

## 진동형 분체 최소착화에너지측정장치의 특성

최광석\*, 정재희\*, Mizuki YAMAGUMA\*\*, Wei Lam CHEUNG\*\*, Tsutomu KODAMA\*\*

서울산업대학교 안전공학과\*, 일본 노동성 산업안전연구소\*\*

### ABSTRACT

It is widely recognized that conventional means for determining the minimum ignition energy(MIE) of powder are time-consuming and require operational skill. As a variety of new fine powders are being produced day by day in industry, there is an urgent need to a quicker and more economical means to measure MIE. To meet this requirement, we have developed a measurement system which employs a novel method to create an air/dust mixture in a miniature combustion box. In this system, the powder to be tested input into a hopper made of metal mesh, and successively fed downward to form a thin, curtain-like dust/air mixture by vibration. With this new apparatus, three type of powders -Lycopodium, Anthraquinone, and Polyacrylonitrile-were tested and the MIE data were compared with those taken with a conventional apparatus(the Hartmann tube). Two of them agreed satisfactory, but the other, anthraquinone, showed quite different values supposedly due to the agglomeration of the powder particles by static-charge.

### 1. 서론

일반적으로 가연성 분진의 최소착화에너지(이하 MIE라고 한다)를 측정하는 방법으로는 소형 용기 내에서 압축공기를 사용하여 분진을 위로 부유시켜 발생시킨 다음 불꽃방전을 주어 분진의 착화실험을 하는 Hartmann식<sup>1)</sup>이 주로 이용되고 있고, 이 방법에 의해 다수의 분진의 MIE가 data 화되어 있다.

그러나 최근 분진의 제조기술의 진보에 따라 분진의 미세화 및 새로운 원료의 개발 등으로 가연성 분진은 점점 다양화 되고 있으나, 안전관리상 이러한 새로운 분진등의 MIE을 신속하게 측정할 필요가 있다.

Hartmann식은 착화시간의 조절, 착화후의 용기류의 청소, 실험장치의 숙련된 조작성 등의 실험의 어려움을 가지고 있다. 또한 폭발에 견디는 견고한 구조와 압축공기계통이 필요하다는 등의 제조 가격이 상당히 고가인 점으로 현재 일부 실험 연구기관에서 장치를 도입하려는 것을 꺼리는 경향이 나타나고 있고, 재래형(Hartmann식) 실험장치의 단점을 보완하기 위하여 특별한 지식과 숙련을 필요로

하지 않고도 어느 정도의 높은 실험 결과를 얻을 수 있는 장치의 보급이 필요하다. 따라서 본 연구는 일본에서 신개념을 도입하여 개발한 진동형 분체 착화 에너지 측정장치<sup>2,3)</sup>의 대표적인 실험 분체로 재래형(Hartmann식)과 MIE의 비교하여 실험장치의 특성을 알아보는데 있다.

## 2. 실험장치 및 방법

Fig. 1과 Fig. 2는 실험장치 및 분체봄베의 구성으로 분체봄베의 구조는 바구니 모양으로 외용기와 내용기의 이중구조로 되어있으며, 외용기와 내용기의 사이에 스테인레스재질의 mash를 삽입하고 실험분체는 내용기에 채운다. 또한 외용기의 아래 부분에는 장방형구멍을 설계해두어 내·외용기 사이의 mash로부터 빠져 나온 분체가 용기 내에서 sheet형상의 분진을 형성시킨다.

착화용기는 분체봄베 및 방전전극계통으로 일체화시키고 진동대위에 고정시킨다. 진동기는 미세한 조절이 되도록 하였으며, 분진발화 시에 화염의 전파를 억제하기 위하여 분체봄베의 하부 및 착화용기 아랫부분에는 Flame Arrester를 설치하였다. 방전전극은 선단을 약 60° 모양의 침상형으로 가공한 스테인레스 봉(φ 2mm)로 하고, 방전회로는 LC의 직렬회로(L=0.94, C=100~1000PF)를 사용했다. 조건은 비교 대상의 재래형(Hartmann식)의 측정장치의 조건과 동일하게 했다. 방전에너지 W[J]는 방전 전의 콘덴서 C[F], 충전전압 V[V]를 측정하여,  $W=1/2CV^2$  로 계산하였다.

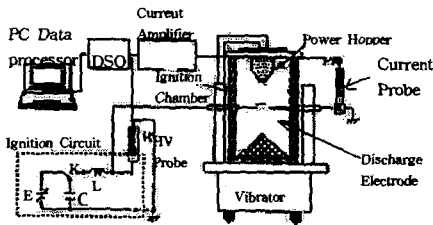


Fig. 1 Vibrating MIE measurement system

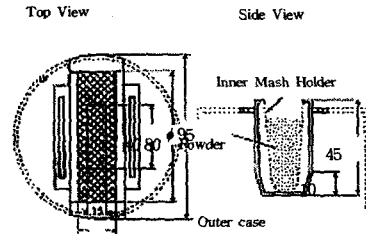


Fig. 2 Structure of powder hopper

이 실험에 사용한 분체는 IEC 규격<sup>1)</sup>에 교정실험용 분체로 지정된 것으로서 Lycopodium, Polyacrylonitrile 및 Anthraquinone 이다. 분진 착화의 유무판정은 방전에 의한 분진이 발화하여 화염이 분체 봄베 하부의 Flame Arrest에 도달한 경우를 착화라고 판정한다. 그리고 동일 에너지에서의 20회 이내에 실험한 결과가 전술한 상태가 나타나지 않은 경우에는 불착화라고 판정하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

진동형 측정 장치로 얻어진 착화에너지 측정결과를 Fig. 3에 나타냈다. Fig. 3에서는 ○는 착화된 최소방전에너지를, ■는 불착화된 최대의 방전에너지를 의미한다. 착화에너지의 값은 ○와■의 사이에 존재한다고 함을 알 수 있으며 그 값은 9~34mJ 사이에 있다.

본 연구에 사용된 3종류의 분체의 MIE를 정리해서 Table 1에 나타내었다. 이표에 의하면, Lycopodium 및 Polyacrylonitrile은 재래형(Hartmann식)과 거의 같은 MIE를 가지고 있으나, Anthraquinone에 대해서는 상당한 오차가 있는 것으로 나타났다. 이것은 Anthraquinone의 입경분포가 중요한 역할을 하는 것으로 사료된다.

Table 1에서 mash를 통과한 분체의 입경분포(LDSA win 1.21 측정장치)를 측정 한 결과 Anthraquinone의 입도가 178 $\mu$ m로 기타 물질보다 상당히 큰 값을 나타내고 있다. Anthraquinone의 시험 분체를 만들 때 미리 150 $\mu$ m mash를 사용하여 입경을 조절을 하였기 때문에 실험결과에서 작은 값을 얻을 수 있었다.

따라서, Anthraquinone의 경우에는 mash의 통과시에 분체의 응집이 일어난다고 생각되며, 각각의 실험 분체에 대해 mash를 통과한 후의 대전량을 측정 한 결과를 Table 2에 나타냈다. Table 2에서 Anthraquinone은 기타 물질에 비교해서 상당히 큰 대전량을 가지고 있으므로 써 응집되고, 이로인해 직경이 커지고, 착화에너지가 증가(착화하기 어려움)하는 것으로 추정된다.

Fig. 3의 횡축은 진동의 강도를 표시한 수치로 진동의 강도와 분진의 낙하량과의 사이에는 상관관계가 있는 것으로 확인(단, 상관계수는 분체의 종류, 분체 분배내의 잔량, 분체의 입경분포, mash의 크기 등에 의해서 다름)되나, 현시점에는 측정수단이 명확하지 않기 때문에 분진의 농도를 직접 알 수는 없다. 따라서, 재래형(Hartmann식)에서 얻어진 분진농도와 착화에너지와 관계를 나타내는 data는 얻을 수 없었다.

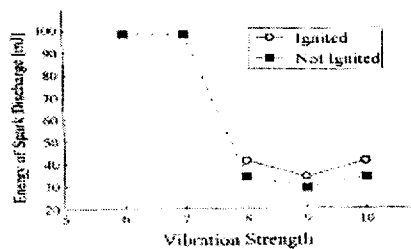


Fig.3 Ignition energy of Anthraquinone

Table 1 MIE measured by new(vibrating mesh)and conventional (hartmann Tube) method

Substance	Median Diameter [ $\mu\text{m}$ ]	MIE [mJ]	
		Vibrating mash	Hartmann tube
Lycopodium	38	23~29	10~30
Anthraquinone	178	29~34	1~3
Polyacrylonitrile	73	34~41	10~30

Table 2 Charge of powder passing through vibrating mesh

Substance	Charge amount [ $\mu\text{C/kg}$ ]		
	Minimum	Maximum	Mean
Lycopodium	-1.5	-2.4	-1.9
Anthraquinone	-2.2	-11	-6.1
Polyacrylonitrile	-0.13	-0.54	-0.23

#### 4. 결론

신 개발된 진동형 분체 최소착화에너지 측정장치로 3가지의 시험분체의 MIE를 측정된 후 재래형(Hartmann식)과 비교한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) Lycopodium 및 Polyacrylonitrile의 경우는 재래형(Hartmann식)과 실험결과 값이 잘 일치하였다.
- (2) Anthraquinone의 경우는 재래형(Hartmann식)에서 얻었던 MIE값보다도 훨씬 큰 것으로 나타났다. 이것은 분진형성에 이용되는 mash와 입자사이 및 분진입자간의 마찰로 발생된 정전기에 의하여 분체 입자의 응집 때문으로 사료된다.

#### 5. 추구과제

향후, 주사전자현미경(SEM) 등의 측정장치를 사용해서 정확한 응집의 원인과 응집방지대책을 연구하여 본 실험장치의 단점을 보완하고자 한다.

#### 참고문헌

- 1) IEC, International Standard 1241-2-3, 1994.
- 2) W.L.Cheung et al., "Vibrating Minimum Ignition Energy Measurement System", 일본정전기학회강연논문집, pp.181-186, 1997.
- 3) W.L.Cheung et al., "Development of Vibrating Minimum Ignition Energy for Powder", ESA-IJ Joint Symposium on Electrostatics Proc., pp.143-150, 1998.