



대기오염 방지시설 선정 및 유지관리 기술

◆ 연재

II. 대기오염 방지시설

3. 주요 방지시설별 집진원리 및 종류

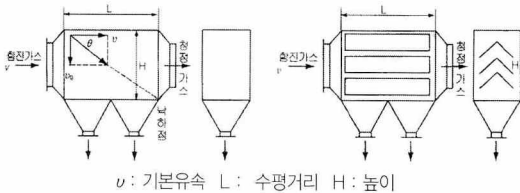
3-1 중력집진장치

3-1-1 집진원리

중력집진장치는 기본적으로 입자를 중력하에서 침강할 정도로 수평속도를 감소시키는 확장실(expansion chamber)과 침강하는 먼지를 포집하는 먼지 퇴적함으로 구성되어 있다. 이 장치의 장점 중 하나는 기계적인 제어없이 자연적으로 입자의 분리가 이루어진다는 것이다. 중력침강 집진장치는 미세입자를 제거하는 데는 너무 큰 확장실이 필요하기 때문에 일반적으로 50 μ m 이상의 입경을 가진 거대입자의 제거에 산업적으로 이용된다.

3-1-2 중력집진장치의 종류

중력집진장치는 아래와 같이 침강실과 다단 침강실의 두 종류가 있다. 중력침강실은 비교적 굵은 먼지 입자를 포집하는데 사용되며, 다단침강실은 침강실 내부에 여러개의 침전판을 설치하여 침강높이를 작게 함으로써 집진효율을 높게 한 장치이다.



(a) 중력침강실

(b) 다단침강실

v : 기본유속 L: 수평거리 H: 높이

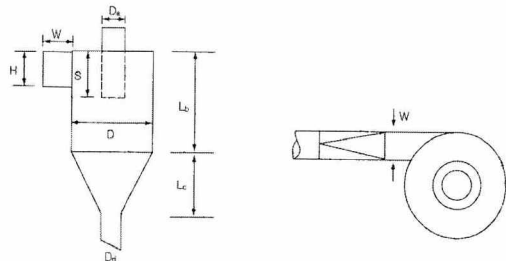
3-2 원심력 집진장치

3-2-1 집진원리

원심력 집진장치(centrifugal dust collector)는 가스흐름에 선회운동을 주어 원심력에 의해 함진 가스로부터 입자상 오염물질을 제거하는 집진장치이다. 이 장치는 초기 설치비가 저렴하고 과부하 운전에도 잘 견디는 구조적 특징을 가지고 있다. 원심력을 이용하여 입자상 오염물질을 제거하는 대표적인 장치로는 싸이클론으로써, 원심력 집진장치를 간단히 싸이클론으로 부르기도 한다.

최근에는 원심력 집진장치만으로는 배출허용기준을 만족하기 어렵기 때문에 전기, 여과집진장치 등의 전처리장치로 널리 사용되고 있다. 설계기술의 발달로 5 μ m 이상의 입자에 대하여 98% 이상의 효율을 가지기도 하는데, 집진효율을 높이기 위해서는 그 만큼의 압력손실이 요구되어 운전비 증가 등의 제약조건이 따른다.

3-2-2 원심력 집진장치의 규격

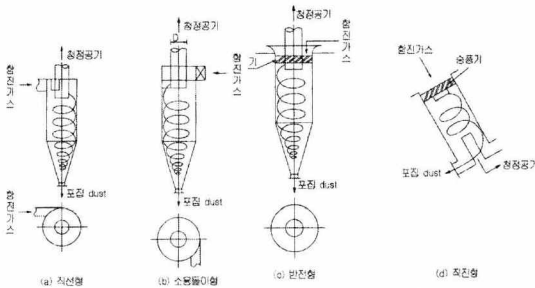


D	본체의 직경	본체 직경	D
De	출구의 직경	본체 몸통의 길이	Lb = 2D
H	유입구 높이	원추부 길이	LC = 2D
W	유입구 폭	배기가스 출구직경	De = D/2
S	출구 확장부 길이	배기가스 출구길이	S = 5/8D
Lb	본체길이	배기가스 입구높이	H = D/2
Lc	원추부 길이	배기가스 입구 폭	W = D/4
Dd	먼지 배출구 직경	먼지 출구 직경	Dd = D/4

3-2-3 원심력 집진장치의 종류

• 처리가스 유입방식에 따른 분류

- 접선유입식 : 접선유입식은 그림(a)와 같이 처리가스를 원통부의 측면에 접선 유입시키는 것으로, 유입위치에 따라 상부 접선유입식과 하부 접선유입식이 있다. 또한 입구의 형태에 따라 그림(b)와 같이 나선형 또는 회전형의 것이 있다.
- 축류식 : 축방향 유입식은 처리가스를 축방향에서 유입하는 것으로 반전형(그림c)과 직진형(그림d)이 있다. 반전형은 같은 압력손실에서 접선유입식 보다 3배정도 많은 가스를 처리할 수 있고, 처리가스를 각각의 사이클론에 균등히 배분하는 것이 용이하기 때문에 주로 멀티 사이클론에 적용된다.

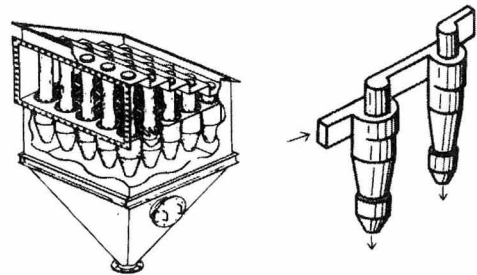


• 연결방식에 따른 분류

- 멀티사이클론 : 처리가스량이 많고, 높은 집

진효율을 필요로 하는 경우에는 작은 몸통경의 사이클론을 여러개 병렬로 연결해서 사용하는데, 이것을 멀티 사이클론이라고 한다(그림(a)). 멀티사이클론내에서 사용된 단위 사이클론 한 개의 압력손실이 전체 압력손실이 된다. 따라서 작은 압력손실로 많은 용량을 처리할 수 있다. 멀티사이클론은 처리가스를 균일한 압력분포로 각 단위 사이클론으로 공급하는 것이 매우 중요하다.

- 멀티 스테이지 사이클론 : 멀티 스테이지 사이클론은 동일한 크기의 사이클론을 직렬로 연결하여 접속시킨 구조로 되어 있다(그림(b)). 이 경우 압력손실은 연결된 사이클론의 개수에 비례하여 배수로 증가되어, 집진효율과 비교하여 높은 압력손실(=동력손실=운전비용)을 유발하므로, 통상 3단이하로 연결하여 사용한다.



(a) 멀티사이클론

(b) 멀티스테이지 사이클론

3-3 세정집진장치

3-3-1 집진원리

세정집진장치는 액적(물방울), 액막(물중의 공기방울), 기포(기름) 등을 이용하여 함진가스를 세정시킴으로써 입자의 부착 또는 응집을 일으켜 먼지를 분리하는 장치이다. 세정집진장치의 입자 제거기전은 관성충돌, 직접차단, 확산(브라운 운동), 정전기력, 중력, 응축(응집), 온도차 등이다.

- 관성충돌 : 함진가스와 액적이 혼합하여 흐를 때 발생한다. 큰 입자들은 자체의 관성으로 인해 이동경로를 계속 유지하려는 경향이 있기 때문에 액적위에 충돌하여 제거된다. 관성충돌은 입자경이 $1\mu\text{m}$ 이상될 때에 지배적으로 발생한다.
- 확산 : 관성충돌효과가 없을 때도 $0.1\mu\text{m}$ 이하 미세먼지는 그 자체가 브라운 운동을 하기 때문에 액적, 액막 등의 표면에 확산 부착되어 가스로부터 분리포집된다. 확산작용은 접촉면적, 확산계수, 입자의 농도에 비례하며, 세정수 표면의 경막이 두꺼울수록 반비례한다. 따라서 확산속도는 확산에 필요한 커다란 공간에 영향을 받게 되므로 높은 제거효율을 위해서는 높은 표면적을 가진 작은 액적이 필요하게 된다(접촉표면적의 증가).
- 응축 : 응축에 의한 효과는 입자가 이슬점(노점) 이하로 급속히 떨어질 때 발생된다. 수분이 가스내 흐름에서 응축하여 안개를 형성할 때 입자상 물질들이 응축핵으로 작용하여 더욱 큰 입자를 형성한 후 충돌에 의해 제거된다.
- 중력 : 입자가 액적을 통과하는 동안 중력이 작용하여 액적표면에 침적될 수 있다. 이런 작용은 일반적으로 입자의 직경이 $50\mu\text{m}$ 이하의 입자에 적용될 수 있으나 직경이 $100\mu\text{m}$ 이상에는 적용되기 힘들다.
- 전기력 : (정)전기력은 입자 또는 액적이 정전기를 띠게 될 경우 발생하며 정전기는 불꽃이온화, 마찰 또는 방전된 물질에 의해 발생할 수 있다. 정전기력에 의한 작용은 세정액의 유속이 느릴수록 높은 효율을 나타낸다.

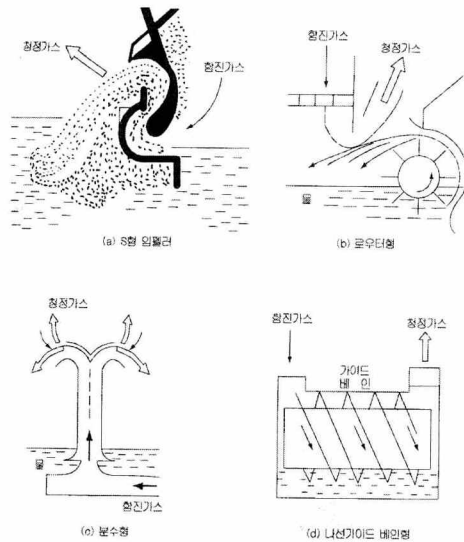
3-3-2 세정집진장치의 종류와 구조

세정집진장치를 크게 구분하면 유수식, 가압수식, 회전식으로 나눌 수 있다.

- 유수식 : 물중에 함진가스를 붙여넣는 방식 ← 가스분산형(주로 액막을 이용)
- 가압수식 : 함진가스에 물방울을 공급하는 방식 ← 액분산형(주로 액적을 이용)
- 회전식 : 팬을 회전하여 액적, 액막, 기포를 생성하는 방식 ← 혼합식

① 유수식 : 장치내에 일정량의 물 또는 액체를 채운 후 가스를 유입시켜 액적, 액막, 기포를 형성하여 함진가스를 세정, 먼지를 제거하는 방법

- 종류 : s형 임펠러, 로우터형, 분수형, 나선가이드 베인형, 오리피스 스크러버 등



〈유수식 세정집진장치〉

② 가압수식 : 물을 가압, 분출하여 액적(물방울)을 생성시켜 함진가스를 세정, 먼지를 제거하는 방식으로 벤츄리 스크러버, 제트 스크러버, 싸이클론 스크러버, 분무탑, 포종탑, 충전탑 등이 있다.

- 벤츄리 스크러버(venturi scrubber) : 세정 집진장치 중 집진율이 가장 높고 광범위하게 사용된다. 함진가스를 벤츄리관의 목(throat)부에서 유속을 60~90m/sec 정도로 빠르게 하여 주변의 노즐을 통하여 물이 흡인분사되게 하며, 이 때 액적과 입자가 충돌하여 포집된다.
- 제트스크러버(jet scrubber) : ejector를 사용하여 물을 고압분사시켜 먼지를 물방울에 접촉, 포집하는 방식이다.

- 사이클론 스크러버 : 충돌, 확산 부착력과 원심력을 이용하여 함진가스를 세정하는 방식이다.
- 분무실 스크러버(spray-chamber scrubber) : 챔버내에 스프레이단을 설치하여 액적과 함진가스를 접촉하여 세정하는 방식이다.
- 충전탑(packed-bed scrubber) : 충전탑 내에 여러 가지 충전재를 넣어 함진가스와 액적의 접촉면적을 크게 하여 세정하는 장치이다.

3-3-2 각 세정집진장치의 비교

특 징 \ 종 류	총진탑	분무탑	벤츄리형 세정탑
가스속도(m/s) 소요액량(L/m³) 압력손실(mmH ₂ O)	1~2 1~10 100~300	1~2 1~3 10~50	8~15 3~5 200~300
장 점	<ul style="list-style-type: none"> • 가스량 변동에 잘 적응 • 압력손실이 작음 	<ul style="list-style-type: none"> • 구조 간단, 압력손실이 작음 • 침전물이 있는 경우 적합 • 충전탑보다 저렴 	<ul style="list-style-type: none"> • 대량처리 • 효율양호
단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 고품물에 의한 막힘 • 충전물 고가 	<ul style="list-style-type: none"> • 가스유출시 액의 비산 • 분무노즐 막힘 • 미세 물방울을 위한 동력 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 압력손실 크다 • 동력비 과다

3-4 여과집진장치

3-4-1 집진원리

여과집진장치는 여과재(filter media)에 처리가스를 통과시켜 먼지를 분리, 제거하는 장치이다. 일반적으로 여과재를 자루의 형태로 만들어서 사용하기 때문에 백필터(bag filter), 백하우스(bag house)라고도 한다.

여과집진장치에는 관성충돌, 차단, 확산작용이 주요 포집기전으로 작용하며, 입경이 0.1 μ m 정도의 미세한 먼지는 확산 작용에 의한 집진이 주된 기전이고, 굵은 입자들은 관성충돌, 차단 작용이 주된 기전으로 작용한다. 다음은 일반적인 집진기전을 나열한 것이다.

- 관성충돌(impaction)
- 직접차단(interception)
- 확산(diffusion)
- 중력침강(gravitational settling)
- 체거름(sieving)
- 열확산(thermal precipitation)
- 정전기 인력(electrostatic attraction)

자료제공 : 환경보전협회 환경연수부
다음호에 계속...