

코로나 대전에 의한 분진의 정전기 착화에너지에 미치는 영향

문균태 · 최광석* · 신대성 · Mizuki Yamaguma* · 정재희

서울산업대학교 에너지환경대학원 · *일본산업안전연구소

1. 서론

과거의 10년에 걸쳐서, 정전기로 인한 분진 코팅 기술의 발전이 활발하게 이루어 졌다. 예를 들면 정전 도장(EPC)시스템, 정전 농약살포, 정전 선별 등의 산업이 발달하면서, 정전기력에 의해 분진입자의 거동을 제어하기 위한 코로나 대전 기술이 활발하게 연구되어지고 있다. 이렇듯 정전 도장(EPC)시스템이 증가하고 있는 추세이지만 실제로 정전 분체 도장 사업장에서 정전기에 의한 분진의 화재 사고가 국내는 물론 선진국에서도 빈번히 발생[1],[2]하고 있다.

이러한 정전기에 의한 분진의 화재사고는 분진을 점화시키는데 필요한 최소 에너지(MIE)에 관한 정확한 데이터와 대전된 분체에 대한 방전특성에 관한 안전대책의 미흡 때문이다.

따라서 본 연구에서는 실험으로 대전된 분체에 대해서 분체의 MIE와 방전특성에 관하여 고찰하고자 한다.

2. 실험

2.1 실험장치 및 방법

본 논문[3][4]에서는 Fig.1과 Fig.2 장치를 기초로 하여 실험을 실시하였다. 실험장치의 구성도는 Fig.1과 같다.

주요 실험 장치는 폭발용기, 초음파 진동기(21kHz, $10^5\mu\text{m}$ 진폭가능), 분진 호퍼 및 메쉬(Stainless steel), 전극(tungsten, sharp tips, 2mm in diameter)으로 구성되고, 전원 장치 및 보조 장치는 고전압 dc 발생장치 (100 Ω , C=100pF-5000pF), 디지털 오실로스코프(Textronix TDS430A), 전류 증폭기(Textronix AM503), 데이터 분석 컴퓨터(PC)를 사용했다. Fig.2는 실험에 사용된 코로나 이온 발생 장치의 사진을 나타냈다. 이온을 발생시키기 위하여 \pm DC 0~8kV를 사용했으며, 접지된 외함의 내측 안에 Fig.2에서 보여기는 것처럼 직경이 0.2mm 정도의 텅스텐 재질의 와이어를 삽입하여 코로나 이온 발생이 가능하도록 하였다.

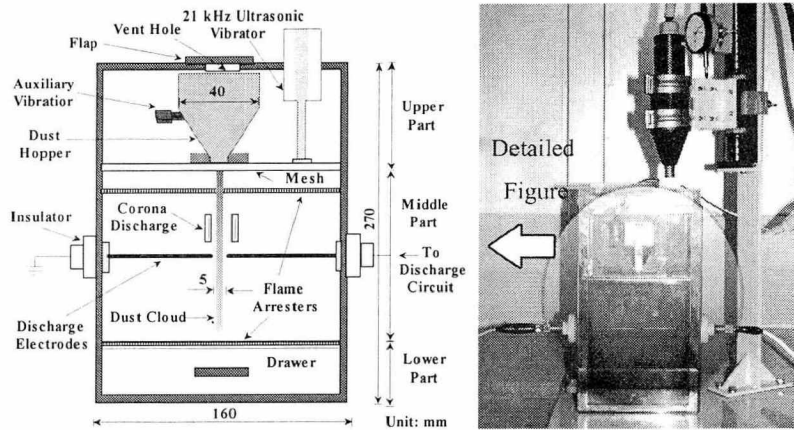
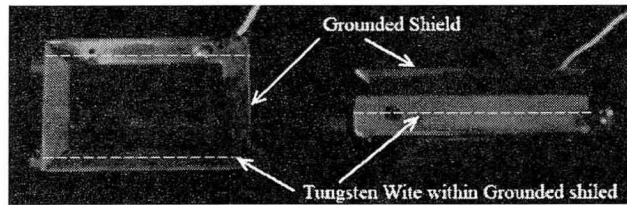


Fig.1 ultrasonic vibrator(21kHz) type MIE apparatus.



(a) Top View (b) Side View

Fig.2 photos of corona discharge used in this study.

실험방법은 다음과 같다. 1) 초음파 전원을 켜다. 2) 초음파 낙하 분진의 정확도를 확인한다. 3) 고전압(V)와 캐퍼시턴트를 조절하여 방전스파크를 준다. 10회 반복 실험한다. 4) 위 3)의 방법에 대해 착화가 일어나지 않았을 시에는 고전압(V)을 상승시킨다.

본 연구에서는 분체가 정전기 스파크에 의해서 10회 이내에 한번의 착화가 일어나도 실험자가 착화라고 판단한다.

2.2 (샘플)분진

본 연구에서는 정전분체도장에서 현재 사용하는 Polyester(일본 D회사)를 사용 하였다.

실험의 신뢰성을 높이기 위하여 모든 분진을 20℃에서 24시간 이상 건조를 시킨 후 실험을 행하였다.

주사전자현미경(SEM)과 입경분포측정 장치(LSD-400A Win 1.21: 습식)를 사용하여 분체의 형상과 입경분포를 측정된 결과 Polyester 는 다양한 크기를 가지고 있었다. 본 실험에서 분진의 형상을 샘(SEM)에 의해 관찰한 결과 Polyester는 거의 둥근 원형모형을 가지고 있음을 확인하였다. 또 입경의 중앙치(D50)는 32 μ m로 측정되었다.(Fig.3)

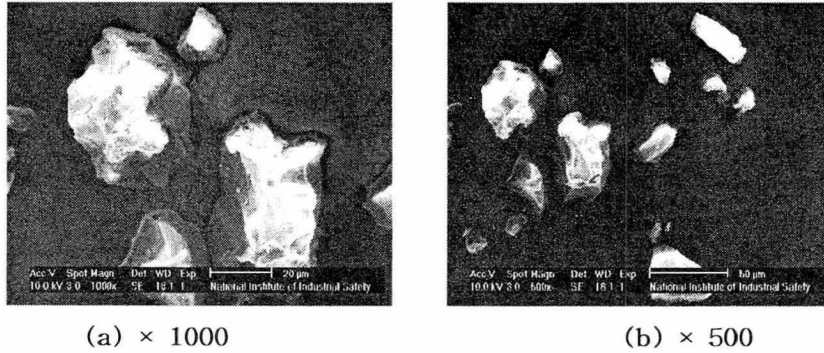


Fig.3 SEM images of polyester powder

3. 실험결과 및 고찰

3.1 낙하분진 최소착화에너지의 변화

코로나 대전을 시키지 않았을 경우와 5kV, 6kV, 7kV, 8kV의 (+),(-) 코로나 대전을 시켜 MIE를 측정한 결과 Table 1과 같이 나타났다. 실험결과 (+) 대전을 시켰을 경우 대전전위가 증가함에 따라서 MIE는 감소하는 것으로 나타났다.

그러나 (-) 대전의 경우 5kV 이상에서는 대전전압이 증가하여도 MIE의 변화는 없었으나, 착화 확률이 높아지는 결과를 보였다. 단, 착화 확률은 50회 반복실험을 하여 착화성에 관하여 데이터 하였다.

Table 1. 코로나 대전에 의한 Polyester의 MIE 변화

Supply voltage[±kV]	최소착화에너지(mJ)			
	Positive		Negative	
0(Charge-free)	45 < MIE <50	4번째 착화	45 < MIE <50	4번째 착화
5	29 < MIE <32	4번째 착화	29 < MIE <32	10번째 착화
6	29 < MIE <32	5번째 착화	29 < MIE <32	4번째 착화
7	25 < MIE <29	2번째 착화	29 < MIE <32	3번째 착화
8	25 < MIE <29	1번째 착화	29 < MIE <32	2번째 착화

3.2 코로나 대전에 의한 방전특성

코로나 대전시 방전특성은 Table 2와 같이 방전개시전압이 낮아지고, 방전지속시간이 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 대전된 분진에 의해 형성된 전계와 코로나 이온 발생기에 의한 자유이온의 영향으로써, 방전지속시간이 길어짐에 따라 방전 에너지가 커지는 것으로 나타났다. 일반적으로 방전지속시간이 700µs 이내인 경우, 방전지속시간이 길어질수록 분진의 착화 에너지는 감소하는 것으로 보고 된 바 있다.[5]

따라서 코로나 대전으로 인해 방전특성의 변화함에 따라 분진의 코로나 대전 전압이 증가할수록 분진의 MIE는 감소하는 것으로 판단된다.

Table 2. 코로나 대전시 방전특성 변화

코로나 대전(kV)	방전개시전압(kV)	방전지속시간(μ s)
0	7.4	154
5	7.1	171.56
6	6.9	175.12
7	6.8	198.98
8	6.7	205.24

4. 결 론

코로나대전으로 인한 분체의 MIE와 방전특성을 분석한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

1. 대전전압이 증가함에 따라서 분진의 MIE가 감소하는 것으로 나타났다.
2. (+)대전시 MIE의 감소와 (-) 대전시 착화확률이 증가 하는 것으로 나타났다.
3. 코로나 대전으로 인해서 방전개시전압(On Set Voltage)의 감소, 방전지속시간이 길어지는 방전특성 변화는 분진의 착화성을 향상시키는 것으로 판단된다.

참고문헌

1. D.E. Woolard, "Electric Field Modeling for Electrostatic Powder Coating of a Continuous Fiber Bundle", J. of Electrostatics, Vol. 35, pp. 373-387, 1995.
2. 榎本兵治 "粉塵爆發-危險性評價와 防止對策 ", pp. 102-103, 1991.
3. Choi K-S, M. Yamaguma, T.Kodama, Joung J-H, M. Takeuchi (2001). A new apparatus for forming dust clouds using ultrasonic vibration of electrostatic spark ignition of fine powders for MIE measurements. The lecture paper presented of the institute of electrostatics Japan.pp.43-44
4. 정재희외, "대전된 분체의 점화위험성 규명과 측정방법에 관한 연구", 한국산업안전학회, p.38-44
5. W. Ishihama (1982). Studies on the Ignition Energy of Dust Clouds. J. of Japan society for safety engineering, Vol.21, No.5, pp.273-27