

# 대전된 분체의 정전기제전장치 제작 및 특성에 관한 연구

김준삼 · 이련구 · 이동훈 · 엄상호\*

부경대학교 안전공학과 · \*양산대학 산업안전과

## 1. 서론

최근 플라스틱공업, 유기합성공업, 금속분체공업 및 사료공업 등의 기술이 진보함에 따라서 원료 및 제품을 분체로 취급하는 공정은 현저하게 증가되고 있는 실정이며, 미립자의 제조, 분쇄, 건조, 분급, 혼합 등의 신공정에서는 유동이나 부유상태로 취급하거나 고온 분위기하에서 처리하는 경우가 많다. 그리고 이에 수반하여 분진폭발 위험성이 상당히 인식되고는 있으나 가스 또는 액체에 의한 폭발 위험성만큼 충분히 알려져 있지 않고 있다.<sup>1)</sup> 분진에 대한 최초의 폭발기록<sup>2)</sup>은 1785년 이탈리아의 제분공정에서 일어난 사고였다. 그 이전에는 탄광의 갱내 폭발사고를 단순히 가스폭발이 원인이라고 생각했었는데 이 시기에 이르러 분진폭발이 원인일 수 있다는 인식을 갖기 시작하였던 것이다. 결국 18세기말부터 이러한 분진폭발에 대한 연구가 유럽과 미국, 소련 등에서 산업재해의 방지대책으로서 연구되기 시작하였으나 그 실적은 매우 부족하였다. 그러나 20세기 들어서 각종 산업에서 여러 가지의 분체를 생산·취급하면서 세계 도처에서 분진폭발이 다수 발생하여 수많은 인적·물적피해가 발생하였으며, 이로 인해 전세계적으로 분진폭발에 대한 연구가 활발히 진행되었다. 따라서 본 연구에서는 대전된 분체의 정전기 전압을 착화를 야기하지 않을 정도까지 저하시키기 위한 최적의 정전기제거장치를 개발하여 대전된 분체로 인한 화재·폭발사고를 미연에 방지하고자 한다. 이를 위하여 연면방전을 이용하여 공간 중에서 양이온과 음이온을 생성하여 대전된 분체를 정전기 중화로서 완화시키는 원리를 이용하고 있다.

## 2. 분진폭발의 재해사례<sup>3)</sup>

1952년부터 1984년까지 일본에서의 분진폭발의 발생상황에 의하면 연평균 발생건수는 6.8건, 연평균사상자수는 약 17명에 달한다. 즉, 1건당 평균 사상자수는 2.5명에 상당한다. 또한 설비가 대형화함에 따라 사고의 규모나 물적피해는 점점 커져가는 경향이 있어 폭발 후의 화재로 인한 공장전소의 예도 있다. 그림 1에는 분진의 착화원별 폭발 발생상황을 표시하였다. 그림 1에 의하면 착화원으로는 약 1/3이 마찰·충격이고, 다음

으로는 정전기 착화에 의한 것으로 나타났다.

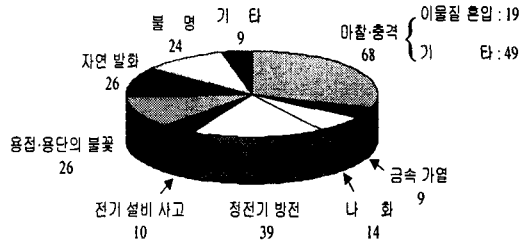


그림 1. 착화원별 분진폭발 발생 상황(일본, 1952~1984년)

### 3. 실험

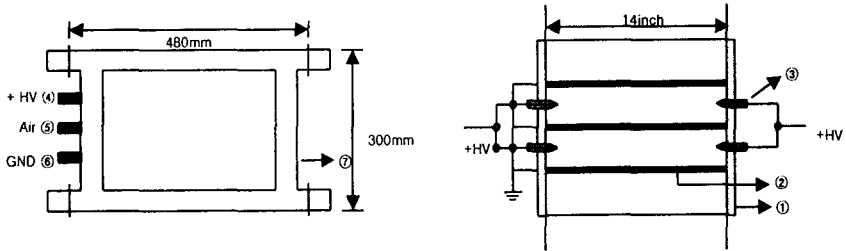
그림 2는 대전된 분체의 정전기를 제거하기 위한 장치를 나타낸 것이다.

그림 3은 대전된 분체의 정전기 제거 특성을 모의 분체대전장치를 이용하여 측정하기 위한 장치이다. 장치의 주요구성은 분체대전장치, 이송용 파이프, 대전된 분체의 정전압측정을 위한 Faraday Cage, 정전전압계 및 분체 정전기제전장치로서 구성되어져 있다. 대전된 분체는 분체 정전기제전장치에 의해 생성된 이온운(공간이온층)으로 형성된 수송관로를 통해서 Faraday Cage내로 포집된다. 한편 Faraday Cage 내로 분체의 유입을 촉진하기 위하여 하부에는 진공펌프를 부착하였다. Faraday Cage에 포집된 분체의 정전전압은 정전용량형 정전전압계(Yokogawa, Japan)를 통하여 직독할 수 있도록 하였다.

그림 4는 분체대전장치의 외형구조를 나타낸 것이다. 즉 공기와 분체를 ejector 방식으로 날려 보내도록 되어 있다. 분체의 대전장치는 방전침에  $\ominus$  고전압을 인가하여 방전침의 끝부분에서 코로나방전을 일으켜 공기중의 가스분자 또는 원자로부터  $\ominus$  이온을 생성시켜, 이를 각각의 분체에 하전시켜서 대전된 분체를 만들도록 하였다. 분체의 대전전압은 방전침에 인가하는 고전압을  $-20\text{kV} \sim -80\text{kV}$  까지 가변하여 조절하도록 하였다. 또한 대전된 분체의 이동속도를 조절하기 위하여 분체의 분사압력을 최대  $5\text{kg/}$

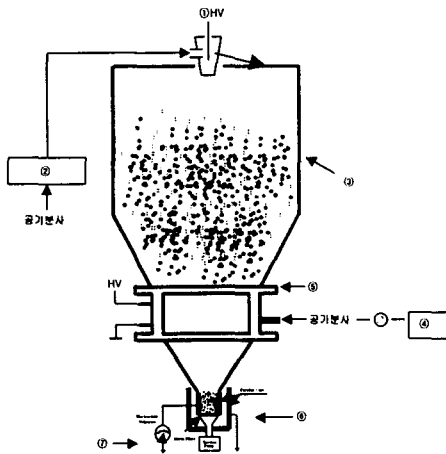
cm 까지 변화시켰다.

본 실험은 분체의 환경변화에 따라 상당히 민감한 영향을 받기 때문에 항온항습실 (온도  $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  55% RH  $\pm 2\%$ , 대기압 760 torr)에서 모든 실험을 하였으며, 재현성을 확인하기 위하여 평균 3회 측정을 실시하였다.



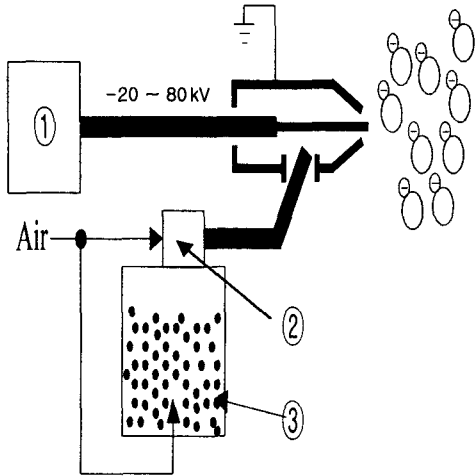
- ① Inner Pipe    ② Wire Electrode    ③ Point Electrode    ④ +HV Power Wire
- ⑤ Air Inlet    ⑥ GND Wire    ⑦ Outer Pipe

그림 2. 분체 정전기 제전장치



- ① 분체 대전장치
- ② 실험용 분체  
(Methylmetacrylate Butadiene Styrene  
: MBS 300mesh )
- ③ Cyclon pipe    ④ Air Comp.
- ⑤ 분체 정전기제전장치    ⑥ Faraday Cage
- ⑦ 정전전압계

그림 3. 실험실에서의 분체 대전완화 실험장치도



- ① High Voltage Power Supply
- ② Pump
- ③ 실험용 분체  
(Methylmetacrylate Butadiene Styrene : MBS 300mesh )

그림 4. 분체 대전장치의 외형 구조

#### 4. 결과 및 고찰

##### (1) 제전기내 공기분사압력의 변화에 따른 이온전류

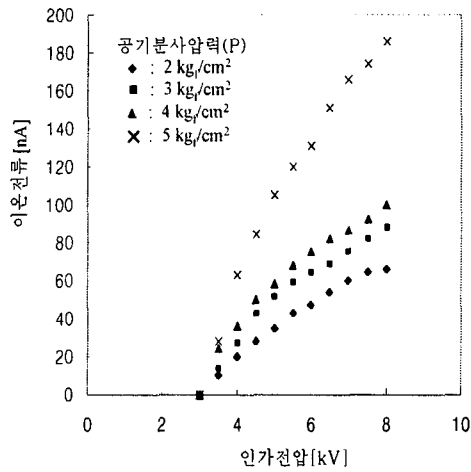


그림 5. 제전기내 공기분사압력의 변화에 따른 생성 양이온 전류

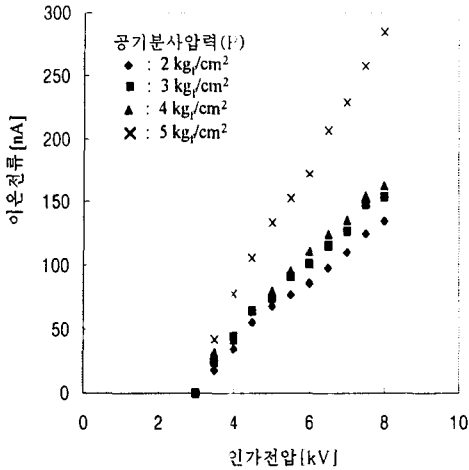


그림 6. 제전기내 공기분사압력의 변화에 따른 생성 음이온 전류

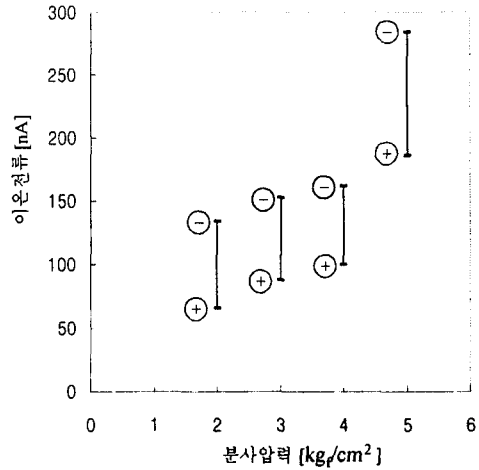


그림 7. 제전기내 공기분사압력의 변화에 따른 생성 음이온전류(+,-)의 편차

그림 5 및 6은 그림 2의 분체 정전기제전장치 내로 유입되는 공기압의 변화에 따른 양이온 및 음이온 생성전류를 나타낸 것이다. 그림 5 및 6에서 알 수 있듯이 인가전압이 높을수록 이온생성율이 높은 것을 알 수 있고, 공기압이 클수록 생성된 이온을 이송하는 속도가 크기 때문에 이온전류가 크게 나타남을 알 수 있다. 한편 그림 7은 생성이온 전류의 편차를 나타낸 것으로 음이온이 양이온 보다 다소 많이 나타나는 것은 분체 정전기제전장치의 연면방전에 의해 생성된 이온중 음이온은 주로 전자임을 감안하여 볼 때 전자의 이동도(mobility)가 양이온보다 훨씬 빠르기 때문으로 생각된다. 따라서 인가전압의 +측 offset를 적절히 조절하면 양이온 및 음이온 balance를 이룰 수 있을 것으로 생각된다.

## (2) 인가전압 파형의 변화에 따른 생성 이온전류

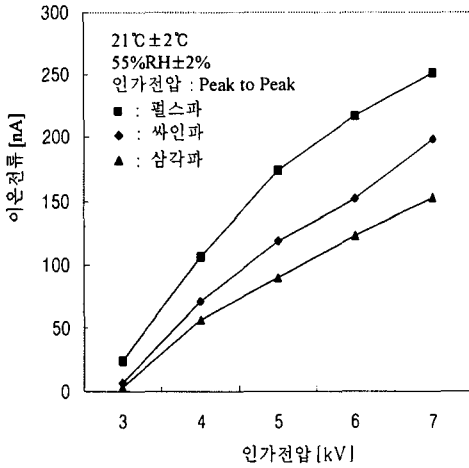


그림 8. 인가전압 파형의 변화에 따른 생성 이온전류

그림 8은 인가전압의 파형변화에 따른 생성 이온전류를 나타낸 것이다. 그림 8에서 알 수 있듯이 펄스파인 경우가 삼각파인 경우 보다 약 30~40% 정도 이온전류가 높게 나타나 있다. 이는 이온을 생성하기 시작하

는 코로나 방전영역에 관계하는 것으로 미루어 볼 때 펄스파가 가장 코로나방전에 기여하는 전력이 높다는 것을 알 수 있다.

## (3) 제전성능

표 1. 분체입자의 최대대전전압이 4.5[kV]일 때의 제전완화특성

제전기 인가전압[kV]	5	5.5	6	6.5	7
제거후 분체정전압[kV]	1	0.54	0.19	0.1	0.08

표 2. 분체입자의 최대대전전압이 7[kV]일 때의 제전완화특성

제전기 인가전압[kV]	5	5.5	6	6.5	7
제거후 분체정전압[kV]	3	1.2	0.8	0.3	0.2

표 1은 분체의 최대대전전압이 4.5[kV]이고, 제전기의 인가전압을 5[kV]에서 7[kV]까지 변화시켰을 때 대전된 분체의 제전완화특성을 나타낸 것이다. 표 1에서 알 수 있듯이 인가전압이 5[kV]일 때는 약 0.1초 이내에 22% 이하로 완화하였으며, 7[kV]일 때는 약 1.7% 이하로 완화함을 알 수 있다.

표 2는 분체의 최대대전전압이 7[kV]로, 제전기의 인가전압을 5[kV]에서 7[kV]까지 변화시켰을 때 대전된 분체의 제전완화특성을 나타낸 것이다. 표 2에서 알 수 있듯이 인가전압이 5[kV]일 때는 약 0.1초 이내에 43% 이하로 완화하였으며, 7[kV]일 때는 약 2.8% 이하로 완화함을 알 수 있다. 따라서 인가전압이 높을수록 제전완화특성이 우수함을 알 수 있다.

## 5. 결론

본 연구를 통해서 개발된 분체 정전기 제전장치를 이용하여 인가전압, 인가전압의 파형, 공기분사압력의 변화에 따른 제전완화특성을 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 인가전압의 파형은 펄스파형일 때 가장 생성 이온전류가 큰 것으로 나타났으며,
- 2) 공기분사압력의 변화에서는 2~4kg/cm<sup>2</sup>일 때는 생성 이온전류가 완만히 상승하였으나, 5kg/cm<sup>2</sup>에서 생성 이온전류가 약 30% 정도 급격히 증가함을 알 수 있었다.
- 3) 대전된 분체의 제전완화 특성 실험에서는 인가전압이 높을수록 대전 완화전압이 저하함을 알 수 있었다.

## 6. 참고문헌

- 1) R.J Loveland, "Electrostatic Ignition Hazards in Industry", Journal of Electrostatics, Vol. 11, No 1, p. 3, 1981.
- 2) Y.TABATA, "全國工場事業場における静電気の實態調査, 産業安全研究所技術資料", RIIS-TN-70-3, p. 11, 1970.
- 3) 中央災害防止協會編, "粉じん爆發防止對策", pp. 22~28, pp. 106~117, 1996.