

정전기로 인한 정전도장분체의 착화위험성

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

한국산업안전공단 안전보건연구원 · *서울산업대학교 에너지환경대학원

**일본산업안전연구소

1. 서 론

최근 정전 분체 도장, 전기 집진, 정전 농약 살포, 정전 선별 등 코로나 대전을 이용하여 분체의 운동을 정전기력으로 조절하는 기술이 급속히 진보하고 있다. 특히, 정전 분체 도장 시스템(Electrostatic Powder Coating System; EPC)[1]의 경우, 유해성 물질(신나, 톨루엔, 휘발성 탄화수소(Volatile Organic Compound; VOC) 등)을 사용하는 종래의 도장과는 달리, 대기 중에 유기물을 방출하지 않고, 환경에 유해하지 않는 기술(법제화)의 하나로써, 미국을 비롯한 유럽 각국, 일본에서는 분체 도장 시스템의 비율이 늘어나고 있는 추세이다.

실제로 정전 분체 도장 사업장에서 정전기에 의한 분진의 화재 사고가 국내는 물론 선진국에서도 빈번히 발생[2],[3]하고 있어, 미국 및 유럽에서는 이러한 재해를 미연에 방지하기 위해서는 분진을 점화시키는데 필요한 최소한의 에너지(Minimum Ignition Energy; MIE)를 정확하게 파악하여야 하며, 이를 참고하여 안전대책을 실시하고 있다. 그러나 국내에서는 이와 관련하여 정전도장에서 사용되는 분체들의 MIE 평가와 지침이 수립되어 있지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 논문에서는 세계적으로 널리 사용하고 있는 Hartmann식[4] 을 이용하여 정전분체 도장에서 사용하고 있는 분체의 착화위험성을 평가하였다.

2. 실험

2.1 실험용 분진

본 논문에서 사용된 시료는 자동차 정전도장에서 사용되고 있는 Epoxy와 Polyester를 사용하였다. 입경 분포 측정기(LSD-400A Win 1.21: 습식)를 사용하여 분진의 평균 입경을 측정한 결과, Table 1과 같이 나타났다. 또한 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 분체의 형상을 관찰한 결과 Polyester Black의 경우는 대체적으로 구형 입자로 나타났다.

Table. 1. 시료의 평균입경 및 형상

Sample	D50 [μm]	Shape
Epoxy	93	irregular
Epoxy(50%) + Polyester(50%)	31	irregular
Polyester(Black)	11	spherical

2.2 실험장치 및 방법

본 논문에서는 Hartmann 측정장치(MIKE-3)를 이용하여 정전분체 도장에서 사용되는 분체의 MIE를 측정 하였다. Hartmann식은 시료분진을 수직원통 용기속에 붙어 넣어 만든 분진운을 전기스파크로 점화하여 폭발하한계, 최소점화에너지, 폭발압력 등의 특성을 측정할 수 있다[4]. 착화에너지 1 mJ-1000 mJ, 인덕턴스 1 mH, 방전지속시간 120 ms로 설정하였고, 착화판정은 20회 이내에 분체가 착화되는 경우를 착화라 판정하였다.

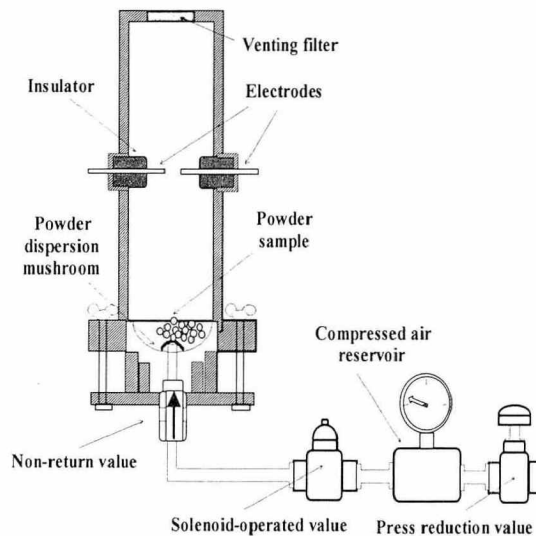


Fig 1 Hartmann식 최소착화에너지 측정 장치

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 실험결과

3.1.1 Epoxy의 농도변화에 따른 MIE

Epoxy의 착소점화에너지는 농도 1.25 kg/m³에서 최소점화에너지(10 mJ < MIE < 100 mJ)를 갖는 것으로 나타났다. (점선: 점화되지 않은 한계)

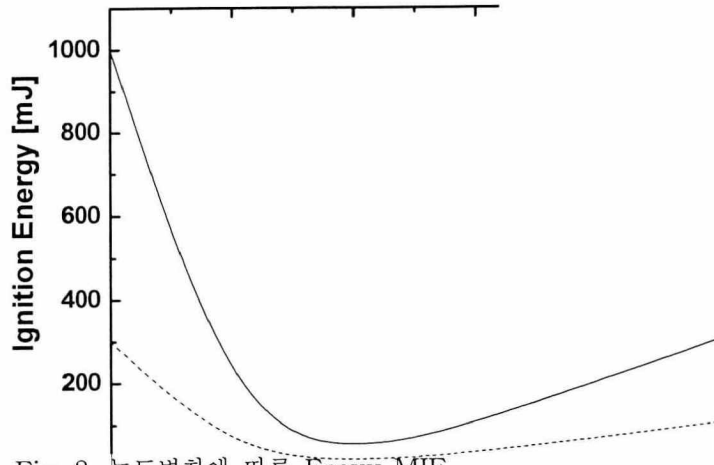


Fig. 2. 농도변화에 따른 Epoxy MIE

3.1.2 Epoxy+Polyester의 농도변화에 따른 MIE

Epoxy+Polyester의 경우 농도 1.0 kg/m^3 이하에서는 MIE가 증가하나 1.0 kg/m^3 이상에서는 MIE의 변화가 없는 것으로 나타났고, 최소점화에너지($10 \text{ mJ} < \text{MIE} < 100 \text{ mJ}$)를 갖는 것으로 나타났다.(점선: 점화되지 않은 한계)

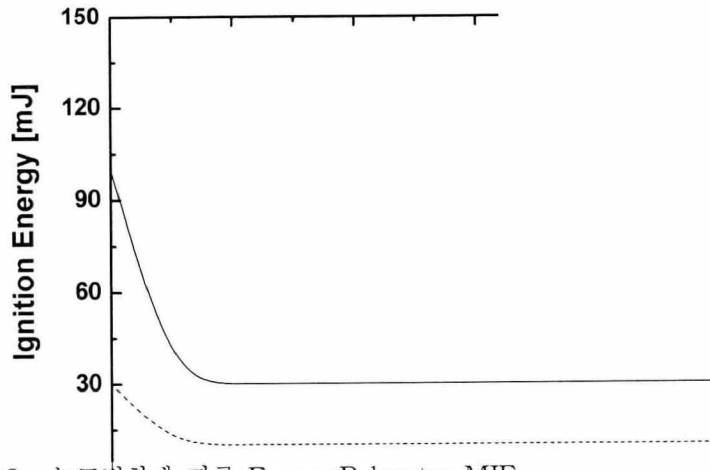
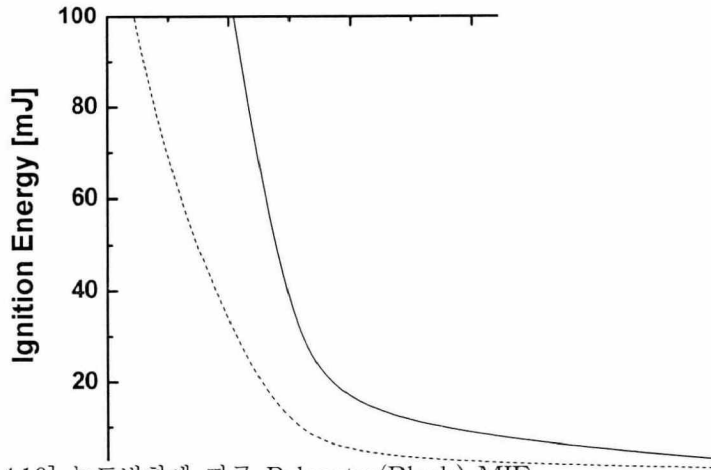


Fig. 3. 농도변화에 따른 Epoxy+Polyester MIE

3.1.3 Polyester(Black)의 농도변화에 따른 MIE

Polyester(Black)의 경우 3.0 kg/m^3 에서 최소점화에너지($1 \text{ mJ} < \text{MIE} < 3 \text{ mJ}$)를 갖는 것으로 나타났고, 본 실험에서 사용된 정전분체 중 가장 낮은 점화에너지로 측정되었다. (점선: 점화되지 않은 한계)



[그림 4.10] 농도변화에 따른 Polyester(Black) MIE

4. 결 론

Hartmann 식 측정장치를 이용하여 정전도장에 사용되는 분체의 MIE를 측정한 결과 Epoxy 1.25 kg/m³에서 10 mJ < MIE < 100 mJ, Epoxy+Polyester 1.0 kg/m³ 이상에서 10 mJ < MIE < 100 mJ, Polyester(Black) 3.0 kg/m³에서 1 mJ < MIE < 3 mJ로 폴리에틸렌 10mJ, 알루미늄 20mJ[5] 등 다른 분체의 MIE보다 훨씬 낮은 것으로 정전기로 인한 착화 위험성이 큰 것으로 나타났다.

따라서 정전도장은 종래의 유해물질을 발생하는 도장에 비해 사용비율이 크게 늘어날 것이며, 정전기로 인한 재해도 증가 할 것으로 국내에서도 정전도장작업에서 사용되는 분체의 정확한 MIE 평가를 통해 적합한 기준 및 안전대책이 수립되어야 할 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. 杉山弘, "化學工場에 있어서 靜電氣 障·災害와 그 對策", The lecture paper of static electricity of Japan, pp. 10-16, 1977.
4. 정국삼외, "안전공학실험", 동화기술, p. 19, 1992.
5. 정재희외, "최신전기안전공학", 신광문화사, p. 376, 2003