

PPS 분진폭발에 대한 잠재적 위험성에 관한 연구

강영구, 김 홍, 조명호*

호서대학교 안전공학부, 호서대학교 산업안전공학과 대학원*

1. 서론

Dust explosion은 combustible solid의 미세한 입자가 공기 혹은 산소중에서 폭발범위의 농도에서 부유할 때 화염 혹은 spark 등의 에너지 공급에 의해 폭발하는 현상이며 plastic 공업, 금속분말, 유기약품, 무기약품, 안료, 농수산물 등등에서 분체취급 분야의 확대 및 취급량의 증가에 따라 분진폭발의 잠재 위험성이 급증하고 있어 화학적 성질, 농도, 입경, 폭발 압력 등의 분진특성과 함께 분진폭발의 착화온도와 상한 및 하한 농도에 대해 이론 및 실험적으로 광범위하게 연구가 진행되어져 왔다.

이러한 폭발성 분진으로 알려져 있는 분체 중 플라스틱 공업의 발달과 함께 플라스틱 가공공정에 사용되는 고분자 분체의 수송, 저장, 취급이 급격히 증가하여 이들의 취급장소에서 사용되는 동력, 전기기기, 충격 등의 여러 가지 조건에 의해 분진폭발이 발생할 가능성이 높아졌으며 폭발에 의한 재해는 타 산업재해에 비하여 인명 및 재산의 피해가 크기 때문에 폭발 특성을 측정하고 폭발에 대한 방지대책을 세울 필요가 있다.

본 연구에서는 성형체의 경우 UL94V-0등급으로 난연 및 내열성이 뛰어난 엔지니어링 플라스틱으로 전기전자분야, 자동차분야, 일반산업분야 등에 폭넓게 적용되고 있는 PPS의 분진의 폭발 가능성을 조사하고 PPS의 particle size, oxygen concentration, explosion probability, LEL의 실험 조건에 따라 폭발위험성을 평가함으로써 분진폭발에 대한 안전성을 확보하고자 한다.

2. 실험

1) 실험장치 및 방법

분진폭발에 대한 실험은 Hartmann explosion tester를 사용하였으며 분진 분산컵에 일정한 무게의 분진을 담아 균일하게 펼쳐놓고 공기저장탱크에 압축공기 및 N₂, O₂ bomb의 분압조절에 의해 형성된 40%, 60%, 80%비의 공기를 솔레노이드 밸브가 연결된 공기저장탱크에 5kg/cm²의 일정한 압력으로 채우고 1.2ℓ의 폭발통 수직 상방향으로 강제 분산시켰다.

산소농도 40~80%의 경우 폭발통 내부의 농도와 공기저장탱크의 농도를 일정하게 유지하기 위해 분진 비산전에 공기저장탱크의 산소농도와 같은 농도의 공기를 30초간 투여함으로써 기존 폭발통 내부의 산소농도를 공기저장탱크의 농도와 동등하게 유지하여 실험오차를 줄일수 있도록 하였다.

점화전극은 2mm의 텅스텐봉으로 전극간격을 2mm로 조절하고 전기 spark 방식에

의해 7KV의 방전전압으로 분진의 분산과 동시에 분진폭발이 발생하도록 조절하였다. 분진의 분산시간과 전극의 방전시간을 동기시키기 위해 솔레노이드 밸브의 열림시간 0.2sec, 대기시간 0.4sec, 착화지연시간 0.2초로 고정시키고 분진의 비산과 동시에 폭발유무를 측정하였으며 폭발유무의 확인은 투명한 폴리아크릴 chamber를 사용함으로써 육안으로 확인 및 chamber 상부의 paper cover가 폭발압력에 의해 파열되는 것으로 판정하였다.

2) 시료 및 실험조건

시료는 SKI사의 PPS 분체(Grade S-100)를 100mesh, 150mesh, 200mesh, 250mesh, 325mesh의 입도로 각각 분리하고 60℃, 12hr 동안 항온건조하여 공기중, 40%, 60%, 80%의 산소농도와 90~300mg/l의 PPS 분진농도로 변화시키면서 실험하였으며 동일한 농도에서 10회 폭발실험을 하여 폭발 확률을 산출하고 50% 폭발시의 농도를 LEL(폭발하한농도)로 하였다.

3. 결과 및 고찰

1) Particle size-Oxygen concentration에 따른 explosion probability

입도에 따른 폭발확률은 100mg/l의 농도에서 측정되었으며 Fig. 1에서와 같이 공기중의 산소농도에서 20~30%의 폭발확률을 나타내었으며 산소농도가 40%에서는 각 particle size에 대하여 40~80%의 급격한 폭발확률의 증가를 나타내었다. 산소농도가 60%, 80%의 비율로 증가함에 따라 폭발 확률도 80~100%의 비율로 증가하여 산소농도와 입도에 따른 폭발이 정비례의 상관관계임을 나타내었다.

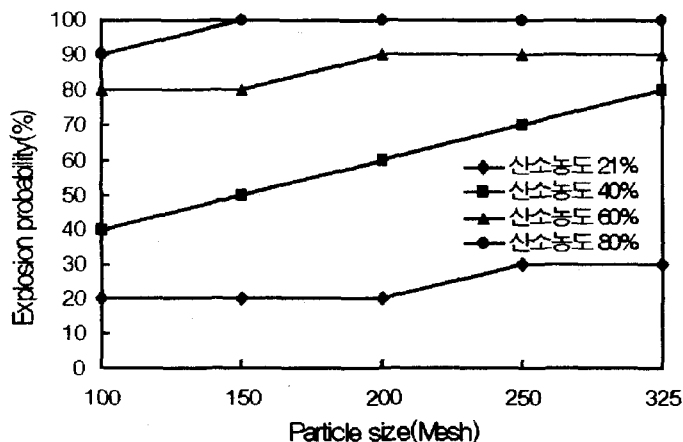


Fig. 1. Explosion probability of particle size-oxygen concentration

PPS의 농도별 폭발확률은 21%의 산소농도의 경우 100~175mg/ℓ의 시료에서는 10회 폭발실험에서 2, 3회의 폭발로 폭발유무를 결정하는 50%의 범위에 미치지 못하여 40%의 산소농도에서 측정되었으며 Fig. 2에서와 같이 150mesh보다 작은 입도인 200, 250, 325mesh의 경우 175mg/ℓ에서 100% 폭발확률을 나타내었으며 입도가 작을수록 폭발확률이 현저히 증가하는 것으로 나타났다.

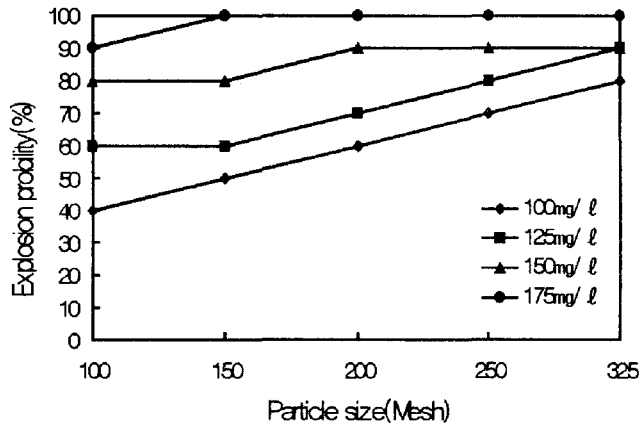


Fig. 2. Explosion probability of particle size-dust concentration

2) Particle size-Oxygen concentration에 따른 LEL 측정

Oxygen concentration를 21%, 40%, 60%, 80% 농도에서 폭발시험을 하여 입도에 따른 폭발 하한농도는 공기중의 산소농도에서 분진농도를 70~300mg/ℓ의 범위에서 측정한 결과 2~3회의 간헐적 폭발만이 발생되었으며 Fig. 3과 같이 LEL값이 산소농도 증가에 따라 같은 입도에서의 폭발하한농도가 감소하며 산소농도 40%에서 입도 변화에 따른 분진의 폭발 하한농도의 변화가 가장 현저한 것으로 나타났다.

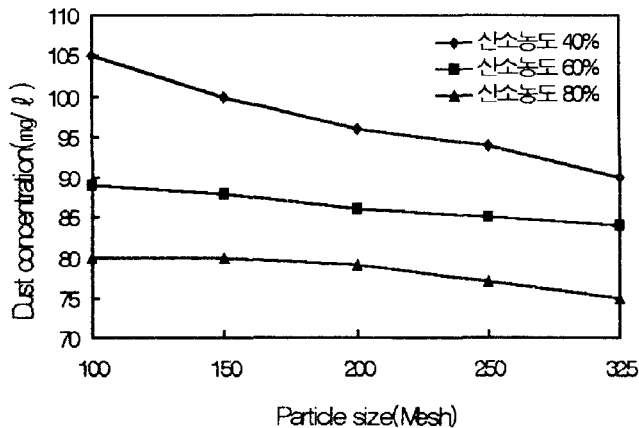


Fig. 3. LEL of particle size-oxygen concentration

이 실험값은 particle size의 감소에 따라 LEL값 또한 감소하고 있으며 이것은 전형적인 combustible dust의 입도-폭발 하한농도 pattern에 따르는 것으로 분석된다.

4. 결론

PPS의 분진폭발실험을 통하여 산소농도, 분진농도 변화에 따른 폭발확률과 폭발하한농도에 대한 결과 다음과 같은 결론을 산출하였다.

- 1) PPS의 dust는 공기중에 최소 100mg/ℓ의 농도에서도 간헐적인 폭발확률 20%의 위험성을 나타내어 UL94V-0 등급의 고분자 분체의 경우도 폭발가능성은 적지만 잠재적 위험성이 존재한다.
- 2) 산소부화농도지역인 산수소 용접 작업장 및 액체산소 취급장 인근에서는 LEL값 기준으로 175mg/ℓ의 저농도에서도 폭발위험성이 90~100%로 매우 높은 값을 나타내었다.
- 3) 산소농도가 증가 함에 따라 분진의 폭발하한 농도는 현저히 감소되며 100mesh의 입도라 할지라도 40% 이상의 산소농도를 발생시킬 수 있는 산소부화농도지역에서 105mg정도의 소량의 분진농도에서도 폭발이 발생함을 알 수 있었다.

따라서 PPS 분체의 취급이 이루어지는 공정에서는 적절한 dust 포집시설의 설치와 산소농도 부화 장소에 PPS dust의 혼입방지 대책 등을 강구해야 될 것으로 생각된다.

5. 참고문헌

- 1) R. Mitsui et al., "Simple Models of Dust Explosion. Rredicting Ignition Temperature and Minium Explosive Limit in Terms of Particle Size", Ind. Eng. Chem. Process Des. Develop., Vol. 12, No. 3, 384-389, 1973.
- 2) J. H. Pickles, "A Model for Coal Dust Duct Explosion", Combustion and Flame, Vol. 44, 153, 1982.
- 3) C. R. Krishna, "A Model for Dust Cloud Autoignition", Combustion and Flame, Vol. 37, 207, 1980.
- 4) C. J. Hilado, "Flammability Handbook For Plastic", Technomic Publishing CO. INC., 1990.
- 5) W. C. Griffith, "Dust Explosions", Ann. Rev. Fluid Mech., Vol. 10, 93, 1978.