

대기-연료장치의 종류와 특징

<고체연료>의 연소장치

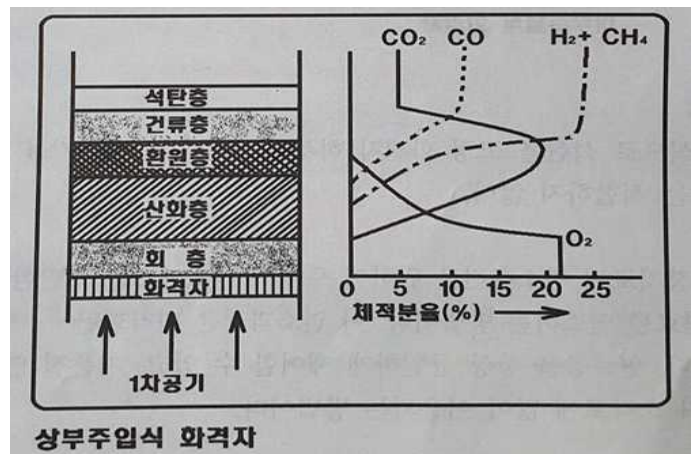
- (1) 화격자 연소- 화격자라는 격자 위에 고체연료를 쌓고 여기게 공기를 공급하여 연소시키는 고정층 연소방법
- (2) 유동층 연소- 모래 등과 같은 내화성 분체와 소량의 고체연료를 섞어 만든 혼합입자층을 분산판 위에 쌓고, 아래로부터 공기를 강하게 불어 넣음으로써 비등 상태와 유사한 운동을 하는 유동층을 형성시켜 700-900°C 정도의 낮은 온도에서 연소시키는 방법
- (3) 미분탄 연소- 분쇄기에서 분쇄된 미립자(200mesh 이하)를 1차공기와 혼합하여 버너로부터 분출시켜 부유 상태에서 연소시키는 방법

(1) 화격자 연소장치

- 화격자연소는 화격자 위에 여러 층의 석탄입자의 고정층을 만들어 그 속으로 공기를 공급하면서 연소시키는 방법
- 분류 : 연료와 공기의 공급방향에 따라 - 상부주입식과 하부주입식
이송방식에 따라 - 고정화격자와 이동(가동)화격자

1) 상부주입식 화격자 (산포식 스토커, 계단식 스토커)

- 상부주입식은 그림과 같이 상부에 연료를 공급하고 하부에 공기를 공급해 주는 방식
- 석탄층 → 건류층 → 환원층 → 산화층 → 회(재)층 → 화격자의 구성순서



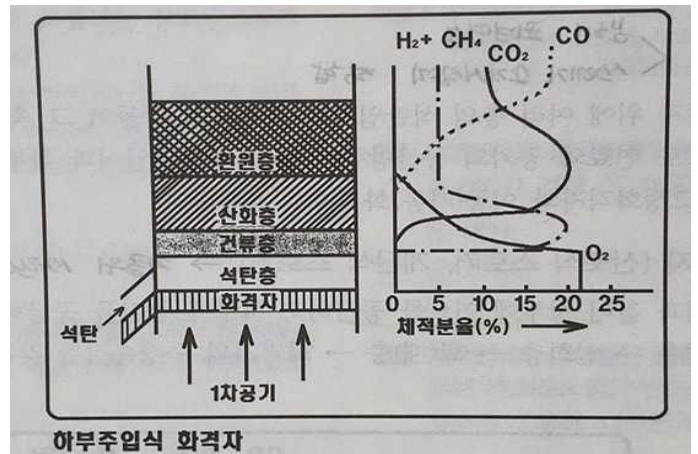
① 산포식 스토커

- 연소가 진행되고 있는 불 위에 석탄을 기계로 뿌려주는 방식
- 착화가 편리하기 때문에 무연탄 연소에 많이 사용
- 기계로 뿌려주는 방식 : 회전날개식, 압축공기식, 증기분무식 등이 있음
- 사용하는 석탄의 입도에 수분공급이 일정해야하고 특히 굴뚝 내에 비산되는 재에 유의
- 연소효율 : 자연통풍시 100~300kg/m²·hr, 강제통풍시 150~200kg/m²·hr 정도

② 계단식 스토커

- 계단방식으로 고체연료를 화격자에 보내어 연소하는 방법
- 2차 연소실을 설치하여 불완전연소를 완전연소시킬 수 있는 연소방법
- 쓰레기 조각이나 저질탄연소에 적당한 장치
- 연소 시 예열건조로 가급적 연료층을 두껍게 해서 연소시키고 입도가 큰 연료연소는 얇게 하여 연소하는 것이 바람직함

- 2) 하부주입식 화격자 (하급식 스토커, 체인 스토커)
- 하부주입식은 하부에 연료와 공기를 함께 공급하는 방식
 - 화격자 → 석탄층 → 건류층 → 산화층 → 환원층의 구성순서



① 하급식 스토커

- 스크류(Screw)식으로 석탄을 고정 화격자 하부에 고온의 가온공기를 사용하여 연소하는 방식인데 무연탄에는 적합하지 않음

② 체인식 스토커

- 완전 자동연소장치로써 연소촉진을 위하여 로내의 연소가스를 교반한 가스와 고속의 2차 공기를 불어넣고 연료를 연소하는 방법
- 연소과정 : 미착화탄 → 산화층 → 환원층 → 회층 순으로 연소
- 연료층을 항상 균일하게 제어할 수 있고 저품질 연료도 유효하게 연소시킬 수 있음
- 쓰레기 소각로에 많이 이용

3) 가동(이동식) 화격자

- 가동(이동식) 화격자는 주로 대형소로에서 사용

- ① 계단식 화격자 : 고정화격자와 가동화격자를 교대로 하여 계단모양으로 배치하고 가동화격자가 왕복운동을 하면서 폐기물을 이송시키는 방식
- ② 병렬요동식 화격자 : 고정화격자와 가동화격자를 횡방향으로 나란히 배치하고 가동화격자를 전·후로 왕복운동을 시킴. 비교적 강한 교반력과 이송력을 갖고 있으며 화격자 눈의 메워짐이 별로 없어 낙진량이 많고 냉각작용이 부족
- ③ 역동식 화격자 : 가동화격자가 계단식과는 반대로 폐기물 흐름방향과 반대인 위쪽을 향해서 왕복운동. 화격자 상에서 건조, 연소 및 후연소가 이루어지며 폐기물의 교반 및 연소조건이 양호하고 소각효율이 매우 높으나 화격자의 마모가 많음
- ④ 회전 로울러식 화격자 : 여러 개의 드럼을 횡축으로 배치하고 폐기물은 드럼의 회전에 따라 순차적으로 이송하는 방식
- ⑤ 이상식 화격자 : 화격자를 무한궤도형으로 설치한 구조. 건조, 연소, 후연소의 각화격자 사이에 높이 차이를 두어 낙하시킴으로서 폐기물층을 뒤집으며 내구성이 뛰어남
- ⑥ 부채형 반전식 화격자 : 폐기물의 흐름방향과 직교하는 수평축에 연결된 부채형 화격자의 90°반전 왕복운동에 의해 폐기물을 이송시킴. 교반력이 커서 저질쓰레기 소각에 적합
- ⑦ 폰 롤 시스템(Von Roll System) : 일련의 왕복식 화격자들을 사용하여 폐기물을 소각로 내에서 이동시키면서 연소. 화격자는 건조, 연소, 후연소의 세부분으로 구성

(2) 유동층 연소장치

- 세로형의 원통 용기의 바닥 부분에 다공의 공기 분산판을 설치하고 노 내부에는 모래 등의 내열성분립체(유동사)를 충전하여 이것을 유동 매체로 하여 분산판 밑쪽에서 넣어 주는 열풍으로 유동하게 하며, 이 유동층내에 소각 물질을 공급하여 700~1000°C로 건조, 분쇄, 소각 하는 소각로
- 구조 간단, 고장 적음, 노내 온도 제어가 쉬워 균일하게 유지 가능, 노상 단위 면적당의 처리 능력이 큼
- 불활성층이 미리 가열된 상태에서 태우기 때문에 폐기물은 순간적으로 연소하고 열효율이 좋음. 다만, 폐기물을 주입하기 전에 적당한 크기(50mm정도)로 파쇄해 주어야 함
- 유동층의 열량은 보유열량이 높아 화염전파는 필요없고, 층의 온도를 유지할만큼의 발열만 있으면 됨. 다만, 유동층의 연소온도는 비활성 층 물질의 용융온도보다는 낮아야 함
- 주방쓰레기, 슬러지 등 수분함량이 높은 폐기물을 층내에서 건조와 연소를 동시에 할 수 있어 폐기물 연소에 최적연소 조건을 형성

1) 유동층 연소장치의 장점

- ① 다른 연소법에 비해 연소온도가 낮아 NO_x생성 억제가 잘되고, 화염층을 작게 할 수 있으므로 장치의 규모를 작게 할 수 있음
- ② 유동매체의 열용량이 커서 액상, 기상, 및 고형 폐기물의 전소 및 혼합연소가 가능. 특히, 폐유, 폐윤활유 등의 소각에 탁월함
- ③ 로내에서 산성가스의 제거(탈황)가 가능(유동매체를 모래가 아닌 석회석(CaCO₃)으로 할 경우)하여 별도의 탈황설비가 불필요함
- ④ 미분탄 장치가 불필요함
- ⑤ 유동층을 형성하는 분체와 공기와의 접촉 면적이 크기 때문에 공기소비량이 적어 배출가스량도 적은 편
- ⑥ 연소효율이 높아 미연분의 생성량이 적어 회분매립으로 인한 2차 공해가 감소됨

2) 유동층 연소장치의 단점

- ① 다른 연소법에 비해 재나 미연탄소의 방출이 많고 부하변동에 따른 적응이 어려움
- ② 유동매체의 손실을 인한 보충이 필요
- ③ 대형의 고형폐기물은 로 내로 투입 전 파쇄(전처리) 하여야 함

3) 유동층 연소장치의 유동매체 조건

- ① 불활성일 것
- ② 미세하고 열충격에 강하며 용점이 높을 것
- ③ 비중이 작을 것
- ④ 입도분포가 균일할 것

(3) 미분탄 연소장치

- 석탄을 200mesh(약 127 μ m 이하)로 분쇄하여 1차 공기와 함께 연소실 내의 버너로 불어 넣어 연소하는 방식
- 반응속도는 탄의 성질, 공기량 등에 따라 변하기는 하나, 연소에 요하는 시간은 대략 입자지

름의 제곱에 비례함

- 탄을 분쇄하여 공급하기 때문에 표면적이 대단히 커서 화염전파 속도도 기체연료에 비해 매우 큰 편 (역화의 위험성 증가↑)
- 부하변동에 쉽게 적응할 수 있으므로 대형과 대용량 설비에 적합

1) 미분탄 연소장치의 장점

- ① 부하변동에 쉽게 적응할 수 있어 화력발전소나 시멘트 소성로와 같은 대형 대용량 연소시설에 적합
- ② 스토커연소에 비해 표면적이 크기 때문에 공기와의 접촉 및 열전달이 높아져 적은 공기비로 완전연소가 가능
- ③ 비교적 저질탄도 유효하게 사용할 수 있음
- ④ 사용연료의 범위가 넓어 스토커 연소에 적합하지 않은 점결탄, 저발열량탄 등과 같은 연료도 사용할 수 있음
- ⑤ 연소제어가 용이하고 점화 및 소화 시 열손실이 적음
- ⑥ 연소속도가 빠르고 높은 연소효율을 기대할 수 있음

2) 미분탄 연소장치의 단점

- ① 설비비와 유지비가 많이 들고, 재비산이 많아 집진장치가 필요함
- ② 분쇄기 및 배관 중에 폭발의 우려 및 수송관의 마모가 일어날 수 있음
- ③ 역화, 폭발의 위험성이 있음
- ④ 소용량 보일러에는 적용할 수 없음

<액체연료>의 연소장치

- 연료의 종류에 따라 : 경질유(휘발유, 등유, 경유 등)와 중질유(중유, 타르)
- 연소 방식에 따라 : 기화 연소방식과 분무화 연소방식

(1) 기화 연소방식(Vaporization combustion)

- 연료를 고온의 물체에 접촉 또는 충돌시켜 액체를 가연성 증기로 변환시킨 후 연소시키는 방식으로 주로 경질유의 연소방식에 속함
- ① 심지식 연소 : 주로 등유 연소장치에서 심지의 모세관 현상에 의하여 증발시키는 방식으로 점화 및 소화 시 공기와 혼합이 나빠 그을음 및 악취가 발생함
- ② 포트(Pot)식 연소 : 기름을 접시모양의 용기에 넣어 점화하면 연소열로 인하여 액면이 가열되어 발생하는 증기가 외부에서 공급되는 공기와 혼합연소하는 방식으로 휘발성이 좋은 경질유의 연소에 효과적
- ③ 증발식 연소 : 등유, 경유, 디젤유 등과 같은 경질유 연소에 적합한 방식으로 연소실 내의 방사열에 의하여 기화한 가연성 증기로 공급된 연소용 공기와 혼합하여 연소됨

(2) 분무화 연소방식(Atomization combustion)

- 액체연료의 연소는 주로 이 방법이 사용되며 액체연료의 입경을 작게 하기 위하여 안개와 같이 분무 연소시키는 방식으로 중질유의 연소 방법. 연료를 분무화 시키는 이유는 연료의 단위 중량당 표면적을 크게 하여 연소용 공기와 혼합을 촉진시켜 연소효율을 증가하기 위함

(최적의 분무화 입경은 10-500 μ m)

- 유압 분무화식 : 연료 자체에 압력을 가하여 노즐에서 고속 분사시켜 분무화 하는 방식
- 이류체 분무화식 : 증기 또는 공기의 분무화 매체를 사용하여 분무시키는 방식
- 회전 이류체 분무화식 : 고속으로 회전하는 분무컵의 원심력을 이용하여 분무하는 방식
- 충돌 분무화식 : 적열된 금속판에 연료를 고속으로 충돌시켜 무화하는 방식으로 분무 시 기름입자의 입경이 균일하지 못하면 역화, 폭발 등의 위험이 있으므로 균일한 분무 입경이 필요함. 또한 연료의 점도와 표면장력이 증가할수록 분무입경도 커지게 되므로 분무입경을 작게하기 위하여 연료 85 \pm 5 $^{\circ}$ C정도로 예열해 주어야 함

1) 유압 분무식 버너

- 연료에 5-20kg/cm²정도의 압력을 가하여 특수 설계된 노즐을 통하여 오일이 접시모양으로 퍼지면서 오일의 표면장력과 공기마찰이 생겨 여늘가 미세 입자화 되어 연소되는 방식
 - 버너의 연소량은 노즐의 형태 및 압력에 따라 조절가능
 - 구조 간단, 유지보수 용이, 오일의 점도가 크거나 유압이 5kg/cm²이하가 되면 분무화 상태가 불량해짐
- ① 유량조절 범위 : 환류식(Return) 1:3, 비환류식(Non-Return) 1:2 정도로 가장 좁다 (15-2000L/hr)
 - ② 용도 : 유량조절 범위가 좁기 때문에 부하변동이 적은 대용량 버너 제작에 이용
 - ③ 분무각도 : 40-90 $^{\circ}$ 의 넓은 각도의 화염
 - ④ 유압 : 5-20kg/cm²

2) 회전식 버너(Rotary burner)

- 3000-10000rpm으로 회전하는 컵 모양의 분무컵에 송입되는 연료유가 원심력으로 비산됨과 동시에 송풍기에서 나오는 1차 공기에 의하여 분무되는 형식
 - 유압식 버너에 비하여 연료유의 분무화 입경이 비교적 크지만 연료유의 점도가 작을수록, 분무컵의 회전수와 1차 공기의 속도가 클수록 분무화 입경은 작아짐
- ① 유량조절 범위 : 1:5 정도로 비교적 작은 편 (직결식 : 1000L/hr 이하, 벨트식 2700L/hr 이하)
 - ② 용도 : 부하변동이 있는 중·소형 보일러용으로 사용
 - ③ 분무각도 : 40 $^{\circ}$ -90 $^{\circ}$ 의 넓은 각도의 화염
 - ④ 유압 : 0.3-0.5kg/cm² 전 후

3) 고압 공기(기류)식 버너

- 2-10kg/cm²의 고압공기를 사용하여 연료유를 무화시키는 방식
 - 유량조절범위가 커서 부하변동에 적응이 용이
 - 고 점도의 연료도 분무가 양호하지만 소음이 매우 큰 편
 - 분무에 필요한 1차 공기량은 이론연소공기량의 7-12%정도면 됨
- ① 유량조절 범위 : 1:10 (외부혼합식:3-500L/hr, 내부혼합식:10-1200L/hr)
 - ② 용도 : 제강용 평로, 연속가열로, 유리용해로 등의 대형가열로 등에 많이 사용
 - ③ 분무각도 : 20-30 $^{\circ}$ 의 가장 좁은 각도의 긴 화염
 - ④ 유압 : 0.3-0.5kg/cm² 전 후

4) 저압 공기(기류)식 버너

- 0.05-0.2kg/cm²정도의 저압공기를 사용하여 분무화시키는 방법
- 유량조절 범위는 회전식(로터리) 버너와 같이 비교적 넓은 편이나 무화상태는 좋지 않음
- 분무에 필요한 공기량은 이론연소 공기량의 30-50% 정도면 됨
- ① 유량조절 범위 : 1:5 (200L/hr)
- ② 용도 : 소형가열로에 이용됨
- ③ 분무각도 : 30-60°의 좁은 각도의 짧은 화염
- ④ 유압 : 0.3-0.5kg/cm² 전 후

5) 건타입(Gun Type) 버너

- 소형 가열로에 주로 사용하는 방식
- 유압식과 고압공기식 버너의 방식을 겸용한 소형 전자동연소방식
- 오일은 6-8kg/cm²의 고압으로 미세한 노즐에서 분사되어 공기에 충돌시켜 생긴 미세한 입자로 연소하기 때문에 연소가 양호하고, 전자동 연소가 가능하며 연소효율이 매우좋은 장치
- 기름이 연소실에 분무된 후에 공기가 흡입되어 혼합되면서 노즐로 분사되어 스파크에 의해 점화되는데 광전식과 바이메탈식이 있음
- 바이메탈식 : 광전식에 비해 고장이 거의 없는 것이 특징

6) 증기분무식 버너

- 공기 분무식 버너에 공기대신 증기를 사용
- 분무되는 연료유의 분무화 입경이 미세하고 저 부하에서도 무화효과가 저하하지 않도록 한 것
- 증기의 열 및 압력에너지를 분모화에 이용하므로 점도가 높은 기름도 쉽게 분무화 시킬 수 있으나 설비가 비교적 복잡한 편

(3) 유류 연소버너의 조건

- ① 넓은 부하범위에 걸쳐 기름의 미립화가 가능할 것
 - ② 점도가 작은 기름도 적은 동력비로 미립화가 가능할 것
 - ③ 소음발생이 적을 것
 - ④ 미립화 특성이 양호할 것
- (분무유량, 분무입경, 분무도달거리, 분사압력, 분사속도, 연료의 점도 등)

<기체연료>의 연소장치

(1) 확산연소(Diffusion combustion)

- 기체연료와 연소용 공기를 버너 내에서 혼합시키지 않고 기체연료와 연소용 공기를 로 내에 따로 따로 분출시킨 후 연료와 공기를 로 내에서 혼합하여 연소시키는 방식
 - 화염이 길고 그을음이 발생하기 쉬운 반명 역화(back fire)의 위험이 없으며 가스와 공기를 예열할 수 있는 장점
 - 주로 탄화수소가 적은 발생로가스, 고로가스에 적용되는 연소방식
 - 천연가스에도 사용될 수 있음
 - 종류(포트형, 버너형-선회버너, 방사형버너)
- ① 포트형 : 버너 자체가 로 벽과 함께 내화벽돌로 조립되어 로 내부에 개구된 것으로 로 내부에서 연소가 완료되도록 가스와 공기의 유속을 결정함
- ② 버너형
- 선회버너 : 기체연료와 공기를 선회날개(안내날개, Guide vane)를 통하여 혼합시키는 방식으로 특히 고로가스와 같이 저질연료를 연소시키는데 사용
 - 방사형버너 : 천연가스와 같이 고발열량의 가스를 연소시키는데 사용되는 버너

(2) 예혼합 연소

- 기체연료와 연소용 공기를 미리혼합(예혼합)하여 버너로 로 내에 분출시켜 연소시키는 방식
 - 화염온도가 매우 높아 연소부하가 큰 경우에 사용이 가능하고 화염길이가 짧다.
 - 연소기 내부에서 연료와 공기의 혼합비가 변하지 않고 균일하게 연소되기 때문에 연소 조절이 쉽고 그을음 생성은 없지만 혼합기의 분출속도가 느릴 경우 역화의 위험이 있으므로 반드시 역화 방지를 부착해야함
 - 종류(고압버너, 저압버너, 송풍버너 등)
- ① 고압버너 : 기체연료의 압력을 $2\text{kg}/\text{cm}^2$ 이상으로 공급하므로 연소실 내의 압력은 정압(+)이며 소형 가열로에 사용됨
- ② 저압버너 : 기체연료의 분출 압력은 70-160mmHg 정도이며 버너에서 연료가 분출될 때 주위의 공기를 흡입하므로 공기흡입식 버너임, 저압버너는 역화를 방지하기 위하여 1차 공기량을 이론공기량의 약 60% 정도만 흡입하고 2차 공기는 로 내의 압력을 부압(-)으로 하여 공기를 흡입하는 방식으로 가정용 및 소형 공업용으로 많이 사용
- ③ 송풍버너 : 연소용 공기를 가압하여 송입하는 형식의 버너로 가압공기를 노즐로부터 분출 시킴과 동시에 기체연료를 흡입·혼합하여 연소시키는 버너

(3) 부분 예혼합 연소

- 확산연소와 예혼합연소의 절충적 방법으로 연소용 공기의 일부를 미리 연료와 혼합하고 나머지 공기는 연소실 내에서 혼합하여 확산 연소시키는 연소방식
- 소형 또는 중형 버너로 널리 사용되며 기체연료 또는 공기의 분출속도에 의해 생기는 흡인력을 이용하여 공기 또는 연료를 흡입하는 방식을 취함

***참고* 화염을 유지하기 위한 보염기에 대한 역할**

- ① 원추형 보염기는 원추의 가장자리에서 말려들게 한 소용돌이에 의하여 주로 보염작용을 행한다
- ② 축류형 보염기는 축의 후방에서 생기는 소용돌이에 의하여 주로 보염작용을 행한다
- ③ 공기유동에 대해 소용돌이를 발생시켜 화염의 순환 영역을 만들어 화염의 안정화를 꾀한다
- ④ 공기유동에 대해 연료를 역방향으로 분사하여 국부 공기유속을 화염전파속도보다 작게 한다