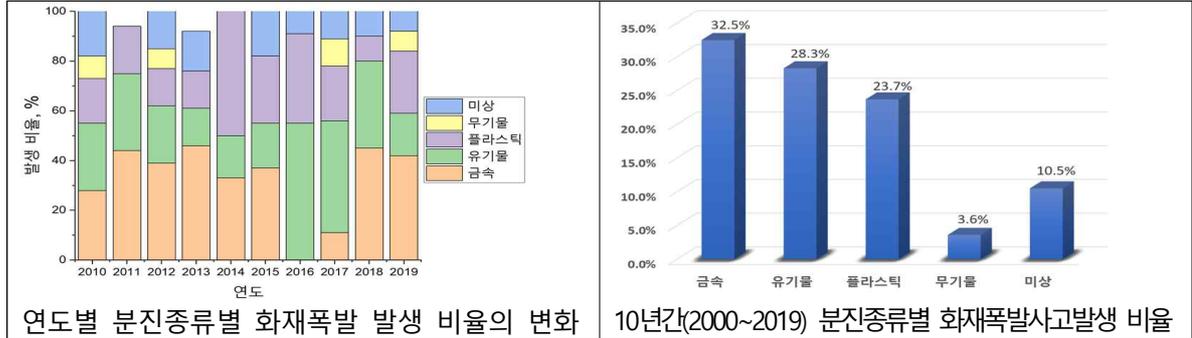


GHS분류기준에 따른 인화성고체의 연소특성 평가(1/2)

분진 화재폭발사고 원인물질의 조사 및 분석



- 최근 10년간(2000~2019) 국내 분진 화재폭발사고사례를 조사한 결과, 122건의 사고가 발생하였으며 매년 평균 12건 이상의 분진 관련 화재폭발사고가 발생
- 분진 종류별 화재폭발사고 원인물질은 금속(32.5%), 유기물(28.3%), 플라스틱(23.7%)으로서 이들 3종의 분진에 의한 화재폭발사고가 84.5%를 차지하고 있음

인화성고체 해당여부를 조사하기 위한 사고원인물질의 선정

- 분진 화재폭발 주요 원인물질이 산안법 상에서 규정하고 있는 인화성고체에 해당하는 지에 대한 여부를 시험적으로 조사하였음
- 이를 위해 시험대상분진은 분진폭발 중대재해 원인물질로서 반복적인 동종재해가 발생하고 있는 3종(금속, 유기물, 플라스틱) 17종의 분진을 선정하였음

분진 종류	분진명	선정 사유
금속	마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 티타늄(Ti) 지르코늄(Zr), 탄탈륨(Ta), 아연(Zn)	- 중대재해 기인물질 - 동종재해 발생 물질 - 화재폭발피해 높음
유기물	밀가루(Wheat Flour), 설탕(Sugar), 전분(Cornstarch) 목분 (Wood dust)	- 중대재해 기인물질 - 동종재해 발생 물질 - 취급 및 사용량 많음
플라스틱	HDPE(High density Polyethylene) LDPE(Low density Polyethylene) ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene) PS(Polystyrene), PVC(Polyvinyl Chloride)	- 중대재해 기인물질 - 동종재해 발생 물질 - 취급 및 사용량 많음

인화성고체 분류를 위한 위험성평가 시험

- 인화성고체 여부는 이하의 GHS구분시험에 따라 연소성을 조사하였음

인화성고체의 정의(GHS)

구분	분류 기준
구분 1	① 금속분말이외의 물질 또는 혼합물인 경우 : 습윤 부분이 연소를 중지시키지 못하고, 연소시간이 45초 미만이거나 연소속도가 2.2mm/초를 초과하는 경우 ② 금속분말 : 연소시간이 5분 이하인 경우
구분 2	① 금속분말이외의 물질 또는 혼합물인 경우 : 습윤 부분이 4분 이상 연소를 중지시키고, 연소시간이 45초 미만이거나 연소속도가 2.2mm/초를 초과하는 경우 ② 금속분말 : 연소시간이 5분 초과, 10분 이하인 경우

분진폭발특성 시험법 분류

인화성고체의 분류기준 시험

삼각주 형태의 퇴적분진(250×20×10mm)의 연소속도(2.2 mm/s) 또는 연소시간(45 s)

GHS분류기준에 따른 인화성고체의 연소특성 평가(2/2)

■ 시험평가 결과

❖ 인화성고체 여부의 시험 결과

- √ 시험대상물질(17종)에 대한 연소속도시험 결과, 2.2 mm/s 이상의 화염전파속도가 측정된 분진은 마그네슘(Mg) 7.69 mm/s, 티타늄(Ti) 3.85 mm/s, 지르코늄(Zr) 33.3 mm/s, 탄탈륨(Ta) 2.70 mm/s 등으로서 이들 분진은 인화성고체에 해당됨
- √ 반면에 유기물 등의 13종 분진은 착화원 제거와 함께 소멸되었으며, 플라스틱 분진은 용융되며 기화된 가스혼합기가 착화되어 정치형태의 화염을 형성하지만 화염전파는 관찰되지 않아 인화성고체에 해당되지 않았음

분진명	평균입경(μm)	화염전파 유무	연소속도 (mm/s)
마그네슘(Mg)	38.27	전파	7.69
알루미늄(Al)	25.67	비 전파	—
티타늄(Ti)	118.9	전파	3.85
지르코늄(Zr)	5.32	전파	33.3
탄탈륨(Ta)	45.42	전파	2.70
아연(Zn)	3.86	비 전파	—
밀가루(Wheat Flour)	63.38	비 전파	—
설탕(Sugar)	655.4	비 전파	—
전분(cornstarch)	14.82	비 전파	—
목분(Wood dust)	86.46	비 전파	—
HDPE(High density Polyethylene)	61.05	비 전파	—
LDPE(Low density Polyethylene)	156.7	비 전파	—
ABS(Acrylonitrile Butadiene Styrene)	458.7	비 전파	—
PS(Polystyrene)	463.4	비 전파	—
PVC(Polyvinyl Chloride)	183.7	비 전파	—

❖ 인화성고체 해당 분진의 열적 위험성 시험평가 결과

- √ 티타늄(Ti), 탄탈륨(Ta) 및 지르코늄(Zr)에 대한 발화 및 열분해 위험성을 조사한 결과, 산화반응이 일어나는 중량증가 개시온도는 티타늄(Ti)이 가장 작았으며(302 °C), 그 다음으로는 탄탈륨(Ta)이 607 °C, 티타늄(Ti)이 672 °C의 순으로서 티타늄(Ti)의 발화위험성이 상대적으로 가장 높았음

❖ 인화성고체 해당 분진의 폭발위험성 평가

- √ 티타늄(Ti) 및 탄탈륨(Ta)의 폭발하한농도, 최대폭발압력(P_{max}) 및 최대폭발압력상승속도($[dP/dt]_{max}$)는 각각 90, 400 g/m³, 5.1, 3.6 bar 및 119, 148 [bar/s]이며, 폭발강도지수(Kst)는 각각 32.3, 40.2 [bar·m/s]로서 모두 폭발등급 St1에 해당됨

■ 안전대책 및 제도개선 필요성

- ❖ GHS구분시험을 통해 분진 화재폭발 사고원인물질 중에서 인화성고체에 해당되는 분진은 일부 금속 분진에만 해당되는 것을 확인할 수 있었음
- ❖ 국내 분진화재폭발사고의 원인물질은 대부분 가연성고체(분진)이므로 반복적으로 발생하고 있는 분진화재폭발사고 및 사망사고 저감을 위해서 제도적 관리가 시급히 필요함