

목 차

1. 서 론

2. 유동상슬러지 소각설비 설명
 - 2.1 유동층슬러지 소각시스템의 개요
 - 2.2 유동상소각로의 원리
 - 2.3 유동상소각의 특징
 - 2.4 슬러지에 대한 타소각로와의 비교
 - 2.5 소각로공정의 선정
 - 2.6 주요설비의 구성

3. 당사 유동상슬러지 소각설비 특징
 - 3.1 유동층내 연소완결
 - 3.2 분진, 황산화물 및 백연방지 시스템

4. 당사 국내건설공사 실적
 - 4.1 운전중인 시설
 - 4.2 건설중인 시설



1. 서론

매년 급격한 증가추세를 보이고 있는 슬러지 발생량은 대부분을 매립에 의존하여 처리함으로써 매립장의 부족 및 2차적 환경오염의 발생 등의 문제점이 대두되고 있으며, 이러한 슬러지의 감량화, 안정화 및 무해화를 위하여 유동상 소각설비를 이용한 소각처리가 적극 검토되고 있다.

또한, 슬러지의 처분에 따른 정부의 환경규제가 향후 강화될 것으로 예상되며, 각 시를 중심으로 현재 슬러지의 적절처리 기술, 특히 소각설비에 관한 검토가 활발히 진행중이며 하,폐수 종말처리장 배출 슬러지 및 일일 2,000톤 이상의 폐수처리장 배출폐수 슬러지의 직접매립이 개정된 폐기물 관리법 시행규칙에 따라 2001년 이후에는 불가하게 되어, 슬러지의 소각기술이 급속히 보급될것으로 예상되고 있다.

그러나 국내에서는 슬러지소각 기술에 대하여 경험이 많지 않아 유동상 슬러지 소각설비에 대한 기술설명과 당사가 기시공한 유동상소각설비의 특징 및 적용 공정의 장,단점을 요약 정리하여 소개하고자 한다.

하,폐수 처리장에서 발생하는 슬러지는 다른 폐기물에 비해,

- 1) 대량으로 집중적으로 발생하기 때문에 수거가 용이하며,
- 2) 성상 및 성분이 다른 폐기물에 비해 비교적 균일하여 물리화학적인 처리방법이 다양하며,
- 3) 하,폐수 처리공정의 특성에 따라 유기물 함량이 높을 경우 에너지원으로 재활용 할 수 있으며,
- 4) 하수슬러지의 경우, 유해 성분의 함량이 낮아 소각시 2차 환경 오염을 유발할 위험성이 있다.

는 장점이 있다.

그러나 하,폐수 처리장 슬러지는 다른 폐기물에 비해 위에서 열거한 장점이 있는 반면 매립에 의한 최종처분시에는 다음과 같은 문제점을 가지고 있다.

- 1) 하,폐수 슬러지는 수분 및 유기물 함량이 높아 매립에 의한 처리방법은 지하수 오염 및 부패에 의한 악취 등의 2차 공해를 유발시킬 우려가 있다.
- 2) 하,폐수 슬러지중 높은 함량의 유기물은 병원균, 파리와 모기 등과 같은 각종 해충의 좋은 안식처를 제공하므로써 비위생적인 환경에 의한 공중보건등의 문제점을 가지고 있다.

- 3) 하,폐수 슬러지의 높은 함수율로 인해 직접 매립시 충분한 일일 복토 및 중간 복토가 필요하며 이로 인한 매립지의 사용년수를 크게 감소시킨다.
- 4) 유기물 및 수분의 함량이 높으므로 지반침하의 가능성이 크고 매립지의 안정화에 상당한 일이 요구된다.

현재의 하,폐수처리장에서 발생되고 있는 슬러지처리는 거의가 매립에 의존하고 있어, 국토가 좁은 우리나라의 경우 국토 이용의 효율성을 악화시키고 있는 실정이다.

폐기물 처리를 위한 매립지 확보는 매우 어려운 실정으로써, 그로인한 처리비용의 상승, 신속한 폐기물 반출지연으로 생산단가의 상승, 아직 용량의 한계초과로 인한 조업단축, 매립지로 운반에 따른 교통 및 환경오염 발생 및 불법 투기와 같은 사회문제를 야기시키고 있다.

이에 코오롱 엔지니어링(주)에서는 슬러지를 감량화, 무해화할 수 있는 소각에 의한 슬러지 처리 방법을 일본의 三機工業(株)와 기술제휴하여, 국내에 유동상 소각로의 보급을 적극적으로 추진함으로써, 국내의 폐기물 문제의 해결에 일익을 담당하고자 한다.

2. 당사 유동상슬러지 소각설비 설명

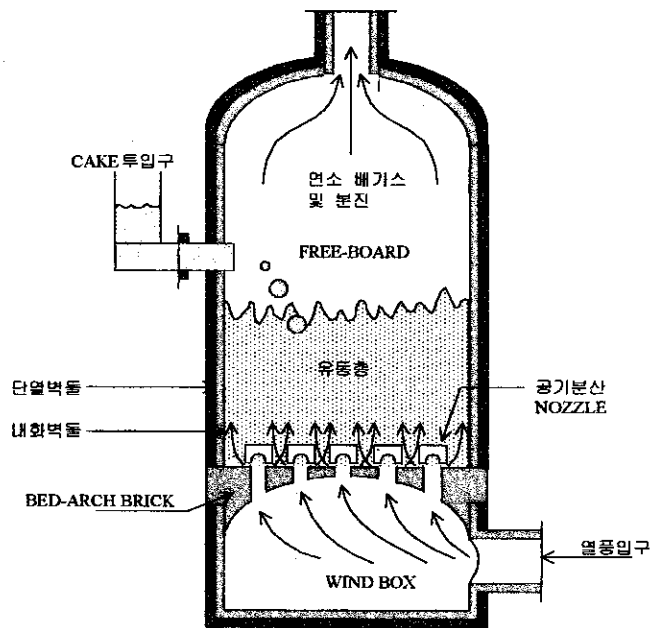
2.1 유동상슬러지 소각시스템의 개요

당사의 유동상 소각시스템은 유동층내 연소완결 시스템을 이용하여 하수 및 폐수처리 공정중에서 발생하는 슬러지를 안정화, 무해화, 감량화 하는 소각로로서 유동상 소각로에서 가장 중요한 유동공기 주입방식과 슬러지 소각시 발생하는 분진, 황산화물 및 백연을 효과적으로 처리하기 위해 기술도입 및 기술개발을 통하여 실증플랜트에 적용시켜 상용화 하였다.

2.2 유동상소각로의 원리

(1) 유동상의 개요

유동상 소각에 있어 유동상태란 로하부로부터 상부로 불어 올려지는 공기에 의해 모래 등의 고체입자가 유동화 되어 마치 유체와 같이 부유하고 있는 상태를 말하며 유동상 소각로는 이와같은 유동화 원리를 적용시켜 고안된 소각로이다.



유동상소각로 구조

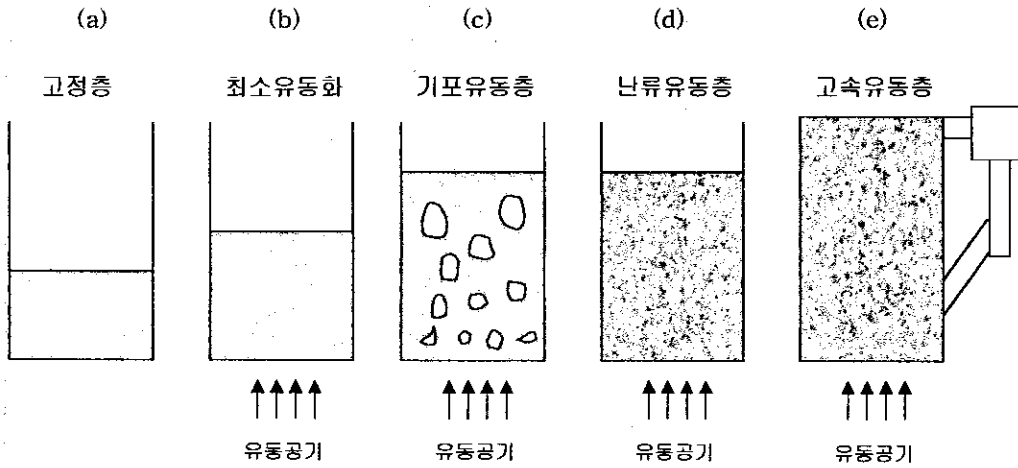
(3) 유동원리

유동상로의 유동원리는 다음과 같다.

송풍기로 유동공기를 공기분산 노즐을 통하여 로하부로부터 Bed 층으로 보내면 공기의 유속에 따라 Bed 층은 다음의 상태가 된다.

- ▶ 공기의 유속이 작은 경우에는 고체 입자는 정지하고 있는 상태를 유지한다.
- ▶ 공기 유속을 증가시키면 고체 입자의 층 전체가 위로 팽창하고 각각의 입자는 상하 좌우로 활발히 운동을 하는 상태가 된다.
- ▶ 공기유속을 더욱 증가시키면 층 전체의 운동이 격해져서 미세한 입자부터 순차적으로 공기와 함께 상부로 비산하게 된다. 이러한 (b)상태의 층을 유동층이라 한다. 유동층은 송풍량이 작은 순서대로 기포유동층(c) 및 난류유동층(d)이라 부르며 (e) 상태는 고속유동층 또는 희박유동층이라 한다.

넓은 크기분포를 갖는 작은 입자의 경우 넓은 분포의 기체 유속에 대해 유동화 되므로 깊고, 큰 층에 대해 탄력성 있는 조업이 가능하다. 반대로 균일한 크기를 갖는 큰 입자 층은 Pumping, Sooting, Surging에 의해 균일한 유동을 시키지 못하며 층에 구조적인 결함을 줄수도 있다. 큰 입자의 경우 좁은 범위의 기체 유속에 의해 유동화되므로 반드시 좁은층이 사용되어야 한다. 입자가 균일하게 되지 않는 경우에는 프리보드 연소가 증가되고, 층내 온도를 유지하는데 더 많은 연료가 소모된다.



2.3 유동상 소각의 특징

유동층의 특징을 유동상 소각로의 입장에서 보면, 전열속도가 크고 축열량이 크다는 특징을 갖고 있기 때문에 연소가 빨리 완결(반응속도가 크다)되고 온도의 정밀한 조절과 균일성을 유지할 수 있는 이점이 있다.

다시 말하자면, 고체입자와의 전열은 기포와 고체입자군과의 열교환으로 생각되며 이 경우 열교환이 행해지는 전열면은 입자군의 전 표면적이 되어 관벽 등을 전열면으로 하는 경우에 비해 압도적으로 큰 전열면적을 갖게 된다. 그 결과 전열속도가 큰 특성을 나타내며 또한 고체입자의 열용량은 유체에 비해 대단히 크기 때문에 유동층내에 큰 발열 또는 흡열 반응이 생겨도 전술한 전열속도가 큰 것과 마찬가지로 층 전체에는 급격한 온도변화가 생기지 않아 대단히 안정된 소각을 행할 수 있다.

슬러지 소각에 있어 타소각 설비와 비교할 때 유동상의 특징을 열거하면 다음과 같은 것들을 들 수 있다.

- ① 유동상의 열용량이 커서 액상물, 다습물 및 고형물의 건조 및 혼소가 가능하다.
- ② 반응속도가 빨라 연소시간이 짧다.(로부하율이 높다.)
- ③ 연소효율이 높아 미연분의 배출이 적고 별도의 2차 연소실이 불필요하다.
- ④ 과잉공기가 적어 보조연료 사용량이 적고 배가스량이 적다.(과잉공기비 1.3)
- ⑤ 기계적 구동부분이 적어 고장율이 낮다.
- ⑥ 연소속도가 빨라 로내온도의 자동제어가 용이하고 열회수가 용이하다.
- ⑦ 유동매체의 축열량이 높은 관계로 정지후 재가동시 정상가동이 빠르다.
- ⑧ 다른 소각로에 비해 배가스중의 분진발생량이 많다.
- ⑨ 과잉공기비가 적고 850℃부근의 저온소각이므로 Termal NOx 발생량이 적다.

2.4 슬러지에 대한 탄소각로와의 비교

① 유동상 소각로

로중간부 내화벽들에는 다수의 공기 분산 NOZZLE이 있고 WIND BOX 에 불어 넣어진 공기를 BED 전면에 균일하게 분출되어 BED에 충전되어 있는 규사가 유동상을 형성한다. 이 유동상은 외견상으로는 끓고 있는 물과 상당히 비슷해서 탈수케이크가 투입되면 큰 보유열에 의해 수초내에 거의 순간적으로 소각이 된다.

- 연소성이 상당히 높다.
- 건조 ZONE이 없기 때문에 배가스중의 유기성의 악취가 없다.
- 로내에 금속제의 가동부분이 없기 때문에 특별한 고장이 없다.

② 다단 소각로

탈수케이크는 위로부터 투입되어 로내에 회전하는 SCRAPPER에 의해 서서히 다음 단으로 떨어지면서 상향으로 흐르는 연소 배가스의 열에 의해 증발 건조되며, 5단정도에서 연소가 시작된다. 이 밑의 여러단은 발생된 재를 연소용 공기로 냉각하고 노외로 배출하는 곳이다.

- 배가스는 탈수케이크를 건조시키면서 배출하기 때문에 악취가 특별히 강해서 후공정에 효율이 높은 탈취장치가 필요하다.
- 로내의 금속에 가동부분은 소모가 심하고 보수비용이 크다.
- 연소용 공기량은 통상공기비가 1.5 ~ 2.0 이다.

③ 로타리킬른 소각로

긴 원통의 로체를 수평으로 미세한 경사를 두어 설치하고, 로 본체를 회전시켜서 내부의 소각물을 이동시키기 때문에 탈수케이크의 연소는 중간부에서부터 이루어진다. 다단 로소각로와 같이 소각배가스의 흐름이 역방향으로서, 탈수케이크는 이 배가스에 의해 건조된다.

- 배가스는 상당히 악취가 강하기 때문에 후공정에 높은 탈취장치가 필요하다.
- 로체 자체가 상시회전하고 있기 때문에 내부의 내화벽들에 손상이 많다.

④ 스토카 소각로

스토카로 부르는 내열강제 화격자가 다단상으로 되어있고, 각단의 단계가 전후 운동하는것에 의해 소각물을 아래쪽으로 천천히 이동시키면서 소각한다. 소각용공기는 스토카의 화격자사이로 불어 넣는다. 탈수케이크는 전단 상부로부터 투입되고, 배가스는 역방향으로 흐르면서 탈수케이크를 건조시킨다.

- 통상 탈수케이크에는 건조시간이 길기 때문에 별도 건조장치가 필요하다.
- 로내에 금속제의 가동부분이 있기 때문에 고장의 가능성이 있다.
- 화격자 사이로 미연소재의 낙하가 이루어지기 쉽다.

2.5 소각로 공정의 선정

① 경제성

건설비는 직접소각설비가 싸지만 운전비는 건조소각설비가 싸다. 소각방식을 결정할 때는 감가상각비를 고려하여 계산하고 선정할 필요가 있다. 각 소각형식별 설비가격과 에너지 소비 및 운전비 비율은 아래와 같다.

구 분	소각 형식	기계 설비 가격	에너지 소비효율	운전비
CAES I	직접소각(650℃)	100%	100%	100%
CASE II	열풍건조 소각	110%	72%	80%
CASE III	증기건조 소각	115%	65%	76%

② 안정성, 내구성

슬러지는 그 성질상 성분, 수분 및 발열량 등이 일정하지 않고 항상 변동하기 때문에 그변동에 대하여 안정한 소각이 가능하도록하여야하며, 또한 운전, 정지조작 및 미완숙된 운전에도 안전을 충분히 고려할 필요가 있다.

직접소각설비에는 열회수 온도가 높기 때문에 열교환기의 내구성을 충분히 고려할 필요가 있다. 증기건조 소각설비에는 온도변화에 의한 압력변동에 의한 압력변동에 대하여 충분히 대응이 가능한 설비로 할 필요가 있다.

③ 공해 대책

분진, 황산화물, 질소산화물, 염화수소, 소음, 진동 등은 어떤 기준에도 충분히 만족할만한 설비로 해야한다. 특히 취기에 대하여는 건조과정에서 냄새가 다량 발생하기 때문에 유의할 필요가 있다.

④ 조작성

슬러지 성상변동에 충분히 대응 가능한 프로세스는 물론이고 운전정지가 용이하고 미숙한 운전에도 문제가 없도록 원격운전이 가능한 인적, 물적 양면을 모두 검토하여 선정할 필요가 있다.

⑤ 직접열풍건조와 증기식 간접가열방식 비교

㉠ 직접 열풍건조 방식

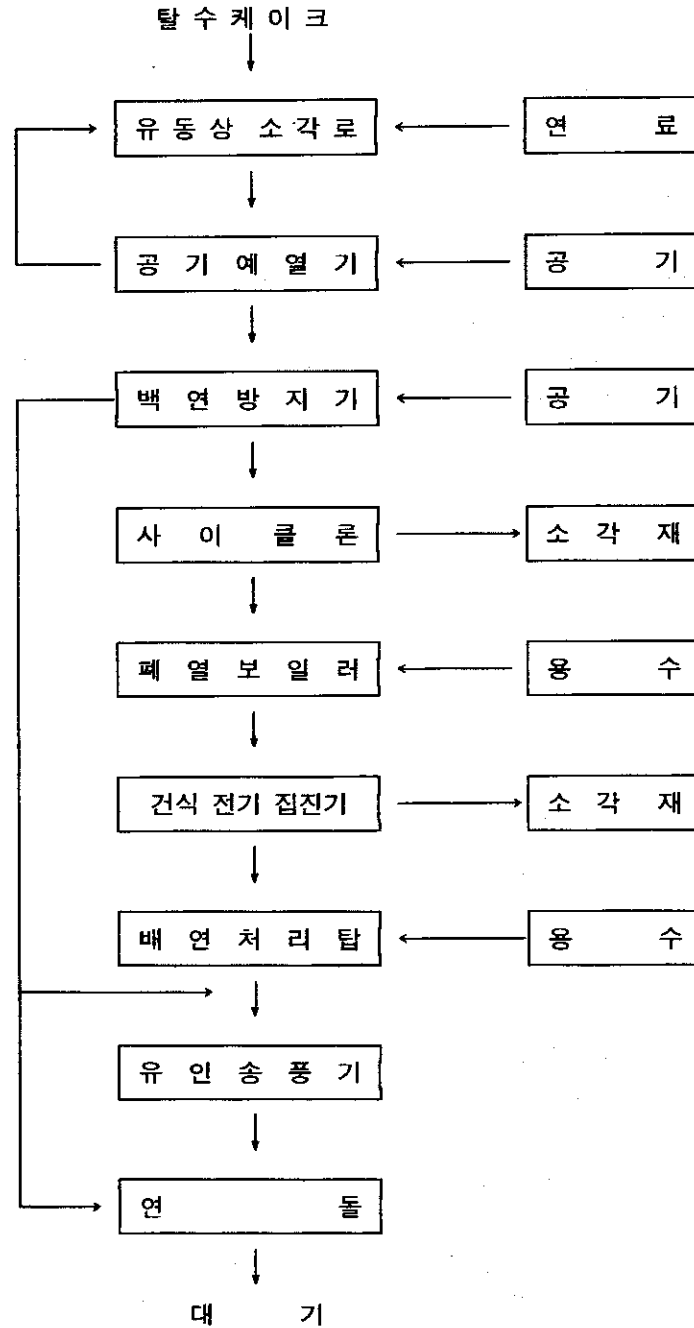
- 구조 : 원통형의 DRUM이 회전하면서 PADDLE이 투입된 슬러지를 교반 및 전진시키면서 건조가 이루어지며 DRUM내부에 슬러지 부착방지용 체인을 취부함.
- 열원 : 소각로 후단의 배가스 열교환기에 의한 열풍
- 단점 : 고온열풍에 의해 부착된 슬러지 연소우려, 고온건조에 따른 악취우려
- 장점 : 유지관리간단, DRUM과 PADDLE의 회전수 변화로 건조조건 변화 용이

㉡ 증기식 간접가열 방식

- 구조 : SCREW가 회전하며 PITCH에 의해 SCREW면의 자정작용
- 열원 : 폐열보일러의 발생증기
- 단점 : 부착슬러지에 의해 처리능력 감소와 SCREW의 마모우려
- 장점 : 저온건조로 악취우려가 적고 직접건조보다 COMPACT화

2.6 주요설비의 구성

주요 설비로는 (1) 케이크 투입설비, (2) 소각로 및 주변설비, (3) 폐열회수설비, (4) 배가스처리설비, (5) 재배출 관련설비 및 기타 관련설비로 구성되어 있으며, 연동 운전 및 반연동 운전이 가능하고 중앙 Control Room에서 운전조건 상태 확인 및 제어가 가능하다.



① 케이크 공급설비

케이크를 일시 저장하는 케이크 저장조의 하부에 Multi-Screw형의 배출기를 설치하고 가변속 모터에 의해 케이크 공급량을 정량적으로 조절할 수 있다. 또한 소각로 측벽부에 케이크 공급기를 설치하여 투입량을 일정하게 유지하며, 케이크 공급기 끝단에 케이크 절단기를 설치하여 케이크 크기를 일정하게 투입함으로써 연소효율 상승 및 일정한 로내온도 유지가 용이하다.

② 소각로 및 주변설비

유동상로는 유동상 자체가 가지고 있는 특성을 충분히 활용하기 위하여 「유동상내 반응완결」 개념을 도입하여 미시적이고 국부적인 것까지 반응제어가 가능하도록 공기분산노즐을 설치하여 연소효율을 높였다.

㉠ 로내온도 유지

로저온도는 통상 700-850℃에서 운전되며, 로상온도는 850℃로 운전된다. 온도는 열전대에 의해 검출되어 측정온도가 설정치와 차이가 있으면 오일건 또는 냉각수에 의해 온도가 자동조절된다.

㉡ 로내압력 유지

로내압력은 -5~-10mmAq 사이에서 운전되며, 차압 전송기에 의해 검출되어 유인송풍기에 의해 로내압력이 자동조절된다. 장기에 걸쳐 유동상을 운전하는 경우 슬러지의 성상 및 이물질의 유동상내 잔류로 인한 상고의 증가 또는 Wind Box 에서의 압력이 상승할 경우 공기분산 노즐의 압력이 증가되므로 로내 압력 및 로상 높이가 설정치로 복원될 때까지 유동사를 배출하여 정상상태로 유지시킨다.

㉢ 유동공기량

과잉공기비가 1.3이 유지되도록 하며, 배가스중의 산소농도에 의해 제어되어진다. 또한 유동공기는 하부로 향한 공기분출노즐 때문에 이물질 및 정지시 유동사에 의한 막힘현상이 없어 연속운전이 가능하고, 공기분산노즐이 내화벽돌 1개소에 개별 설치되어 있어 보수 및 교체가 간편하다.

③ 폐열회수설비

1차 공기에열기는 유동 Blower로부터 송풍된 연소용 공기를 약 650℃까지 예열시키며 2차공기에열기는 배가스가 연돌로부터 대기에 방출될 때 가스중의 수증기가 온도강화에 의해 백연을 발생하는 것을 방지하기 위하여 2차 공기에열기 Blower로부터 대기를 흡인하여 열교환시킨 뒤 스크러버 배출가스와 연돌 내부에서 혼합하여 다습하게 배출되는 가스를 재승온시킴으로써 배가스 세정시 저온으로 된 연소가스가 고온으로 연돌에서 고공 확산할 수 있다.

또한, 필요에 따라서는 폐열보일러를 설치하여 스팀을 발생시켜 슬러지 건조에 보충하여 이용할 수도 있다.

④ 배가스 처리설비

본 설비에서는 건식 분진 제거설비로 싸이클론 및 전기집진기를, 습식세정설비로 고속충돌식 세정탑으로 이어지는 3단계 분진제거설비를 채택하고, SOx, HCl 등 유해 가스 및 분진, 백연이 Venturi 및 다단의 액막세정부로 이루어진 Impinjet식 고속충돌 세정탑에서 완벽한 제거가 가능토록 하였다.

또한 배가스의 다공관 통과 유속이 40-45m/s 정도로 빨라 분진이 내부에 누적되는 것을 막아줄 뿐만아니라 기액접촉 효율이 높아 액기비를 낮춤으로써 세정수의 소모량 또한 적다.

스크러버의 가스유입부는 순환수에 의한 순환수용 저장탱크가 내장되어 있어 세정수의 일부를 순환시켜, 스프레이 용수와 냉각수로 이용하며, 사용된 처리수는 응축수와 함께 폐수처리장으로 이송되어 처리된다. 스크러버에서는 가성소다가 주입되어 배가스중의 황 및 분진, 염화수소등이 흡수 제거되어진다.

⑤ 재배출 관련설비

싸이클론과 전기집진기 등에서 포집된 재는 컨베이어에 의해 이송되어 재 호퍼로 저장된다. 재 반출부에는 재의 비산을 방지하기위해 Ash Wetter가 설치되어 있어 가습한 상태로 배출되도록 설계되어 있다.

⑥ 통풍 설비

본 소각설비의 통풍방식은 평형통풍 방식이며, 유동송풍기는 유동상 소각로내의 유동사를 유동시키는 중요한 설비로서 유동에 필요한 적정한 압력과 케이크 연소에 필요한 공기를 공급하며, 유인송풍기는 로내압의 조건에 따라 자동댐퍼를 설치하여 풍압을 조절한다. 연돌은 소각로에서 배출되는 배가스를 효과적으로 배출하고 확산시킬 수 있는 높이로 설치하며 백연방지용 고온공기의 유입이 원활하도록 고려하여야한다.

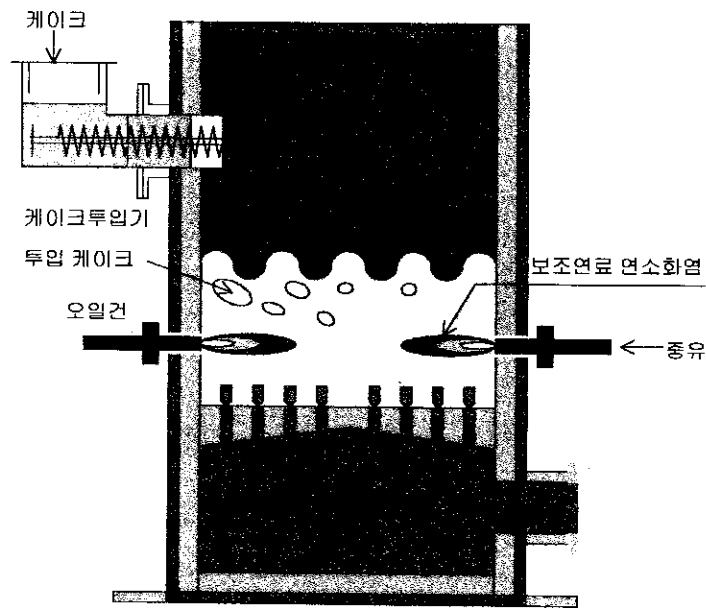
3. 당사 유동상 슬러지소각설비 특징

3.1 유동층내 연소완결

① 일반 유동상소각로

유동상소각로는 일반적으로 미연분이 Free Board에서 주로 연소되므로 중간산화 생성물인 HCN, CO 등이 완전히 산화되지 않아 이차오염이 우려되며, 또한 유동층내의 온도는 유동공기가 유동층을 불균일하게 유동시킴으로서 유동층내의 온도가 편차가 심하여 국부고온에 따른 Thermal NOx가 발생하며, 분해성분 모두가 산소와 지속적으로 접촉하는 교반효과를 얻을 수 없기 때문에 일산화탄소 등이 미연가스로서 배출되어 이차 공해를 초래할 우려이 문제가되고 있어 이들 오염물질들을 저감시키기 위해서는 유동층내에서 슬러지를 완전연소시키기 위한 처리방안이 필요하다.

본 설계에서 적용한 『유동상내 연소완결』의 경우는 가연분과 필요한 산소의 당량을 유동상내에서 강제적으로 접촉, 산화시키기 때문에 유해물질을 발생시키는 일이 거의 없게 된다.



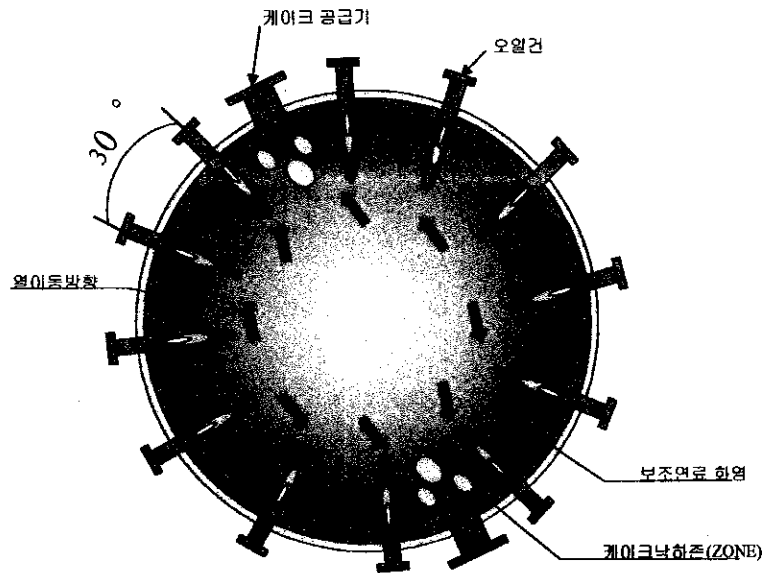
유동상소각로의 슬러지 연소현상

② 유동층내의 연소 완결

- ㉠ 유동층내에서 슬러지가 대부분 연소되기 때문에 Free Board에서는 유동층에서 미연 소된 물질을 처리하기 위한 충분한 체류시간의 확보가 가능하다.
- ㉡ 유동층에 유입되는 슬러지의 입경이 일정한 크기로 정량적으로 공급되기 때문에 유 동층의 온도를 일정하게 유지할 수 있어 국부고온이나 불완전연소 등을 방지할 수 있다.

③ 유동층의 온도 균일성

- ㉠ 유동층내에 오일건을 일정한 간격으로 배치하여 유동층 온도를 균일하고 일정하게 유지함으로써 국부고온을 방지하여 Thermal NOx 발생의 저감이 가능하다.
- ㉡ 유동층 단위면적당 공기유량은 통상 $350 \text{ Nm}^3 / \text{m}^2 \text{ Hr}$ 정도며, 오일건으로 부터 분무 되는 오일의 면적이 한정적이기 때문에 오일건 1개당 오일량을 일정량이상 투입되 지 않도록 정량 조절 밸브를 설치하여 유동층내에서 완전연소 될수 있도록 하였다.



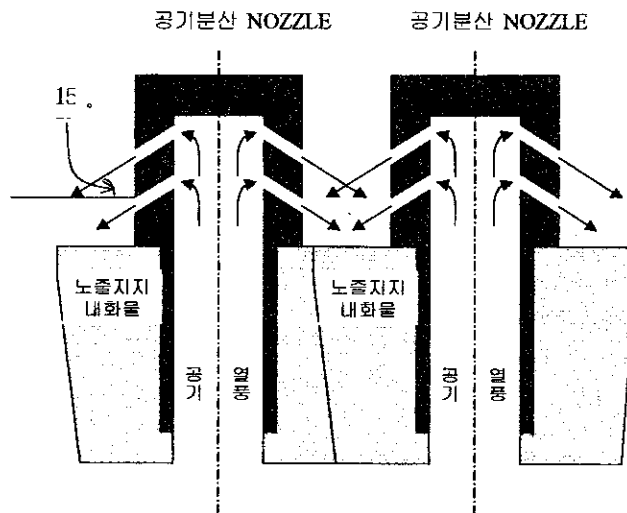
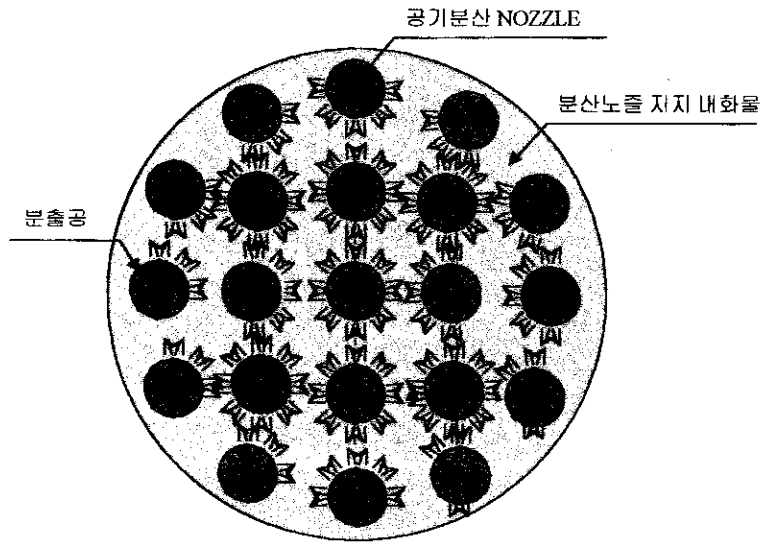
유동층내의 오일건에 의한 온도 유지

④ 균일한 유동성

유동층 하부에 일정간격으로 설치된 유동공기 분산노즐은 유동상이 균일하게 유동되게 함으로써 유동층의 온도분포를 일정하게 하여 투입된 슬러지를 유동층내에서 완전연소 한다.

⑤ 공기 NOZZLE의 균등한 공기 분배

유동공기가 유동사를 지지하고 있는 내화물 하부방향으로 고속 분무되므로 유동사가 정체되는 사각지대가 없고, 유동사 전체가 균일하게 유동이 되므로 안정된 연소가 가능하고, 또한 소각로 정지시 사각지대가 없으므로 이물질의 용융침착에 의한 막힘현상을 방지할 수 있다. 유동공기 분산노즐은 적절한 압력의 통기저항을 갖도록 설계되었으며, 노즐 하나에는 미세한 크기의 다수 Hole로 구성되어 있다.



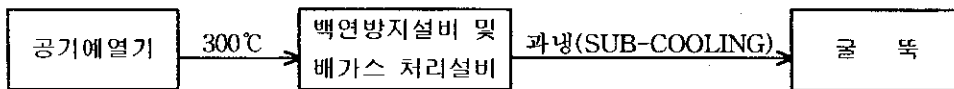
3.2 분진, 황산화물 및 백연방지 시스템

① 일반적인 유동상 배가스 처리설비

유동상소각로는 주로 슬러지 소각에 적용하며, 소각시 슬러지에 포함되어 있는 수분이 증발함에 따라 다량의 백연이 발생한다. 백연은 대부분이 수증기로서 그다지 유해하지는 않으나 민원의 원인이 될 수 있고, 주변설비의 부식을 촉진시키므로 백연이 발생하지 않도록 하여야 한다. 기존 유동상설비는 후단에 습식세정기를 사용하여 수증기 포화 온도까지 배가스를 냉각시켜 대기로 방출함으로써 슬러지중 수분이 대부분 백연으로 발생된다.

② 당사 백연방지설비 특징

- ▷ 벤츄리와 임핀젯(Impinjet) 스크러버로 구성된 설비를 통하여 배가스를 포화점이하로 과냉시켜 배가스중의 수증기를 응축시키면, 대부분의 수증기는 액상상태로 스크러버 내에 잔존하게 되어 유기물 연소에 따른 가스만 배출된다.
- ▷ 대기로 배출되는 배가스는 폐열과 열교환된 공기에 의해 가열되어 배출되므로 완벽한 백연방지가 가능하다.



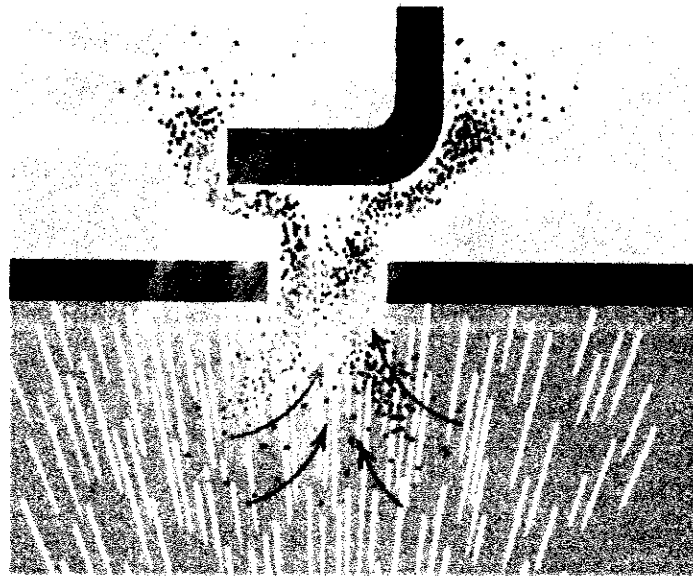
배가스처리 및 백연방지시스템 구성도

표. 기존 백연방지 설비와 개발적용한 백연방지설비 특성비교

항 목	기존 Packing Scrubber + 열교환기	백연방지 개발설비 (Impinjet Scrubber + 열교환기)
제거효율	분진 : 50%이하 황산화물 : 90% 이상 백연 : 발생 증대	분진 : 97% 이상 황산화물 : 90% 이상 백연 : 완전방지
제거방식	분진 : 충돌효과 황산화물 : 중화	분진 : Venturi 및 충돌 효과 황산화물 : 중화 백연 : 배가스의 과냉 + 열교환
배가스 배출온도	70~80℃	40~50℃
배가스중 수분량	약 75℃의 온도에서 포화되므로 인입상태보다 많아진다.	40℃로 과냉되어 배출되므로 수증기 양이 Packing Scrubber에 비해 매우 작다.
액기비	2~3 ℓ/m ³	0.8 ℓ/m ³

③ 분진 및 황산화물 처리

유동상소각에 있어 슬러지 처리특성상 배가스중의 수분이 많은 것에 대한 대책으로 소각로 배가스의 폐열을 이용한 백연방지 열교환기의 채택으로 연돌에서의 배가스 온도 상승효과를 기대하는 일반적인 방법에 추가적으로 벤츄리 및 임핀젯(Impinjet)스크러버로 이루어진 배가스 과냉(Sub-Cooling)시스템을 채택하여 스크러버 출구에서의 배가스 온도를 통상의 습식세정설비보다 낮은 40℃로 배출하고, 다단의 Impinjet을 설치함으로써 배가스에 포화되는 수증기의 양을 원천적으로 최소화함으로써 완벽한 백연방지가 가능하다.

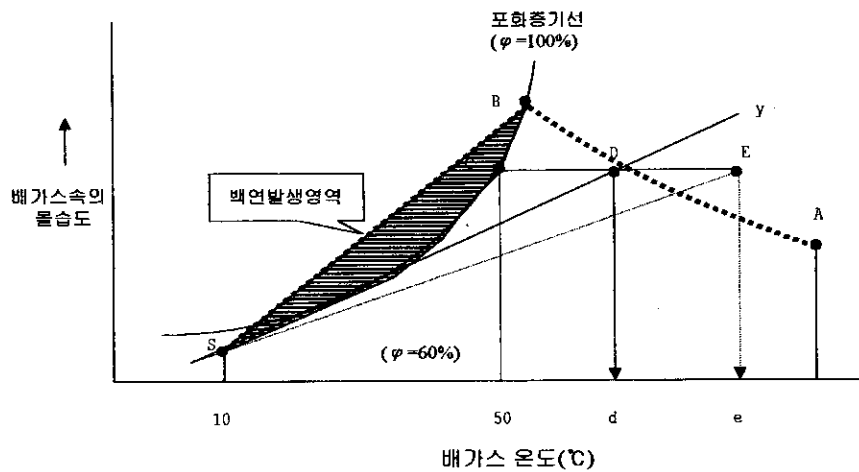


Impinjet 스크러버의 Baffle 단면

④ 백연방지 시스템 원리

슬러지 소각시 분진 및 백연방지를 위한 벤츄리 및 고속 충돌식세정탑의 특성은 다음과 같다.

전기집진기에서 대부분의 분진이 제거된 배가스가 벤츄리로 인입되면 도입부와 벤츄리 Throat 부분에서 공정수가 주입되어 200~250℃의 배가스를 냉각시킴은 물론 벤츄리 효과에 의해 상당량의 분진이 제거된다. 또한 벤츄리를 통과한 배가스는 바로 고속충돌식 세정탑으로 들어가, 세정탑 내에서 백연방지효과를 극대화하기 위하여 배가스 온도가 40℃까지 냉각될 수 있도록 공정수가 투입되며, 배가스는 다단계의 충돌판을 통과하면서 배가스중의 수분이 공정수에 의해 냉각 응축되어 완벽하게 제거된다. 충돌판은 수많은 구멍이 있는 다공판으로 되어 있으며, 배가스가 이들 다공을 통과 하면서 벤츄리 효과에 의해 분진이 제거되고, 미 제거된 분진은 다시 다공판 상단의 판에 충돌하므로써 2차 제거되어 백연방지 뿐만아니라 산가스 및 분진이 90% 이상 제거된다. 백연의 발생은 아래의 그림과 같이 고온배기가스 A를 습식세정을 하면 B의 포화상태가 된다. 이것을 외기 S와 혼합하면 배기가스는 과포화상태가 되고, 과포화수분이 응축하여 백연이 발생하므로 가스세정탑의 감습단에서 배기가스의 감온, 감습을 하고(C점), 더욱이 배기가스를 백연이 없어질 때까지 가열(D점)하면 좋으나 여유를 보아 E점까지 가열하므로써 백연은 방지할 수가 있게 된다.



백연방지 원리

4. 당사 국내건설공사 실적

4.1 운전중인 시설

시설명	유동상슬러지 소각시스템		
형식	■연속식 □준연속식 □회분식	용량	50톤/일
소재지	전남 여천시 중흥동 750-2		
설치공시기간	1996년 3월 ~ 1997년 5월 (1년 2개월)		
시운전기간	1997년 5월 ~ 1997년 7월 (3개월)		
정상운전기간	1997년 7월 ~ 1999년 현재 (2년 개월)		
정기보수	3회/년(7일/회)	정기보수항목	정기점검
처리대상물	폐수 슬러지	년간 처리량	16,500톤
운전 조건			
▷ 슬러지 함수율 : 84 %		▷ 유동 공기량 : 4000 Nm ³ /Hr	
▷ 케이크 투입량 : 2 TON/ Hr		▷ 유동층 온도 : 780 ℃	
▷ 배가스 O ₂ 농도 : 7 %			

< 전경 사진 >



저장소	송풍기실	배연처리탑	전기집진기	사이클론	재저장호	폐열회수설비	유동상소각로	장내슬러지호퍼	장외슬러지호퍼	슬러지반출호퍼	탈수기
병커 C유						공기예열기					
가성소다						백연방지					

4.2 건설중인 시설

시 설 명	유동상슬러지 소각시스템		
형 식	<input checked="" type="checkbox"/> 연속식 <input type="checkbox"/> 준연속식 <input type="checkbox"/> 회분식	용 량	90톤/일
소 재 지	충북 청주시 신대동 (청주시하수처리장내)		
설치공사기간	1998 년 6 월 ~ 1999 년 10 월 (1 년 5 개월)		
시운전기간	1999 년 11 월 ~ 1999 년 12 월 (2 개월)		
정상운전기간	2000 년 월 ~ 년 (개월)		
정 기 보 수	3회/년(7 일/회)	정기보수항목	정기점검
처리대상물	하수 슬러지	년간 처리량	29,700톤
운전 조건			
▷ 슬러지 함수율 : 65 %		▷ 유동 공기량 : 5,153 Nm ³ /Hr(과잉공기비 1.3)	
▷ 케이크 투입량 : 3.75TON/ Hr		▷ 유동층 온도 : 850 ℃	
▷ 배가스 O ₂ 농도 : 5 %			

< 전경 사진 >



가성 소다 탱크	배연 처리 탑	전기 집진 기	폐열 보일러	사이클론 재호퍼	공기 예열 기	백연 방지용 열교환기 유동상 소각로	케이 크저 류조 호퍼
----------------	---------------	---------------	-----------	-------------	---------------	----------------------------------	----------------------