

김용진
한국기계연구원 열유체시스템 연구부, 선임연구원

2.2.3 펄스(Pulse) 하전 기술

펄스하전방식은 종래의 직류하전방식과 비교시, 먼저 10~100 μ s 정도의 펄스 폭의 경우 직류하전시의 음극 코로나에 의한 방전극에서의 코로나 불꽃이 없고 (국부적인 코로나의 강약이 없고) 방전극전체로부터 코로나가 발생하며 집진극에의 코로나 전류밀도가 거의 균일화 된다. 따라서 고저항분진의 경우

분진제어기술 <2>

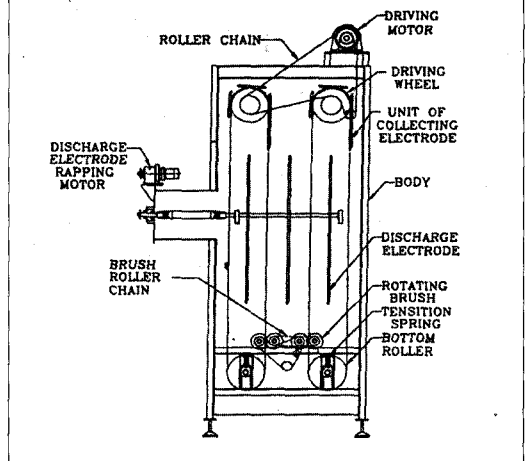
목 차

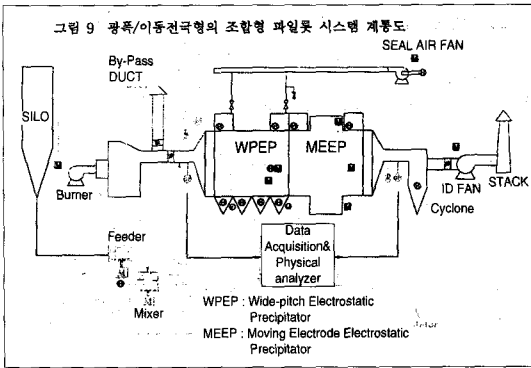
1. 서론
2. 분진제어 설비 종류 및 개발 동향
 - 2.1. 싸이클론 집진장치
 - 2.2. 전기집진장치
 - 2.2.1. 역전리 및 재비산 억제기술
 - 2.2.2. 예비하전기술
 - 2.2.3. 펄스하전기술
 - 2.2.4. 이동전극형 또는 습식전기집진기의 조합형 기술
- 2.3. 백하우스 집진장치
 - 2.3.1. 정전기 여과 집진 기술
 - 2.3.2. 가스성분조절기술
 - 2.3.3. 세로운 탈진기술
 - 2.3.4. 고온, 고압을 여과 집진기술
- 2.4. 하이브리드 집진기술
 - 2.4.1. 전기집진과 전기여과포 집진의 복합기술
 - 2.4.2. 탈황 / 탈질 동시처리용 여과집진기술
 - 2.4.3. 건식 스프레이드라이버를 이용한 집진 / 탈유해가스 기술
 - 2.4.4. 저온 코로나 플라즈마를 이용한 집진 / 탈황 / 탈질 기술
3. 결론

직류하전에서는 국소적인 코로나 전류의 집중에 의해 발생한 역전리 현상이 펄스 하전에서는 전류밀도의 저하에 의해 발생이 억제된다.

그리고, 직류하전에 비해 불꽃개시전압이 높아지기 때문에 분진에의 대전량을 증가시키고 집진성능이 향상된다.

그림 8 이동전극형 전기집진기 구조



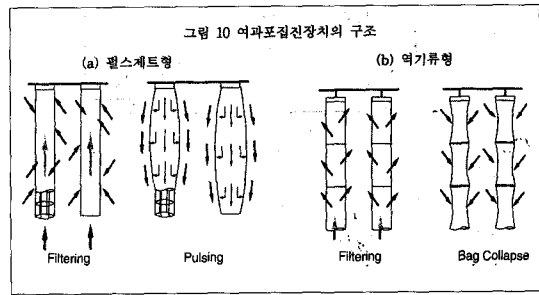


2.2.4 이동전극형 또는 습식 전기집진기의 조합형 기술

이동전극형 전기집진기(Moving Electrode type Electrostatic Precipitator, 이하 MEEP로 생략)는 그림 8에서 보는 바와 같이 종래의 전식전기집진기와는 달리 집진극을 회전시키면서 가스흐름이 없는 집진극의 하단부에서 브러쉬(brush)를 사용하여 집진극에 부착되는 분진을 재비산 없이 거의 대부분 탈락시켜, 집진판에 분진층이 형성되지 않는 상태를 유지하기 때문에 분진의 고전기저항에서 야기되는 역전리 현상을 방지하여 고효율의 집진이 가능하므로 전기집진기의 크기를 줄일수 있는 방식이다. 그림 9는 한국기계연구원에서 개발중인 광폭전기집진기와 이동전극형 전기집진기의 조합형에 대한 2.5MWe급 파일럿 플랜트의 계통도를 보여주고 있다.

2.3 백하우스(또는 여과포) 집진장치

백하우스 집진기는 유리 또는 세라믹 섬유상의 여과포에 분진유동을 통과시켜 분진을 부착, 수거하는 장치로써, 그림 10의 (a)와 (b)에서 보는 바와 같이 집진과 탈진유동의 방식에 따라 펄스제트(pulse jet)형

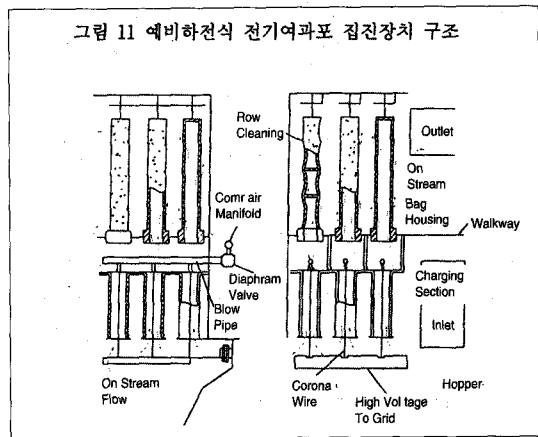


과 역기류(reverse flow)형으로 적용되어지고 있다.

여과집진에서 가장 큰 문제는 압력손실과 여과포의 수명향상 등에 있는데, 여과집진의 성능을 증가시키기 위한 새로운 기술은 정전기력(electrostatic force)을 이용하는 기술과 함진가스에 화학약품을 첨가시키는 방법 등이 최근에 미국을 중심으로 활발히 연구되어지고 있다.

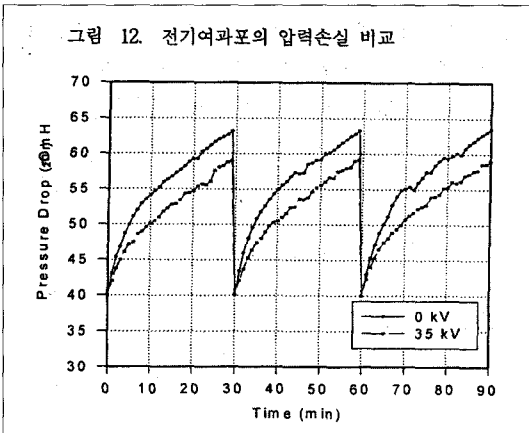
2.3.1 정전기 여과집진 기술

(1) 예비하전식



(2) 유전식

그림 12. 전기여과포의 압력손실 비교



(3) 내부전극식

2.3.2 가스성분조절(Gas Conditioning)기술

여과포 가스흐름의 상류에 화학적인 약품을 첨가하면 입자사이의 결합력이 좋아지고 그 결과 집진효율이 증가하고 압력강하도 감소하여 여과포 집진장치의 성능향상에 크게 기여할 수 있으며, 이때 가스에 첨가하는 첨가제는 NH₃와 SO₃의 복합제가 가장 좋다고 보고되었다.

2.3.3 새로운 탈진기술

전형적인 탈진기술은 역세형(collapse), 진동형(shaker), 펄스제트(pulse jet)방식 등이 있으나, 대부분의 새로운 기술은 펄스제트 방식의 수정에 의하여 개발되는 것으로, 작동원리는 각각의 여과포의 윗쪽에 놓인 노즐에서 간헐적으로 분출되는 압축공기에 의해 주위의 2차공기를 휩쓸어 가게 되며 벤투리튜브를 통해 여과포 내부로 불어 넣음으로서 순식간에 탈진이 일어나는 원리이고, 본진의 농도가 높은 경우

에 적합한 방법이다.

또하나의 새로운 탈진기술은 140~150dB의 초음파를 사용하여 여과포에 공기의 진동을 주어 탈진시키는 기술이다. 이 방식은 역세형과 마찬가지로의 구조이며 여과실의 내부에 싸이렌 등의 초음파 발생장치를 설치한 것이다. 정상적인 여과포 탈진기간중에 초음파를 발생시키면 여과포 탈진후 압력강하는 최소 약 40~50% 이상 감소하게 된다고 보고되고 있다.

2.3.4 고온, 고압용 여과집진기술

석탄가스화 복합발전 시스템에서 석탄가스화 연소 가스중에는 약3g/Nm³의 입자상물질과 300~2000ppm의 H₂S가 포함되어 있어 입자상물질은 터빈 부품을 마모시키고 H₂S는 부식의 원인이 되므로 이것들을 제거하는 집진 및 탈황기술이 필요하다.

이를 위해 종래의 각분야에서 사용된 집진방식을 그대로 적용하기는 어려우므로 새로운 집진방식이 개발되어야하며, 이 조건에 적합한 것이 고온세라믹 필터를 이용한 여과집진방식이다. 이 방식의 특성은 필터의 내열성, 기계적강도, 내부식성 및 집진효율면에서 대단히 성능이 좋으나 압력손실은 분진부하의 상승과 더불어 증가하기 때문에 이러한 점들은 해결되어야 할 과제들이다.

2.4 하이브리드(Hybrid) 집진기술

2.4.1 전기집진과 전기여과포집진의 복합기술(COHPAC)

규제강화에 따라 상대적으로 전기집진기의 낮은 집진효율 문제를 보완하기 위한 또하나의 새로운 기술이 Compact Hybrid Particulate Collector(COHPAC)이다.

그림 13. COHPAC 시스템 개념도

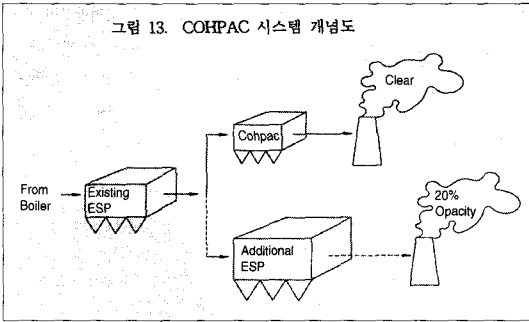
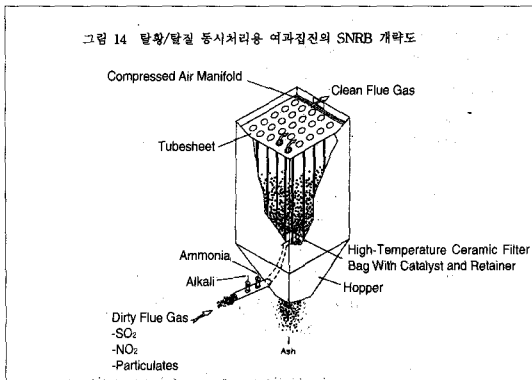


그림13은 COHPAC의 개념도를 보여주는 것으로, 이것은 전기집진기의 출구부에 여과포 집진장치를 설치하여 집진성을 증가시키는 방식이며, 응용원리는 초기에 전기집진기에서 분진이 제거되고 전기집진기에서 집진되지 않은 분진들은 여과포 집진장치에 유입되어 집진되는 원리이며, 이때 여과포 집진장치에 유입되는 분진의 농도는 전기집진기를 통과한 분진이기에 때문에 농도가 낮으며 정전기를 띄고 있으므로, 예비하전식의 전전여과포 집진장치의 효과도 동시에 기대할 수 있다.

2.4.2 탈황/탈질 동시처리용 여과집진기술

그림 14 탈황/탈질 동시처리용 여과집진의 SNRB 개략도



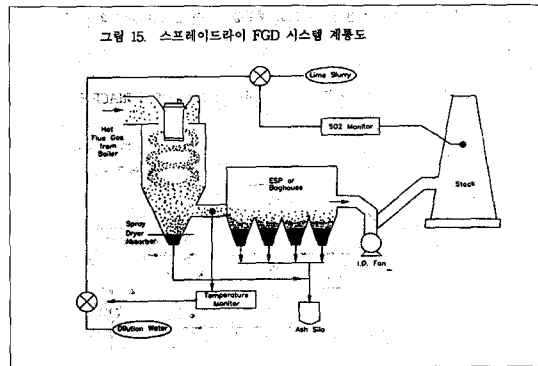
다양한 공해물질이 배출되는 쓰레기 소각로 등에 사용하는 여과식 집진기는 오로지 집진기 기능만이 아니라, 기체와 고체를 아주 효율이 높게 접촉시킬수 있는 집진기구를 가지고 있기 때문에 기체와 고체의 반응기(reactor)역할을 할 수 있다.

이점에 착안하여 여과식 집진기를 적용하므로서 집진기능만이 아니라 탈황,탈황,탈질 기능을 하나의 공정(process)에서 행할 수 있는 시스템이 가능한데, 그림14는 여과포 집진을 이용하여 탈황,탈질 및 집진을 동시에 수행하는 B&W사의 특허인 SNRB(SO_x, NO_x, BO_x)의 개략도를 나타낸다.

2.4.3 건식 스프레이드라이법을 이용한 집진/탈유해가스 기술

스프레이 드라이(spray dryer)공정은 그림15에서와 같이, 스프레이 드라이어라고 불리는 흡수탑에서 석회나 석회슬러리 또는 Na₂CO₃ 용액을 120~200°C의 배연에 분사하면 슬러리 입자가 건조되면서 SO_x와 반응하여 건조상태인 분말로 전기집진기 또는 백필터에서 회수되므로 건식(dry)또는 반건식(semi - dry) 공정으로 불리운다.

그림 15 스프레이드라이 FGD 시스템 개략도



2.4.4 저온 코로나 플라즈마를 이용한 집진/탈황/탈질 기술

기체 중에 포함된 분진이나 SOx/NOx 등을 동시에 제거하는 건식 스크루버 방법의 일종으로 암모니아를 제어대상 기체에 주입시킴과 동시에 전기에 의한 코로나 방전을 이용하여 플라즈마를 생성시켜, SOx와 NOx가 궁극적으로 비료로 사용가능한 유안초안의 염의 형태로 전환되게 하는 공정이다.

이에 대한 구체적인 반응경로는 다음과 같다.

- 1) $N_2, O_2, H_2O + e \rightarrow OH, O, HO_2$
(코로나플라즈마에 의한 활성화 라디칼 생성)
- 2) $SO_x + OH, O, H_2O \rightarrow H_2SO_4$ (황산가스화 반응)
- 3) $NO_x + OH, O, H_2O \rightarrow NHO_3$ (질산가스화 반응)
- 4) $H_2SO_4 + NHO_3, H_2O \rightarrow (NH_4)_2SO_4$
(황산암모늄 미스트화 반응)
- 5) $(NH_4)_2SO_4 + NH_3, H_2O, NHO_3 \rightarrow$
 $(NH_4)_2SO_4 \cdot 2NH_4NO_3$

최종적인 부산물로는 비료로 사용가능한 유안 및 초안분말이 생성되는데, 장치가 소형입과 동시에 처

리후 부산물은 비료로 재활용 할 수 있기 때문에 최근 이에 대한 연구가 매우 활발하다.

III. 결론

입자상오염 물질의 제어 장치는 전기집진장치와 백하우스(또는 여과포) 집진장치에 대한 연구개발이 주종을 이루고 있는데, 전기집진장치인 경우, 일본과 유럽을 중심으로 간헐전류 공급방식과 광폭공간에 관한 연구가 집진효율의 증대와 동시에 설치비 및 운전비의 절감면에서 연구/개발되고 있으며, 미국을 중심으로 산화황의 제어기술에 의한 고전기저항 분진의 집진효율증대에 관한 연구가 진행되고 있다.

백하우스 집진장치는 저유황 부산물의 집진에 매우 효과적이기 때문에 미국의 서부를 중심으로 그 수요가 점차 증가되고 있으며, 가장 큰 문제점인 여과필터의 압력손실, 수명 및 효율예측 능력에 관한 연구가 계속적으로 추진되고 있다.

근래에 들어서 배출규제대상 유해가스의 다양화, 배출규제의 강화로 각 규제대상 물질에 대하여 개별적으로 처리장치가 설치되어 있지만 하나의 처리장치에 많은 기능을 갖추도록 종합적인 배기가스를 처리할 수 있으면 보다 더 효과적이다.

따라서, 기존의 기계식 집진장치(싸이클론, 여과포 필터 및 스크루버)에 코로나 전기 효과를 복합하여 집진효율을 높이고 압력손실을 현저히 감소시키는 것이나, 집진과 유해가스들을 복합시스템에서 동시에 처리할 수 있는 하이브리드 시스템에 관한 연구 개발이 선진국에서 매우 활발히 진행중이다. ◀

