

방폭형 진동밀의 설계 및 제작

강영구 · 조명호*

호서대학교 안전공학과 · *호서대학교 안전공학과 대학원

1. 서 론

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, 농수산물건조물 등에서 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.^{1~4)}

이러한 폭발성 분진으로 알려져 있는 분체 중 본 연구진에 의해 연구되었던 PPS와 같은 내열성, 난연성 플라스틱 가공공정에 사용되는 고분자 분체의 수송, 저장, 취급이 급격히 증가하여 이들의 취급장소에서 사용되는 동력, 전기기기, 충격 등의 여러 가지 조건에 의해 분진폭발이 발생할 가능성이 있어 폭발에 의한 재해는 타 산업재해에 비하여 인명 및 재산의 피해가 크기 때문에 폭발 특성을 측정하고 폭발에 대한 방지대책을 세울 필요가 있다.^{6,6)}

또한 알루미늄, 마그네슘, 아연, 철, 망간, 티타늄 등도 미분쇄 가공시 분진폭발의 위험이 있는 폭발성 분진으로 미세한 입자들이 공기중에 부유할 때 화염이나 방전, 정전기 등에 의해 폭발하는 것으로 알려져 있다.⁷⁾

미분쇄 가공 폭발대상물질인 알루미늄, 마그네슘 등의 폭발성이 높은 소재의 진동밀에 의한 미분말 가공의 경우 내부에 보호기체로 질소, 탄산가스 등의 불활성 기체를 송입하여 산소분압을 낮추어 산소농도를 감소시킴으로써 폭발을 예방하는 방식을 택하고 있으나 폭발확률이 20% 이하인 경우 추가 가스주입에 의한 운전 비용이 불필요하게 매우 높아진다.

본 연구에서는 진동밀에 적절한 explosion vent 장치를 설계장착하여 분쇄대상물질인 제강 슬래그를 원료로 진동로드밀에 의해 1차분쇄가공후 불밀에 의해 2차분쇄된 슬래그분진을 Hartmann explosion tester를 사용하여 입도 및 분진농도에 따른 분진폭발확률을 측정하여 폭발위험성을 평가하고 분진폭발시 폭발 압력에 따른 자동적 벤트를 통하여 압력이 분산되어 폭발에 따른 이상압력을 대기중에 방출하여 기기 작동중 분진폭발에 의한 설비 파손과 인명피해의 손실을 감소시킬 수 있는 방폭형 진동밀 형태를 설계 제작하고 분쇄시험을 통하여 안전검증을 하였다.

2. 실험 및 진동밀 설계

1) 분진폭발 시험 및 방법

분진폭발에 대한 실험은 Hartmann explosion tester를 사용하였으며 분진 분산컵에 일정한 무게의 제강슬래그 200, 250, 325mesh 이하의 시료를 200mg에서 50mg의 양을 지속적으로 증가하여 분진농도를 높여 균일하게 펼쳐놓고 공기저장탱크에 압축공기를 솔레노이드 밸브가 연결된 공기저장탱크에 5kg/cm²의 일정한 압력으로 채우고 1.2 l의 폭발통 수직 상방향으로 강제 분산시켰다.

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) 진동밀 설계 제작

폭발 위험성이 있는 금속, 비금속재료의 진동밀에 의한 미분쇄 가공시 폭발이 발생하였을 경우 압력을 방출하여 과압에 의한 진동밀의 분쇄드럼을 보호할 수 있는 안전장치로 압력이 안전치 이하로 강하한때에 방출이 자동 정지되어 압력방출이 효과적으로 이루어 질수 있도록 용수철식 Fig. 1과 같은 폭발 벤트를 장착한다.

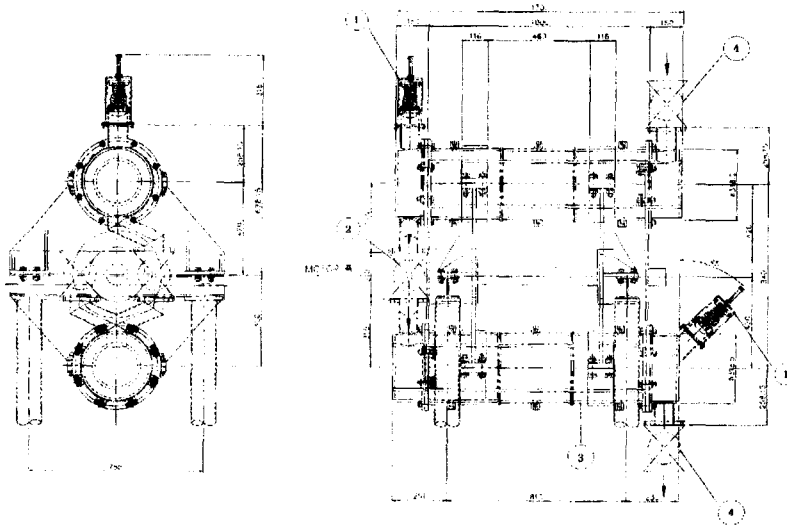


Fig. 1. Design of vibration mill

진동밀은 로드와 볼밀의 복합형으로 분쇄드럼이 두 조로 나누어져 있으며 미분쇄 가 공대상물의 투입구와 분쇄후 토출구는 로터리 밸브에 의해 폭발의 압력을 방출시킬 수 있으며 Fig. 1과 같이 로터리 밸브의 폭발벤트는 투입구의 반대편에 설치된다.

진동밀이 로드 혹은 볼밀 형태의 분쇄드럼이 한 조로 되어 있는 경우 로터리 밸브를 투입구와 토출구에 장착하며 Fig. 2a)와 같은 폭발벤트를 진동밀의 자 길이에 따라 1~2개 설치할 수 있다.

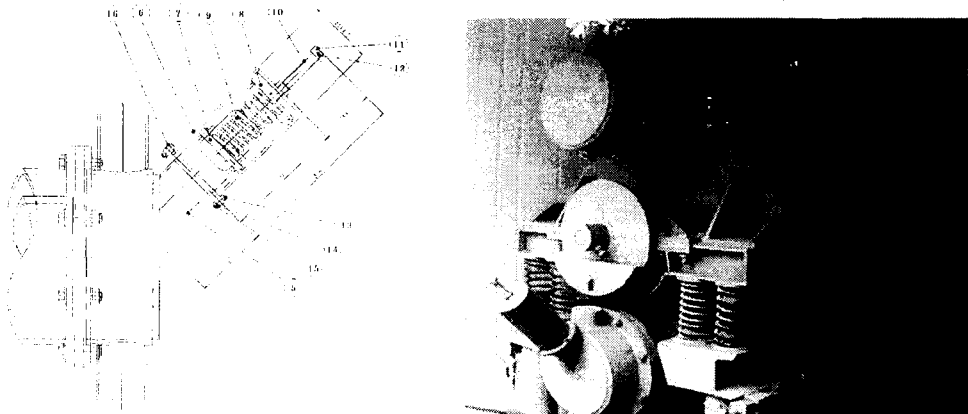
두 조로 나누어져 있는 분쇄드럼 하단의 출구 정면에 원형의 폭발벤트를 장착함으로써 상단과 하단의 폭발압력을 각각 방출하는 구조로 이루어져 있어 폭발초기에 압력, 화염, 분진 등을 외부로 방출하고 폭발압력을 분산시킬 수 있다.

본 연구에서 Fig. 2a)의 폭발벤트는 압력이 강하하면 자동적으로 복귀되어 분쇄드럼 내부의 내용물의 방출을 정지하는 장점이 있으며 또한 폭발벤트의 작동 설정압력의 미세한 조정이 0.2kg/cm²의 폭발압력에서 10kg/cm²까지 벤트 상부의 스프릿 핀의 회전에 의해 간단히 조절 가능한 구조를 하고 있어 압력분산이 유리하다.

NFPA에 의한 폭발벤트비는 1000ft³ 이하의 기계구조물에 적절한 벤트면적 비로 1/10~1/30ft²/ft³이다. 본 발명의 상단 및 하단 분쇄드럼의 용량이 각각 20ℓ 급이므로 벤트면적은 최소 30cm²에서 최대 90cm²이 적절하며 본 방폭형 진동밀은 최소벤트면적의 2.0배 이상의 63.6cm²로 이루어져 있다.

3. 결 과

Hartmann explosion tester를 사용하여 제강슬래그 분진을 분진폭발시험결과 325mesh 이하의 입도에서 650mg 이상에서 폭발확률 10%를 나타내었다. 200mesh와



a) Explosion Vent b) Photograph of vibration mil & explosion vent

Fig. 2 Design of Explosion vent

250mesh 이하의 입도에서는 1000mg까지 폭발확률 0%를 나타내었으나 분진농도 증가에 의해 잠재적 분진폭발 위험성을 나타낼 가능성을 배제할 수 없다. 현재 설계 제작된 방폭형 진동밀을 사용하여 지속적으로 제강슬래그를 분쇄가공하고 있으며 325mesh 이하의 입도가 25%이상의 분쇄효율(running time 5min)을 나타내었으나 폭발에 의한 재해는 없는 것으로 나타났다.

4. 결론

- 1) Hartman explosion tester에 의한 제강슬래그 분진폭발시험에서 325mesh 이하의 입도에서 650mg 이상일 경우 10%의 폭발확률을 나타내었다.
- 2) 방폭형 진동밀의 분쇄가공결과 325mesh이하의 입도가 25%이상의 분쇄효율을 나타내었다.
- 3) 방폭형 진동밀을 사용하여 로드밀과 볼밀에 의한 분쇄가공시 폭발에 대한 재해는 없는 것으로 나타났다.

5. 감사의 글

본 연구는 21C 프론티어 연구개발사업(산업폐기물 재활용 기술개발사업)의 연구비 지원으로 수행되었으며 연구비를 지원해 준 폐기물 재활용 사업단 및 (주)동성플랜트에 감사드립니다

참고문헌

1. R. Mitsui et al., "Simple Models of Dust Explosion. Predicting Ignition Temperature and Minimum 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. W. C. Griffith, "Dust Explosions", Ann. Rev. Fluid Mech., Vol. 10, 93, 1978.
5. 강영구, 조명호, "PPS 분진폭발위험성에 관한 연구", 98추계한국산업안전학회 학술발표논문집, 105-108, 1998.
6. C. J. Hilado, "Flammability Handbook For Plastic", Technomic Publishing CO. INC., 1990.
7. P. Field, "Dust Explosions", Elsevier, New York, 1982.