

활성탄 분진의 화재폭발 위험성평가 (1/2)

활성탄(Activated Carbon)이란?

- 활성탄은 목재, 야자껍질 및 석탄류 등을 원료로 제조하는 탄소질 재료이며 이 원료를 태우는 활성화 과정을 통해 분자크기 단위의 미세 세공이 형성되어 큰 내부표면적을 갖도록 가공됨으로써 기체나 액체상의 흡착제로 사용됨.
- 활성탄의 지속적인 흡착열 축적 및 산화 등에 의한 자연발화로 인한 화재가 종종 발생하고 있으며 분말 활성탄의 경우 입도가 작고 가연성이 있어 분진폭발의 위험성이 있어 안전하게 관리할 필요가 있음.

평가대상 활성탄의 주요 특성

- 석탄 및 야자껍질을 원료로 하는 분말 및 입상형태의 활성탄 4종에 대해 별도의 전처리 과정 없이 입수된 형태 그대로 물리적위험성 평가 실시

시료명	외관	구분	원료	입도	수분함량(%)	용도
PAC-1		분말 (Powder)	석탄	200 mesh	10 이하	탈취, 유기물질 제거
PAC-2			야자껍질	200 mesh	10 이하	식품, 의약품 정제 및 탈색
GAC-1		입상 (Granular)	석탄	4×8 mesh	5 이하	정수기필터, 초순수 등
GAC-2			야자껍질	4×8 mesh	5 이하	하수, 오수 처리 등

평가방법

- 분말활성탄의 입자크기 및 분포 평가
- 열분석을 통한 산화반응에 의한 중량변화 및 발열거동 평가
- 분말활성탄이 공기와 혼합된 부유상태에서 착화시켜 분진폭발특성 평가

물리적위험성 평가결과

입도분석 결과

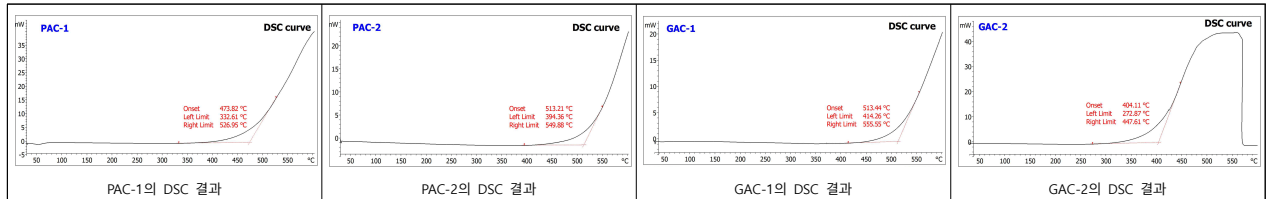
- 분말활성탄의 부피기준 50 % 평균입경은 PAC-1(석탄계 분말활성탄)와 PAC-2(야자계 분말활성탄) 각각 1.73 μm 및 1.65 μm 으로 약 (0.4 ~ 3) μm 범위를 가지며 미세분진 수준으로 매우 작은 입자 크기를 가지고 있어 분진운 형성 및 분진폭발의 가능성이 있음.



활성탄 분진의 화재폭발 위험성평가 (2/2)

❖ 시차주사열량계(DSC) 분석 결과

- ✓ 산화가 시작되는 발열개시온도는 PAC-1(석탄계 분말활성탄), PAC-2(야자계 분말활성탄), GAC-1(석탄계 입상활성탄), GAC-2(야자계 입상활성탄) 순으로 각각 333 °C, 394 °C, 414 °C, 273 °C이며, 자연발화온도로 평가할 수 있는 외삽발열개시온도는 각각 474 °C, 513 °C, 513 °C, 404 °C으로 야자계 입상활성탄의 발열개시온도 및 외삽발열개시온도가 가장 낮았음.



❖ 열중량분석(TGA) 결과

- ✓ 첫 번째 중량감소 단계에서는 흡착된 수분과 휘발성물질의 휘발로 인한 감소이며, 두 번째 중량감소 단계에서는 탄소의 산화로 인한 이산화탄소의 방출로 중량이 감소함.

시료명	1단계 (수분 탈착)		2단계 (CO ₂ 방출)	
	온도범위 [°C]	질량감소율 [%]	온도범위 [°C]	질량감소율 [%]
PAC-1	32 ~ 70	-5	412 ~ 676	-93
PAC-2	34 ~ 83	-2	458 ~ 721	-93
GAC-1	32 ~ 95	-10	483 ~ 801	-83
GAC-2	32 ~ 80	-8	318 ~ 698	-88

❖ 분진폭발특성 평가 결과

- ✓ 분말활성탄 2종은 충분한 에너지가 주어지는 경우 8.5 bar 이상의 폭발압력을 동반하는 분진폭발이 발생할 수 있으며, St1(폭발에 의한 위험성이 약한/보통 분진)에 해당하는 폭발등급에 해당됨.

시료명	최대폭발압력 [bar]	최대폭발압력상승 속도 [bar/sec]	분진폭발지수/Kst [m·bar/s]	폭발하한농도 [g/m ³]	폭발 등급
PAC-1	8.5	251	68	100	St1
PAC-2	9.5	320	87	50	St1

안전대책

- ❖ 분말활성탄은 St1에 해당하는 폭발등급을 갖기 때문에 불활성화나 부유분진 발생 자체를 원천적으로 방지하는 등의 대책을 수립할 수 없는 경우, 주기적인 청소 및 점화원 제거 등의 기본적인 대책 이외에 폭발 방산구 설치 등의 사고발생시 피해저감을 위한 공학적 대책을 고려할 필요가 있음.

