

A-9 압력용기시험에 의한 EVA분진의 혼촉 위험성 평가

임승수 · 이창우 · 김정환 · 현성호
경민대학 소방안전관리과

Risk Evaluation of EVA Dust with Oxidizing Substances by Pressure Vessel

Seung Soo Lim · Chang Woo Lee · Jeong Hwan Kim · Seong Ho Hyun
Dept. of Fire Safety Management, Kyung Min College

서론

근래 들어 기계, 전기, 전자, 화학등 모든 산업분야에 걸쳐 그 발전속도는 급속도로 가속화되어 가고 있으며, 이러한 산업의 발달은 이면에 수많은 잠재적 산업재해의 요인을 갖고 있다. 이러한 산업재해의 원인은 여러 가지 요인이 있으나, 그중 특히 안전에 대한 인식 부족과 다양화된 물질의 특성에 따른 것으로 생각된다[1].

산업재해의 종류로는 가연성 액체나 기체 혹은 가연성 증기에 의한 화재나 폭발을 예로 들 수 있으며, 이러한 가연성 물질에 의한 재해는 거의 대부분이 대기중에서의 작업중 누출이나 사용자의 부주의에 의한 것으로 물질 자체가 갖는 연소특성에 기인하는 것이다. 따라서 이러한 물질의 위험성은 그 물질의 물리·화학적 특성인 인화점, 발화점, 연소범위, 입도분포, 분해특성 등을 조사함으로써 예방할 수 있으며, 이로인한 위험성의 척도가 되는 물질의 물리적인 특성은 매우 많은 연구가 진행되어 왔다[2,3].

특히 물질에 따라서는 단독으로 존재하는 경우에는 대단히 안정하거나 혹은 위험성이 거의 없으나 두가지 이상의 안정한 화합물이 서로 혼합됨으로 인해 위험성이 생기거나 단독으로 존재하는 경우 보다 위험성이 대단히 증가하는 물질이 있다. 이와같이 두 가지 이상의 물질이 혼합됨으로 인해 발생할 수 있는 위험성을 혼촉 위험성이라 하며, 이러한 혼촉 위험성은 앞서 언급한 가연성 액체나 기체 등에 의한 재해에 비해 그 규모는 작은 편이나 혼촉 위험성을 갖는 물질에 의한 재해시 가연성 액체나 기체에 의한 피해가 2차, 3차의 피해로서 부수적으로 발생할 수 있기 때문에 매우 위험하다. 이와같은 혼촉 위험성을 평가하는 방법으로는 여러 가지가 있으나 특히 고체 화합물의 혼촉에 따른 연소나 폭발 위험성을 측정하는 장치로는 용기 내에 두가지 이상의 혼촉 위험성 물질을 넣고 외부 열원에 의해 온도를 승온함으로써 내부 물질의 연소나 폭발에 미치는 영향을 조사하는 장치인 압력용기시험에 의한 방법이 있다. 그러나 국내의 경우에는 이러한 혼촉 위험성에 관한 연구는 크게 관심을 갖지 못하고 있으며, 연구도 매우 미진한 형편이다[4,5].

따라서 본 연구에서는 혼촉 위험성 물질의 특성을 조사하는데 널리 알려진 압력용기를 이용하여 석유화학플랜트에서 다량 부산되는 EVA(Ethyl Vinyl Acetate)분진을 여러가지 산화제와 혼합하여 압력용기 내에서의 혼촉 위험성을 조사하고자 하였으며, 더불어 Hartman식 장치를 이용하여 이들 가연성분진의 폭발위험성도 함께 조사하고자 하였으며, 이를 바탕으로 제1류 위험물인 산화성 고체가 가연물과 혼합되는 경우 산화제가 가연물의 연소특성에 미치는 영향에 관한 기초 자료를 얻고자 하였다.

실험방법

1. 시료의 준비

EVA분진은 석유화학플랜트에서 공정중 부산되는 것을 직접 시료로 사용하였으며, 산화제로는 NaClO_2 , NaClO_3 , NaClO_4 , 및 KClO_3 를 사용하였고, 이들 산화제와 시료를 막자사발을 이용하여 함께 분쇄하였다. 모든 시료는 110°C 로 유지된 oven에서 24시간 건조하고 데시케이터에서 48시간 방냉하여 실험에 사용하였다.

2. 혼촉위험성 평가

가연성 물질에 대한 산화제의 영향을 조사하기 위하여 압력용기를 이용하여 실험을 수행하였으며, Fig. 1.에 실험 장치의 개략도를 나타내었다. 먼저 준비된 가연물과 산화제를 막자사발을 이용하여 일정한 무게비로 혼합하여 반응기에 넣고 일정한 속도로 승온하면서 반응기 내부의 온도 변화와 폭발 여부를 조사하였다.

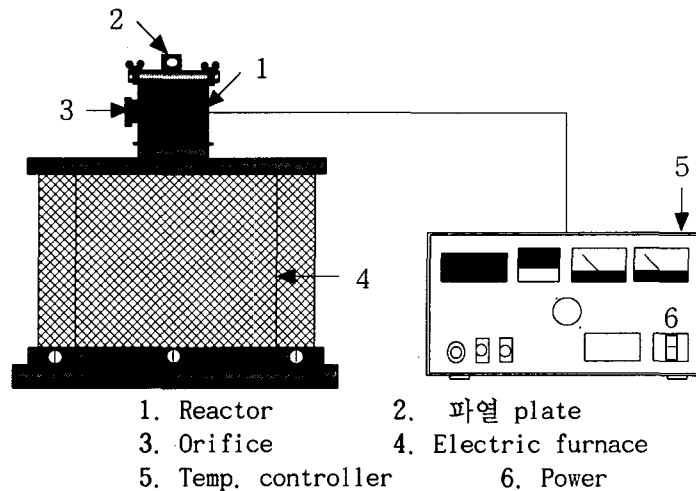


Fig. 1. 압력용기 시험장치.

2-1. 산화제의 종류에 따른 혼촉위험성 평가

가연성 물질과 산화제의 혼촉 위험성에 있어서 산화제의 종류가 혼촉 위험성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 가연물에 대한 산화제의 무게비를 1 : 1.5로 고정하고 산화제의 종류를 NaClO_2 , NaClO_3 , NaClO_4 , KClO_3 로 변화하면서 폭발 개시 온도와 폭발 후 최고상승 온도를 조사하였다. 또한 반응기 내부의 온도 상승 속도가 폭발에 미치는 영향을 조사하기 위하여 승온속도를 변화시키면서 폭발 개시온도와 폭발 후 최고 상승온도를 조사하였다.

2-2. Orifice 직경의 변화에 따른 혼촉 위험성 평가

압력용기 시험에 있어서 orifice의 직경 변화에 따른 폭발 특성을 조사함으로써 산화제의 혼촉에 따른 위험성을 조사하기 위하여 산화제로 NaClO_3 를 사용하여 가연물에 대한 산화제의 무게비를 1 : 1.5로 고정하고 각각의 시료에 대해 전기로의 승온속도와 orifice의 직경을 1.0, 2.0, 3.0 및 6.0 mm로 각각 변화시키면서 압력용기 시험장치를 이용하여 폭발 여부를 관찰하였으며, 폭발 후 용기 내부의 온도 변화를 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 산화제의 종류에 따른 혼촉위험성 평가

산화제의 종류에 따른 가연물인 EVA의 혼촉 위험성을 평가하기 위하여 압력용기의 orifice 직경을 1mm로, 가연물인 EVA에 대한 산화제의 무게비를 1:1.5로 고정하여 산화제의 종류에 따른 압력 용기에서의 위험성을 조사하여 발화 개시 온도 및 폭발 최고 상승 온도를 표 1에 나타내었다. 표 1에서 보는 바와 같이 산화제가 나트륨염류인 경우를 비교해 보면 산화제 내의 산소의 중량분율이 증가할수록 발화 개시온도는 상승하고 있으며, 폭발시 압력용기 내의 최고상승온도 또한 높아지고 있다. 한편, 발화가 개시된 후 폭발이 발생하여 나타난 반응기 내부의 온도 상승폭은 염소산 나트륨, 아염소산 나트륨, 과염소산 나트륨의 순으로 증가하는 것으로 보아 산화제 내의 산소의 중량분율이 증가할수록 유기 가연물과의 혼촉 위험성이 크다고 할 수 있다.

표 1 . 산화제의 종류에 따른 EVA 혼촉 위험성

산화제	발화 개시온도 [°C]	최고상승온도 [°C]	온도차, ΔT [°C]
NaClO ₂	246	272	26
NaClO ₃	265	282	17
NaClO ₄	299	330	31
KClO ₃	242	274	32

2. Orifice 직경의 변화에 따른 혼촉 위험성 평가

Orifice의 직경 변화에 따른 EVA의 폭발 특성을 조사함으로써 산화제의 혼촉에 따른 위험성을 조사하기 위하여 산화제로 NaClO₃를 사용하여 가연물에 대한 산화제의 무게비를 1:1.5로 고정하고 각각의 시료에 대해 orifice의 직경을 1.0, 2.0, 3.0 및 6.0 mm로 각각 변화시키면서 압력용기 시험장치를 이용하여 폭발 여부를 관찰하였으며, 폭발 후 용기 내부의 온도 변화를 측정하여 그 결과를 표 2에 나타내었다. 표 2에 나타난 바와 같이 압력용기에 부착된 orifice의 직경이 증가할수록 발화 개시온도는 낮아지고 있으며, 이러한 측면에서 orifice의 직경이 증가할수록 혼촉 위험성이 크다고 할 수 있다. 한편, orifice의 직경이 증가할수록 폭발 후 압력용기 내부의 최고 상승온도는 감소하고 있으나, 발화가 개시된 후 폭발이 발생하여 나타난 반응기 내부의 온도 상승폭은 orifice 직경이 3.0 mm까지 증가할수록 크게 증가하여 최대치를 보이고 있으며, orifice 직경이 6.0 mm로 증가하게됨에 따라 압력용기 내의 온도차가 다소 감소함을 볼 수 있다. 따라서 orifice의 직경이 3.0 mm일 경우 EVA와 산화제의 혼촉 위험성이 크다고 할 수 있다.

표 2 . Orifice 직경에 따른 혼촉 위험성

Orifice 직경 [mm]	발화 개시온도 [℃]	최고상승온도 [℃]	온도차, ΔT [℃]
1.0	265	282	17
2.0	208	242	34
3.0	169	237	68
6.0	163	218	55

결론

이상의 결과로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

본 연구에서 시료로 사용한 EVA와 제1류 위험물인 산화성 고체인 산화제와의 혼촉 위험성은 산화제 내의 산소의 증량분율이 증가할수록, 압력용기 내의 orifice 직경이 3.0 mm일 경우 크다고 할 수 있다.

참고문헌

1. 목연수의 3인, 화공안전공학, 동화기술, P309~313 (1994)
2. 김홍의 3인, 방화공학, 동화기술 (1991)
3. 김상욱, 석유화학공장의 소방대책, 방재와 보험, 제44호, 한국화재보험협회 (1990)
4. 이지섭, 분진폭발에 대한 소고, 방재기술, 제9호, 한국화재보험협회 (1992)
5. 오백균, 위험물질론, 신광문화사 (1998)