

배가스 분진제거 기술

• 집진 설비의 선정 기준

-분진의 입자크기 분포, 농도, 전기 저항치, 비중, 성상, 부식성, 공극률.

*오니 - 유동층 소각로 : 20 - 100 g/Nm³ *페타이어 - 건류소각 : 0.1 - 1

Rotary Kiln : 5 - 10 회전로식 : 1 - 5

다단식 소각로 : 1 - 5

*일반(도시)폐기물 - 유동층소각로 : 2 - 20 *폐플라스틱 - 건류소각 : 0.1-0.5

고정식소각로 : 2 - 5 회전로식 : 1 - 5

연소식소각로 : 1 - 3

- '유동층'의 분진농도가 높은 이유 : 유동화에 의한 작은 입자 생성 → 비말동반

- '건류소각'의 분진농도가 매우 낮음 : 간접가열 후 기체연소만 소각

• 입자크기 분포 - 폐기물의 물리적, 화학적 특성, 소각로의 운전조건 및 연소조건.

• 인체의 호흡기 : < 5.0 μ m

• 기술별 : 세정식 집진기술

 전기 집진기술

 여과포 집진기술

1. 세정식 집진기술

- 분무액에 물리적인 힘을 가해 액적을 만들어 이 액적(droplet)을 분진 및 유해기체를 함유한 연소기체와 충돌 및 접촉시켜 분진입자를 포집하는 기술

- 세정액 : 대부분 물

 : 화학 첨가제 사용 → 유독성 기체 제거

- 문제점 : 세정액의 처리 및 세정액에 의한 장치의 부식 (2차 오염 유발)

※ 원리

1) 관성충돌 및 직접 차단

- 관성충돌 (Inertial impaction)

 : 기류에 함유된 분진 입자가 액적에 근접하면서 액적과 충돌하여 기류와 분리되는 현상

 : 기체의 상대속도와 액적 크기의 함수 - 관성 파라메타

 : 분진 입자의 크기보다는 분진 입자의 질량(관성력)에 좌우

- 직접 차단 (interception)

 : 분진입자의 질량(관성력)보다는 분진입자의 크기에 좌우

 : 분진입자가 기류를 따라 액적 주위를 흘러갈 때 액적의 표면과

분진입자와의 거리가 분진입자직경의 1/2 정도가 되면
직접 차단이 일어남

2) 냉각에 의한 응축 비대

- 포화수증기가 냉각에 의해 미립분진입자를 핵으로 응축하기 때문에 입자 크기가 커짐
- 수초내에 미세한 분진입자의 직경이 10배까지 커짐

3) 확산에 의한 액적표면접촉

- 분진입자 크기가 $1.0\mu\text{m}$ 이하의 미세한 분진입자에 대해서만 발생
- 기류의 유속이 낮고, 분진입자크기가 작고, 고온 저압 상태일 때 효과가 큼

4) 냉수면에서 열침착

- 고온 기체중에 함유된 미세 분진입자를 저온 수면으로 thermal force에 의해 추진시키는 작용
- 미세한 분진입자일수록 영향이 큼

2. 전기집진기술

- 코로나 방전에 의해 분진입자를 하전 → 전계에 의해 집진극판 표면으로 이동 포집
- 다량의 분진배출시설에 효율적 : 화력발전소, 유리용해로, 제철제강로, 폐기물소각로
- $< 10 - 20 \mu\text{m}$: 작은 입자의 포집에 효과적

* 분진포집원리

1) 코로나 방전의 형성

기체내의 전도

- 방전극과 집진극 사이에서 일어남
- 방전극 : 직경이 매우 가느다람, 집진극에 접지
- 맥류파 고전압 ($60,000 - 80,000\text{V}$) 극간에 일정한 방향으로 불평등전계를 형성시킴(강도는 방전극에 가까울수록 커짐)

코로나 방전

코로나 : 전기방전의 일종으로 전극주변에 있는 기체분자의전기적 파괴를 수반

- 기체의 전자방출에 의해 전극 주위에 형광을 발생
- 형광의 모양 : 점, 쏜세지, 리본
- 자유전자 증배 (Avalanche 증배) : avalanche multiplication

- 자유전자의 가속
- 자유전자는 빠른 속도로 이동하면서 연쇄적으로 기체분자와 충돌하여 많은 수의 양이온과 자유전자를 생성
- 증배현상은 가속된 전자가 기체분자와 충돌하여 이온을 생성시킬수 있는 속도를 갖는 한 계속됨 - 전계강도에 의해 결정
- 가스분자의 이온화
- 자유전자는 집진극을 향해 이동
- 극간영역 (inter electrode region)에서는 전장 강도가 약해 자유전자는 기체 분자 표면에 흡착되어 음이온을 띤 기체분자 형성 → 분진층의 원동력

2) 분진입자의 충전

- 분진입자들은 전극영역내로 이동되면서 이온과 접촉되어 충전됨
- 충전량이 충분해지면 → 전자포화상태 → 전기적 인력에 의해 집진극으로 이동 (중력의 30배 정도)

*장치의 성능

1) 압력손실

- 약 20~50 mmH₂O
- 주로 방전극에 의한 통과 저항임
- 처리기체속도 : > 50 m/s , Re > 3,500 (난류)
- 집진극 간격 : > 10 cm
길이 : < 10 m

2) 분진포집효율

① 기체의 유속 (대개 100m/s)

- 유속↑, 포집효율 ↓ (:: 재비산현상)
- 유속이 너무 느리면 포집효율 ↓ (:: 불균일 속도분포)

② 기체의 성분

- 코로나 방전 전류 및 전압이 변함
- 수분의 영향이 가장 큼
- 고수분함유시, 포집효율 ↓ (:: 일정한 전압에서 방전전류가 감소)
- 수분증가시, 포집효율 ↑ (:: 높은 인가전압)
(:: 분진의 전기저항 감소)

③ 기체의 온도 (300~350℃)

- T ↑, 포집효율 ↓ (:: 이온이동속도의 증가 → 방전전류 ↑
→ 스파크개시전압 ↓)
- T ↓, 포집효율 ↓ (:: 기체의 점성계수 ↑ → 분진입자의 이동속도 ↓)

④ 분진의 입자크기 (적합한 크기 : 0.01~10μm)

- 이 범위 이외의 분진이 다량 함유시 : predust collector 설치가 필요함

⑤ 입구분진 농도 : 적용범위 2-5 g/m³ 정도

⑥ 코로나 동력

- 소요동력 = 코로나 동력 + 송풍기 동력

(↑, 포집효율 ↑)

3. 여과포 집진기술

- 최고의 분진포집 성능유지가 가능한 집진기술
- 분진발생공정 및 연소, 소각설비 등 배가스처리용으로 광범위하게 적용
- 배가스 중의 SO₂, HCl 제거용 탈황, 탈염화수소화 설비와 함께 사용 가능
- 단점 : 배가스의 악조건, 고습의 가스처리에 문제
 - 여과포 재질의 개발 및 탈진방식의 개선으로 해결 가능
 - : 처리기체의 속도가 느려 여과포 면적이 넓어야 됨 (장치의 소요면적 大)
 - 여과포의 형상개발로 최소화 노력이 진행 중

※ 분진포집의 원리

- 직조 방법 - 직포, 부직포
- 입자의 포집 mechanism

1) 중력침강

- 분진입자중 크기와 밀도가 큰 입자 : 기체의 흐름은 따라가지 못하고 자체 무게에 의해 침강되어 포집
- 분진입자크기분포와 여과속도를 알면 추정이 가능

2) 관성충돌

- 충분한 관성력을 갖는 입자가 기체의 흐름은 따라가지 못하고 섬유표면에 부착되는 현상
- 충돌매개변수 : (예) 여과속도 0.61 m/min의 조건, 분진입자 크기 10 μ m
- 대개 1.0 μ m 이상인 크기에서 지배적으로 발생하는 기구임

3) 직접차단

- 분진입자의 크기가 작고 가벼우면 관성력이 상대적으로 작아져 기체흐름은 따라 가면서 단일섬유주위에 접근 → 분진입자의 직경의 중심과 섬유표면과의 떨어진 거리가 분진입자의 반지름 보다 작으면 섬유 표면에 접촉하여 부착
- 대개 1.0 μ m 이상인 크기에서 발생

4) 확산

- 입자 < 0.5 μ m : 무작위운동에 의해 운동 (Brownian motion)
- 일단 부착되면 다른 분진과 가교를 형성 → pore를 메움 (수분내 형성)

※ 장치의 성능

1) 압력 손실

- 여과포와 분진층을 통과할 때 발생하는 저항 : 중요한 설계 변수
- 인자 : 처리기체의 점도, 여과속도, 여과포의 물리적 특성, 분진의 입자크기 분포, 분진층의 두께 및 특성
- 송풍기의 흡인압력 = 여과포의 압력손실 + 분진층에 대한 압력손실 + 배관에서 마찰에 의한 손실

① 여과포의 압력손실

- 여과포조직이 조밀한 경우 커짐
- 보통 통과기체 속도 또는 유량에 비례

② 분진층의 압력손실

- 분진층의 두께, 분진입자의 크기 및 밀도, 기체의 점도, 여과속도의 함수
- 여과속도, 비저항계수에 비례하여 증가

③ 여과속도의 영향 : 압력손실에 큰 영향

④ 분진부하의 영향

- 여과속도가 느린 조건에서는 완만하게 증가
- 여과속도가 빠른 조건에서는 급격히 증가
- 분진층이 안정적으로 형성되면 분진부하 증가에 따라 ΔP 는 일정하게 증가

2) 분진 포집 효율

- 분진포집 초기단계에서만 여과포에 의한 분진포집이 약간 수행
- 대부분 여과포 표면에 퇴적된 분진층에 의해서 포집
(초기에는 탈진효율 감소 : 분진층형성 후 포집효율 증가)

① 여과속도의 영향

- 빠르면 : 분진부하의 증가에 따라 완만하게 증가
- 느리면 : 분진부하의 증가에 따라 급격히 증가
- 분진층 형성 후에는 분진부하의 영향에 비해 여과속도의 영향이 훨씬 큼

② 분진 입자크기의 영향

(예) 석탄화력발전소의 석탄회 포집

: $0.1 \sim 10 \mu\text{m} \rightarrow 99.8 \sim 99.9 \%$, $0.1 \sim 1.0 \mu\text{m} \rightarrow 99.0\%$

※ 여과포의 종류

- 초기에는 천연섬유 (면, 양포)
- 현재에는 대부분이 합성섬유
- 최근에는 내열, 내산성, 내알칼리성이 우수한 여과포 개발
(예) 폐기물소각로용 ... polytetra Teflon, expanded PTEE Rastex, polyimid 84 등
 - polyimid : 비표면적이 넓고 압력손실이 낮고 내열 및 내산성이 우수함