

폐기물소각과 대기오염처리기술

:: 연 재

Ⅲ. 소각설비

3. 소각로의 종류

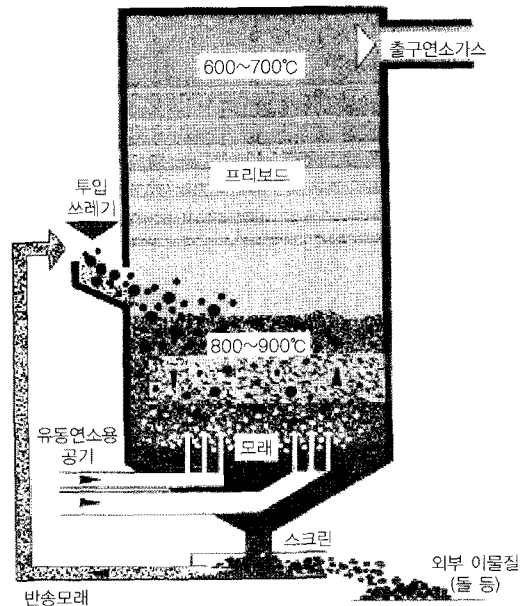
3-2 주요 소각로의 특성

3-2-2. 유동상식 소각로

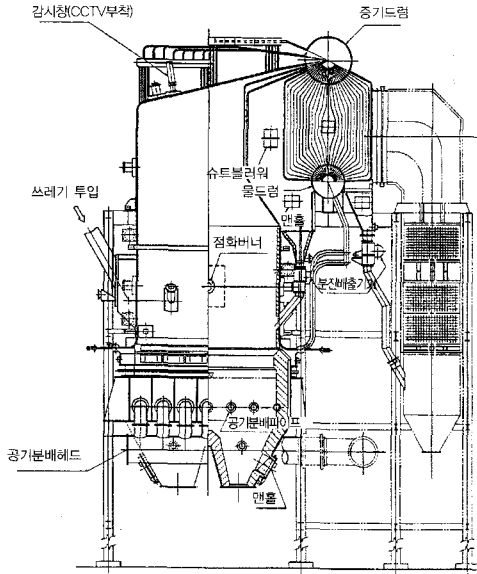
① 개요 및 구조

유동상식 소각로는 하수슬러지나 3~5cm 정도의 균일한 크기의 폐기물 소각에 적합하다. 소각 규모로는 150톤/일 이하의 용량에 적합하고, 생활 폐기물 소각시 전처리인 파쇄, 선별 등이 필요하다.

[그림 17]은 일반적인 유동상식 소각로의 모습을, [그림 18]은 일본 III사의 대표적 유동상 소각로의 구조를 각각 보여주고 있으며, 유동상식 소각로 각 부분의 명칭을 포함한 역할을 간단히 살펴본다.



[그림 17] 유동상 소각로 구조도



[그림 18] 일본 유동상 소각로 구조도

유동상식 소각로는 유동층상(Fluidized bed)을 이용하여 폐기물을 소각하는 시스템에 말하는 것으로서 유동층이란 화격자식 소각로의 화격자에 상응하는 부분으로 직경 약 1mm의 입자에 해당하는 유동매체가 산기장치로부터 송풍압에 의해서 유동상태가 되는 것이며, 유동상이란 유동층이 약 700℃로 가열되어 있어 쓰레기가 연소가능한 상태로 되어 있는 것을 말한다.

프리보드(Free board)란 연소실을 말하며, 쓰레기의 투입에 의해 유동상에서 발생하는 열분해가스의 연소와 가벼운 종이 등의 연소를 매우 단시간에 완료시키게 되는데 이와 같은 방법으로 고온의 모래입자와 접촉하여 쓰레기가 연소함으로써 대기오염 감소와 유동층상 모래의 연소접촉면적이 증대하여 효율적인 연소가 이루어진다.

불연물 배출장치란 불연물이 유동상내에 가라앉아 유동사와 함께 서서히 내려가서 배출되고, 배출된 불연물을 진동체를 사용하여 유동사로서 다시 이용하는 불연물과 그것 이외의 불연물 즉, 소각잔사로서 제외(系外)로 반출하기 위한 것이다. 여기서 진동체는 유동사를 진동을 이용하여 분급(分級)하는 장치이고, 분급된 유동사는 다시 유동상식 소

각로 내로 되돌려서 유동사로서 사용하게 된다.

유동매체는 불활성으로 모래(sand)를 사용하고 유동층상 하부는 다공(多孔)분사판이 있으며 온도는 약 700~800℃로 유지된다.

② 유동사(流動砂)

유동사는 로(爐)내에서 약 700℃의 고온 상태로 열을 계속 보유할 필요가 있으며, 또 불연물 배출장치에서 소각잔사와 함께 빠져나오기 때문에 급냉이 된다.

이와 같은 점에서 유동사로서의 필요한 조건을 열거하면,

- 불활성(不活性)일 것
- 열충격에 강할 것
- 용점(融點)이 높을 것
- 내마모성이 있을 것
- 비중이 작을 것
- 값이 싸 것
- 공급이 안정되어 있을 것
- 미세하고 입도분포가 균일할 것

등인데 일반적으로 유동사는 강(江) 모래를 사용하고, 국내의 경우 강원도 주문진산(産)이나 전라남도 섬진강 등에서 채취되는 모래를 많이 쓰고 있는데, 모래의 품질이 좋아 일본에 까지 수출하고 있다. 그러나 로(爐)의 운전열 개시한 후는 쓰레기 중의 불연물이 유동사로서 치환(置換)되어 버린다. 본래 유동사는 마모하여 미세화되므로 정기적으로 보충할 필요가 있으나, 실제로는 보충하는 일이 거의 없이 연속운전을 하는 예가 많다.

③ 장·단점 분석

• 장점

- 완전연소하여 열작감량 5% 이하 유지 가능하고, 건조상태의 소각재를 배출한다.
- 저발열량 쓰레기(700kcal/kg)부터 폐플라스틱류 40%를 함유한 고발열량 쓰레기까지 소각 가능하며 기계적 구동부가 없어 트러블(trouble)이 적다.

- 과잉공기량이 적으며(약 1.2~1.8) 단시간내에 시동 및 정지가 용이하고, 간헐적 운전에 유리하다.
- 과잉공기량이 적어 질소산화물(NOx) 발생량이 적다.
- 연소효율이 높아 소형화가 가능하고 설치면적을 최소화 할 수 있다.
- 불연물이 많은 경우도 상대적으로 처리가 가능하고 로내에 직접 알칼리 분말 투입으로 염화수소(HCl) 제거가 용이하다.
- 소형 도시 쓰레기 소각로(규모:50톤/일/기)에 적합하다

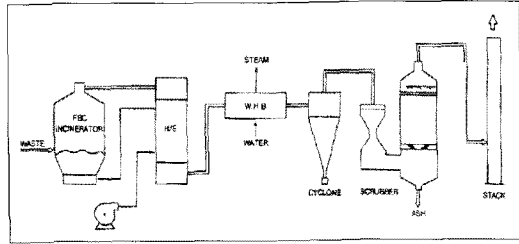
• 단점

- 단위 쓰레기 처리당 소요전력이 많은 편이다.
- 전처리 설비가 반드시 필요하며, 100톤/일 이상 대용량 소각로의 실적이 적다.
- 노내 압력손실이 크므로 공급되는 연소공기의 정압이 높아야 한다.
- 배가스 분진량이 비교적 많으므로 후단 집진장치가 커지고 처리용량에 비해 유지관리비 및 투자비가 커져 규모의 경제성이 낮다.
- 소각로 보수작업이 상대적으로 비교적 어렵고 유동매체 중의 불연물 분리, 배출장치가 필요하다. 유동상식 소각로의 소각범위는 앞서 언급한 하수 슬러지나 균일한 입자의 생활폐기물 소각에 적합한 것 외 여건에 따라 다양하게 적용할 수 있는데, 이를 편의상 슬러지, 액상폐기물, 고형 폐기물의 흐름도로 구분하여 설명하기로 한다.

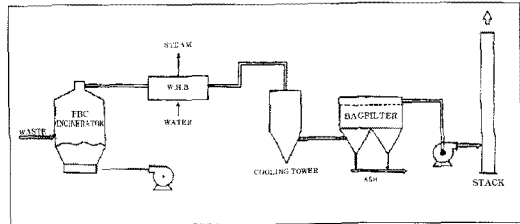
④ 유동상식 소각 시스템별 특징

• 슬러지 소각

- 적용분야: 하수슬러지, 제지 및 펄프공장 슬러지, 피혁 공정 슬러지, 정유 공장 폐기물, 기타 공정 슬러지 등
- 특 징: 슬러지의 건조·소각 동시 진행, 오염물질의 완전 제거, 악취제거를 위한 특별한 시설 불필요



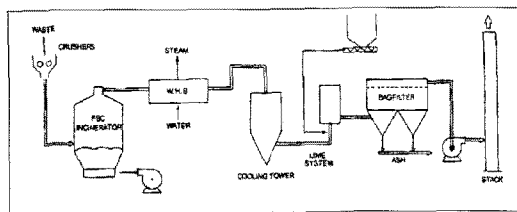
[그림 19] 슬러지 소각을 위한 유동상식 소각로 흐름도



[그림 20] 액상폐기물 소각을 위한 유동상식 소각로 흐름도

• 고형폐기물 소각

- 적용분야: 플라스틱 공정 폐기물, 합성섬유 폐기물, 농업 쓰레기, 일반 폐기물, 자동차 공장 폐기물 등
- 특 징: 배기가스의 건식처리, 집진·탈황·탈염소 효과의 극대화, 구동부분이 적어 유지보수비 저렴 등



[그림 21] 고형폐기물 소각을 위한 유동상식 소각로 흐름도

3-2-3. 로타리 킬른식 소각로

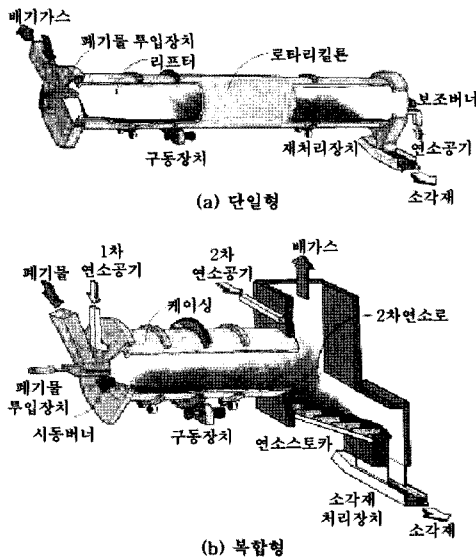
일명 회전로식 소각로라고도하며 유해한 성분의 산업폐기물을 고온으로 소각하여 무해화시킨다. 대형 생활폐기물 소각에는 부적합하고 기계 구동부가 있어서 유지관리가 다소 어려운 특징을 갖고 있다. 이 소각장치는 화상(火床:고형피소각물, 연속적

회층 형성 영역) 그 자체가 연소실을 형성한 원통을 수평축 중심으로 회전하도록 한 구조이다. 폐기물은 원통의 후부인 투입구로 투입되어 회전로 하부에서 혼합·소각되면서 전방으로 이동 배출한다.

고수분 함유 폐기물의 처리는 연소가스와 폐기물의 이동을 향류(向流)하면서 보다 쉽게 연소할 수 있는 다른 폐기물과 같이 이용하면 소각효율을 극대화할 수 있다.

일반적인 로타리 킬른식 소각로는 길이와 직경의 비를 2~10 정도로 하고, 회전속도는 0.3~1.5rpm 정도로 한다. 처리율은 보통 45kg/hr ~ 2ton/hr로 설계되며, 연소온도는 800~1,600℃까지 가능하다.

[그림 22]는 로타리 킬른의 구조를 나타내고 있고 통상적으로 단일형이 사용되고 있으며, 복합형은 로타리 킬른 후단에 스토커를 부착하여 후연소 효과를 극대화하는 장점이 있다.



[그림 22] 로타리 킬른 소각의 예(例)

산업폐기물 소각에 적합한 로타리 킬른 소각로의 장·단점을 분석하면 다음과 같다.

① 장점

- 쓰레기 교반이 좋아 대형 클링커(clinker) 형성을 방지하며, 고수분의 낮은 발열량의 쓰레기기도

연소 가능하며, 브릭 라이닝형(Brick lined type)일 경우 폐플라스틱 함유량이 많은 고발열량 쓰레기까지 처리 가능하다.

- 처리물의 물성, 크기변화에 대하여 비교적 안정적인 운전이 가능하다.
- 수냉식(Water cooled type) 킬른일 경우 연소가스 온도가 낮고, 과잉공기량이 적어 질소산화물(NOx) 발생량이 적다.

② 단점

- 도시쓰레기 소각에는 스토커(stoker)와 조합하여 건조 또는 후연소에 이용한다.
- 수분을 많이 함유한 쓰레기의 경우 조립(pelletizing) 효과로 연소효율이 나빠질 수 있다.
- 브릭 라이닝형일 경우 연와마모가 크고 스폐링(spalling)이 일어나기가 쉽다.
- 방열손실이 비교적 크고, 배기온도가 낮아 소각여열 이용에 다소 부적합하다.
- 간헐운전에 부적합하고 유동층 형식 다음으로 분진량이 많다.

3-2-4. 다단로식 소각로

다단로는 1934년에 하수 슬러지를 소각하기 위하여 설계되었으나 최근에는 하수 슬러지는 물론 하수, 타르와 같이 고상, 액상, 기상 및 가연성 폐기물의 연소에도 사용할 수 있게 되었다.

슬러지나 입상 고형폐기물은 나선형 공급장치나 벨트식 문, 날개식 문(flap-gate)으로 공급된다. 회전축은 폐기물을 상주의 상(床)에서 하부로 이동케 하여 최종 재가 배출될 때까지 다음 상으로 연속적으로 이동하게 된다.

다단로는 내화물을 입힌 가열판, 중앙의 회전축, 일련의 평판상을 구성하는 교반암(Rabble arms)으로 구성되어 있다. 액상이나 기상의 가연성 폐기물은 보조버너 노즐(nozzle)에 의해 시스템내로 주입된다.

액상 및 기상 폐기물의 이용은 보조연료의 양을 감소시켜 운전비용을 절감할 수 있는 일석이조의 효과를 꾀할 수 있다.

자료제공 : 환경보전협회 환경연구처 다음호에 계속...