체의 막힘이 원인이 되는 과부하에 의한 발열이나 금속 등의 이물질의 혼입에 의한 착화원의 발생에 주의한다.

6. 결 론

대부분의 플라스틱 분진은 발화 및 화염 확산의 위험과 분진 폭발 위험이 있어 작업자들은 항상 이러한 위험을 인식하고 적절한 안전 대책을 세워야 한다.

플라스틱 공업에 있어 분진 폭발 위험이 있는 공정은 건조 공정, Grinding 공정—특히 위험하며, 혼합 및 이송, 저장 공정으로 이러한 위험을 평가하고 적절한 대책을 세우기 위해서는 무엇보다도 분진의 폭발 특성을 알아야 한다.

위험 평가에 있어 중요한 요인은 최소 폭발 농도로 최소 폭발 농도에 이르지 않는 한 위험은 거의 없다고 볼 수 있다. 다른 중요한 요인으로는 최소 발화 에너지를 들 수 있는데 최소 발화 에너지가 25mJ 이하인 플라스틱 재료는 특별한 주의를 하여야 한다.

플라스틱 공장에서 가장 일반적으로 이용되고 있는 폭발 방지 대책은 폭발 안전 방출의 방법인데 이러한 방법은 최대 압력 상승률에 대한 정확한 자료가 있어야 하며 건조공정이나 Grinding 공정 및 쉽게 발화되는 분진을 취급할 경우에는 Suppression 이나 Inerting 등의 방법이 사용되고 있다.

이러한 기본적인 대책이외에도 위험 지역 분류, 철저한 관리, 분진 발생의 억제 및 폭발 발생시의 자동 차단 등과 같은 2차적인 대책도 중요하다.

대부분의 플라스틱은 매우 저항이 큰 물질로서 정전기가 쉽게 대전할 수 있기 때문에 이에 대한 특별한 대책이 필요하며 이러한 것은 공장 설계시에 보다 효과적으로 이루어질 수 있을 것이다. 압축 공기에 의한 고밀도 이송 전도성 여파기의 사용, Plant 접지 등은 그러한 방법중의 하나이다.

參 考 文 獻

- 1) “粉じん 爆發の 防止對策” 日本 中央勞動災害防
止協會, 1990.
- 2) “분진 방폭안전기법” 한국산업안전공단, 1990
- 3) Pressure Relief of Dust Explosions, VDI Rich-

linien VDI No.3673.(1983).

- 4) Dust Clouds: Min. Explosible Conc. Nordtest
Method, NT FIRE 011, Nordtest Stockhdm
(1980).
- 5) 松田東榮:可燃性粒じん の爆發と 火災 日本,
安全工學協會(1988).

별첨)

플라스틱의 분진폭발 자료

분진 의 종류	부유분진의 발화점 ℃		최소점 화에너지 mj	폭발하 한계 g/m ²	최대폭 발압력 c) kg/cm ²	압력상승속도 d) kg/cm ² ·sec		부유부진 의 전기 불꽃에의 한발화를 방지하기 위한한계 산소농도 e) %	분진폭발 방지를위 한 최대 허용산소 농도 e) f) %
	부유상	층 상				평균	최대		
(열경화성프라스틱)	480		80	60	4.2	36	102	-	-
페놀포름알데하이드	500	320	10	25	7.4	210	770	14	9
페놀포름알데하이드 성형폼파운드	490	-b)	10	30	6.6	161	770	14	7
페놀·프르프랄	520	310	10	25	6.3	140	595	14	11
요소포름알데하이드	470	-	80	70	4.2	49	126	17	11
나일론	500	430	20	30	6.7	70	154	13	6
초산셀룰로오즈	420	390	15	35	7.8	151	455	13	7
초산셀룰로오즈성형폼파운드	410	-	40	35	6.3	70	133	14	7
삼초산셀룰로오즈	430	-	30	35	6.2	112	301	12	6
푸로피온산셀룰로오즈	460	-	45	25	7.3	112	329	-	-
메틸셀룰로오즈	360	340	20	30	6.9	168	385	13	-
에틸셀룰로오즈	340	330	15	20	7.0	182	490	12	8
에틸셀룰로오즈성형폼파운드	320	-	10	125	7.1	147	11	7	-
카복시메틸셀룰로오즈	350	260	180	165	5.7	42	84	16	5
비스코스레이온후륙	520	250	240	55	6.2	56	119	-	-
폴리카보네이트	710	-	25	25	5.5	112	329	51	-
아세탈	440	-	20	35	6.2	112	287	11	-
알키드성형폼파운드	500	270	120	155	1.1	7	105	15	-
크마론인덴	520	-	10	15	6.5	196	770	14	11
폴리에틸렌옥사이드	350	-	30	6.2	70	140	12	5	-
폴리우레탄포움	510	440	15	25	6.2	98	259	-	-
고무(경질)	350	-b)	50	25	5.6	84	266	15	13
합성고무(경질)	320	-	30	30	6.5	77	217	18	11
세락	400	-	10	20	5.1	98	252	14	9
로딘	440	-	-	55	5.7	133	529	17	10
리요닌	510	-	160	65	5.6	119	329	17	13
요소포름알데하이드· 성형폼파운드	450	-	80	75	6.4	63	161	17	11
메라민포름알데하이드	790	-	50	65	6.4	56	126	15	-
아릴알콜·에스테르CR-39	500	-	20	35	7.5	196	840	13	4
에폭시	540	-	15	20	6.0	140	420	12	-
(열가소성프라스틱)									

이형섭

폴 리 에 틸 렌	410	380	10	20	6.0	112	385	12	&
폴 리 프 로 필 렌	420	-	30	20	5.3	105	350	-	-
폴 리 염 화 비 닐	660	400	g)	-	-	-	-	-	-
폴 리 초 산 비 닐	550	-	160	40	4.8	35	70	17	11
폴 리 염 화 비 닐-초 산 비 닐	690	-	g)	-	-	-	-	-	-
폴 리 염 화 비 닐-아 그 틸 로 니 트 틸(60-40)	570	470	25	45	3.4	56	112	-	-
폴 리 비 닐 알 콜	520	440	120	35	5.3	91	217	-	-
폴 리 비 닐 부 티 랄	390	-	10	20	5.9	70	140	14	5
폴 리 염 화 비 닐 리 덴 성 형 폴 티 스티 렌	900	-	g)	-	-	-	-	-	-
폴 리 스티 렌	490	470	40	20	5.1	105	280	14	7
폴 리 스티 렌 성 형 콤파운 드	560	-	40	15	5.4	105	350	14	9
폴 리 스티 렌 아 크 틸 로 니 트 틸(70-30)	500	-	30	35	5.0	42	98	-	-
폴 리 스티 렌 브 타 디 엔 라 렉 스	470	-	60	30	5.6	35	98	-	-
사 불 화 에 틸 렌	670	570	g)	-	-	-	-	-	8
일 염 화 삼 불 화 에 틸 렌	600	720	g)	-	-	-	-	-	-
폴 리 메 틸 메 타 크 릴 레 이 트	480	-	20	30	5.9	63	140	11	8
폴 리 메 틸 메 타 크 릴 레 이 트 성 형 콤파운 드	440	-	15	20	7.1	32	126	14	7
폴 리 이 소 부 틸 · 메 타 크 릴 레 이 트	500	280	40	20	5.1	112	145	-	-
폴 리 아 크 틸 아 마 이 드	410	240	30	40	5.2	63	112	-	-
폴 리 아 크 틸 로 니 트 틸	500	460	20	25	6.2	140	350	13	-
폴 리 에 틸 렌 테 레 프 타 레 이 트	500	-	35	40	6.4	133	385	13	-
수 지 산 나 트 림 (프 라 스틱 충 진 체)	350	220	60	40	6.7	105	252	14	-
α-셀 룰 로 우 즈	410	300	80	50	7.2	105	420	17	7
셀 룰 로 우 즈 프 룩 면 프	420	260	40	55	7.2	140	490	13	-
프 룩	470	-b)	25	50	6.6	120	420	17	7
쿨 크	470	230	45	35	7.1	140	385	-	-
목 분	430	260	30	40	7.1	161	525	17	7

<주> a) 시료는 200mesh b) -는 측정결과가 얻어지지 않은 것을 나타냄. b) 순탄산가스 중에서 발화하는 것을 나타냄 c) 최대폭발압력은 분지농도 500g/m²에서 얻은 값이다. d) 평균압력 상승속도는 최대폭발압력을 점화하여 거기에 달하는데 요하는 시간으로 나누어 얻은 것이고 최대압력 상승속도는 압력시간곡선에서의 최대 기울기를 나타냄. e) 불활성 가스로서 탄산가스를 사용할 경우의 값을 나타냄 f) 850℃의 爐內에서도 발화가 일어나지 않을 때의 공기불활성 가스 혼합기체중 산소농도를 나타냄 g) 8.32 Joule에서 발화를 인지 못함.