

대기관리기술사 문제풀이



탈황 탈질 동시처리기술을 열거하고, 최근의 개발동향을 설명하시오.

1. 탈황탈질 동시처리 기술 현황

1) 습식제거 공정

※ 장점

- SO_x와 NO_x를 동시에 제거하는 경우 경제적이 수 있다.

- 배가스의 분진에 의한 영향은 건식법에 비하여 덜 받는다.

- 아황산가스의 제거효율이 높다.

※ 단점

- NO_x만을 제거하는 경우는 비경제적

- 질산염을 형성하여 수질오염의 원인

- 장치비가 많이 든다.

- 모든 공정에서 SO_x와 NO_x를 효과적으로 제거하기 어렵다.

- 생성되는 부산물의 상품가치가 적다.

(가) 흡수-산화법

- 아황산가스를 독립적인 배가스 탈황장치에 의하여 제거한 후 산화제(MnO₄⁻)를 포함하는 용액에 NO_x 효율이 높으나 질산염에 의한 폐수처리 및 부식 문제

(나) 흡수-환원법

- SO_x와 NO_x를 용액에 동시에 흡수제거

- Fe²⁺ : EDTA 석고를 포함하는 CH₃COONa 용액에 SO_x와 NO_x 흡수

※ 장점 : 부식, 수질오염 없음, 부산물로 석고 회수

※ 단점 : 고유황 석탄 연소에만 적용 가능, 흡수용액 다량 소모

(다) 과잉이 O₃를 투입 NO_x를 N₂O₃를 흡수하는 방식(Kawaski Heavy Industries공정)

- Mg(OH)₂ 슬러리와 반응하여 SO_x, NO_x제거

※ 장점 : NO_x 제거효율이 높다

※ 단점 : 고가의 기상 산화제 사용, 질산염의 수질오염 공정의 복잡

2) 건식제거공정

※ 장점

- 투자비와 유지비가 저렴

- 간단하고 제거 효율이 높다.

- 대용량 설비에 대한 많은 실험결과가 있다.

- 폐수처리가 필요 없다.

※ 단점

- 유입되는 분진의 양에 매우 큰 영향을 받는다.

- 주입되는 환원제(NH₃, CO, CH₄)와 미반응물의 유출가능

- 암모니아와 환원제의 소비량이 많다.

(가) 비선택적 촉매 환원법

- H₂, CO, CH₄ 등의 환원제를 이용, 질소산

화물과 아황산가스 제거

- 촉매 : Pt Pd, CuO, NiO

(나) 흡착법

- 활성탄, Activate coke 등이 SCR 촉매와 아황산가스 흡수제로 작용

- SOx는 120~150℃에서 O₂, H₂O 하에 활성탄에 흡착되어 황산으로 전환

※ 장점 : 고탄황효율(98% 제거), 전력소모와 설치공간이 작, 부산물 황 생성

※ 단점 : NOx 제거효율 낮음(50%), 활성탄의 손실이 많음.

(다) 선택적 촉매 환원법

① Copper Oxide Process

- 산화구리가 담지된 허니콤 형태의 알루미나 반응기 이용

- SOx : 산화구리와 반응하여 CuSO₄로 전환

- NOx : CuO의 촉매작용으로 암모니아 존재 하에 질소와 수분으로 환원

※ 장점

- 아황산가스와 질소화합물의 처리구가 독립적

- 배가스내의 분진이나 보일러 운전조건의 변화 등에 민감하지 않다.

※ 단점

- 수증기가 촉매활성을 감소

- DeNOx 효율이 낮음.

- 흡수제의 비활성화가 비교적 빠르며 비용이 많이 든다.

② NOxSO공정

- 알루미나에 Na₂CO₃를 담지하여 만들어진 촉매/흡수제를 이용

- 촉매/흡수제는 90~150℃의 유동층 반응기에서 SOx, NOx를 제거

- 반응 흡수제는 H₂나 CH₄을 이용 가열

후 SO₂, H₂S, S를 생성하며 재생

※ 장점: 질소산화물 제거시 암모니아를 사용하지 않음.

※ 단점: 고온의 조업온도, 공정이 복잡, 질소산화물 제거효율이 낮음.

③ SNOx and DeSONOx 공정

- SCR SO₂산화 공정을 결합해서 H₂SO₄를 생성

- SO₂는 V₂O₅ 촉매를 이용하여 SO₃(g)로 약 95% 산화

- 기체/고체 열교환기와 WSA(Wet Sulfuric acid) 응축기를 통과 후 냉각되어 농도 94~97% H₂SO₄ 회수

- DeSONOx공정 : SCR촉매로서 재활라이트를 사용

- 회수되는 황산의 농도가 70%

- SO₂ 산화공정을 위한 예열 불필요

(라) 전자선 조사법

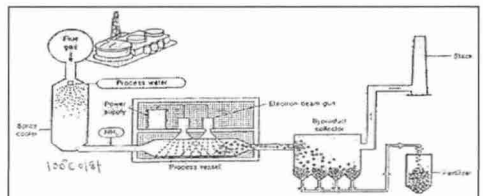
- 배가스를 NH₃와 혼합시켜 반응기 입구에서 회전시키면서 전자선을 조사

- 백색의 분말상태인(NH₄)₂SO₄ · 2NH₄NO₃와 (NH₄)₂SO₄ 생성

- 생성된 암모늄염은 전기집진에서 포집되고 불활성가스의 존재하에 CaO, H₂O 등으로 스팀로스팅(Steam Roasting)하여 비료로 사용

※ 장점 : 압력강하가 없고 반응온도가 낮으며, 설치공간이 작음.

※ 단점 : 전력소비와 방사능에 의한 안전의 문제



(전자선 조사법에 의한 SOx와 NOx의 동시 제거 공정도)

(마) 플라즈마법

- 저온플라즈마(코로나방전)를 이용한 유해 가스 처리

- 방전봉과 접지판에 높은 전압을 가해준 경우 전극사이를 가로지르는 스트리머 코로나가 발생

- 발생된 전자들은 지체중의 산소, 수분 및 질소와 반응해서 O, OH 등의 라디칼을 생성, 이들 라디칼은 강한 산화력으로 다양한 유해가스를 산화

- 암모니아를 주입하여 최종적으로 유안 및 초안염을 생성하며 이들은 농업용 비료로 사용

※ 장점

- 2차폐수가 발생되지 않는 건식공정

- 전기집진기술과의 연계를 통해 탈황, 탈질 및 집진을 동시에 하나의 시스템에서 처리 가능

- 최종 부산물로서 경제성이 있는 유안/초안비료를 생성

- 반응기 부피 소형화 기능

2. 국내외 기술동향 및 전망

1) 과거 개발된 탈황탈질 동시처리 기술의 대부분이 배연탈황공정(습식법 또는 건식법)과 탈질공정(SCR또는 SNCR법)을 조합, 연결하여 사용

- 이 경우 SCR이나 SNCR 공정에서 사용되는 암모니아 누출(slip)에 의한 2차 적인 오염 문제발생. 운전상의 어려움, 촉매사용시의 고비용 소요 등의 단점 발생

2) 따라서 최근에는 SOx/NOx 동시처리를 위하여 코로나 방전(pulsed corona discharge) 또는 전자빔(electron beam)을 이용하는 방법이 국외는 물론 국내에서도 활발히 연구되고 있음을 비추어 볼 때 향후 환경적인 측면에서 이러한 공정이 주류를 이룰 것으로 전망됨.



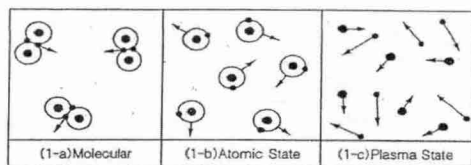
플라즈마의 정의 및 유해 배출가스 처리를 위해 적용사례를 들어 설명하시오.

1-1. Plasma(플라즈마)

- 기체상태(1-a)의 물질에 열을 가하면 기체 원자의 최외각전자(1-b)는 불안정하여 궤도를 이탈 하고 이와 같이 전자와 양성자가 공중(1-c)하는 상태를 플라즈마 상태라고 한다.

- 전기에너지를 이용하여 증기(H₂O)를 플라즈마화하고 증기가 갖고 있는 산소와 수소를 이용하여 폐기물중에 함유되어 있는 중금속을 산화용융하여 유리 내고용화 하고 염화물은 수소가스와 반응시켜 중화시킨다.

1-2. 처리원리



(수소기체의 상태)

1-3. 플라즈마설비 구성

- 플라즈마 설비는 다음과 같이 다섯 분야로 크게 분류한다.

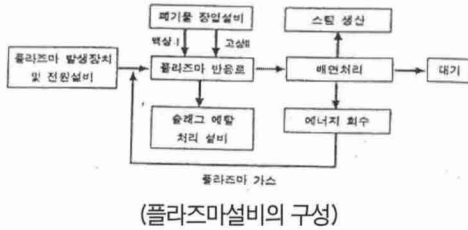
- ① 폐기물 장입설비
- ② 플라즈마 발생장치(Torch)
- ③ 반응 리액터



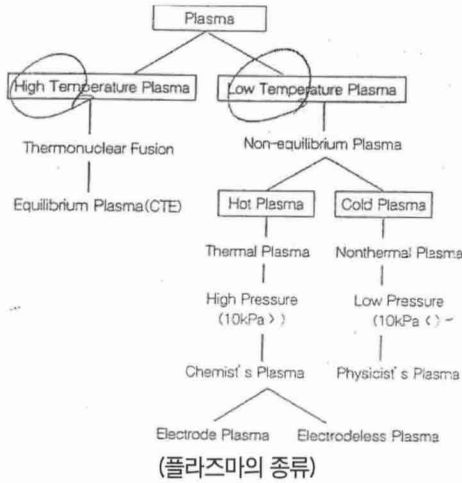
- ④ 슬래그, 메탈 처리설비
- ⑤ 배연 처리 설비

Slag(유리화)
 $2PbSiO_3$, * 1, 300~1, 600°C
 저·중전위 방사성 폐기물로 유리화 가능(침출)
 처리 후 생성물 : 중금속 무침출 슬래그(골재이용)

1-4. 플라즈마의 종류



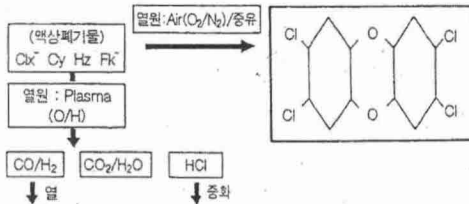
(플라즈마설비의 구성)



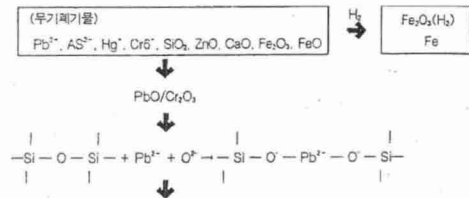
(플라즈마의 종류)

1-5. 반응원리

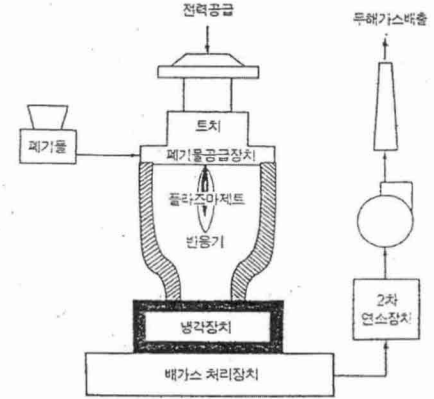
(1) 액상반응원리



(2) 고상반응원리

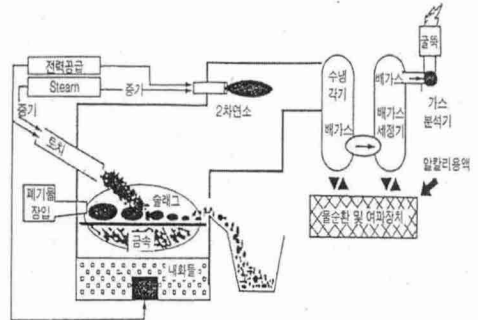


1-6. 적용사례



(플라즈마를 이용한 액상폐기물 처리시스템)

항목	Westinghouse	국내S社
반응시간	50~60min	60~120min
PCB장입속도	6.9g/s(솔벤트첨가)	2.55~12.0g/s(솔벤트 무첨가)
Working Touch Power	327kW	53kW(100kW까지 가능)
처리량	0.02g/kW · S	0.049~0.187g/kW · S
리액터 온도	1,136°C	1,100~1,250°C
처리 후 다이옥신 (규제치 0.5ng/Nm³)	0.011~0.32µg/m³	1차:0.3~0.8ng/Nm³(러시아분석) 2차:검출안됨(러시아분석) 3차:검출안됨(미국 EPA기준 분석Furan:0.2ng/Nm³)
PCB분해율	99.99999%	99.99999%



(플라즈마를 이용한 고상폐기물 처리시스템)

테스트 결과

구분	처리후 생성물 용출농도 수준(mg/l) (Slag)		
금속류	환경규제치(mg/l)	도시폐기물	소각로 Ash
As	1.5	<0.002	<0.0100
Cd	0.3	<0.002	<0.01

구분	처리후 생성물 용출농도 수준(mg/l) (Slag)		
금속류	환경규제치(mg/l)	도시폐기물	소각로 Ash
Pb	3.0	0.02	<0.5
Cr	1.5	<0.005	<0.2
Hg	0.005	<0.001	<0.001

(표 1) 유독폐기물 처리 후 생성슬래그의 중금속 용출



Plasma 발생 장치 원리 및 용도에 대하여 설명하시오.

1. 개요

- 현재 국내 발전소에는 석회석을 이용한 배연 탈황 설비, 암모니아를 이용한 선택적 촉매 환원법이 일반화되어 탈황, 탈질을 하고 있다.

그러나 이 공정은 폐수처리 문제, 마모 문제, 기타 오염 문제 등 여러 가지 문제점이 있는 것이 사실이다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 여러 가지 기술 개발을 하고 있는데, 그 중의 하나가 저온 플라즈마 발생 장치이다.

저온 플라즈마 수처리, PFC의 처리, 자동차 NOx 제거 등 여러 분야에 이용될 수 있다.

2. 플라즈마의 정의

- 플라즈마는 양이온과 전자기 공간상에 존재하고 전체적으로 중성을 띠는 기체를 말한다.

종류는 고온 플라즈마와 저온 플라즈마가 있다.

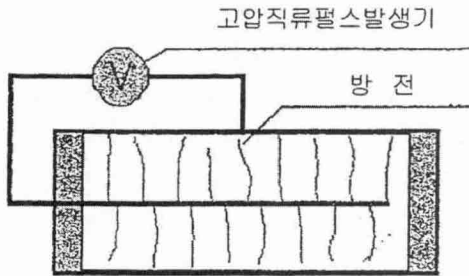
	고온 플라즈마	저온 플라즈마
이온화 강도	이온화 정도가 높다	이온화 정도가 낮다
평형상태	열역학적 평형	열역학적 평형을 이루지 못함
온도	수만 °C의 온도 전자, 입자, 이온, 중성 분자 모두가 고온임 적용시 고온 체질 필요 : 설치가비 큼	상온보다 조금 높은 온도 전자만 온도가 높다(10,000°C 이상) 고온장치가 필요 없음 : 설치가비 낮음
응용	폐기물 용융처리에 무해화시키는 공정에 사용	자동차 질소산화물처리, 배가스 SOx, NOx 동시제거 수처리 VOC 처리 등 응용 분야
에너지 효율면	에너지 다량 소모	에너지 효율적

3. 저온 플라즈마의 원리

※ 발생기의 원리

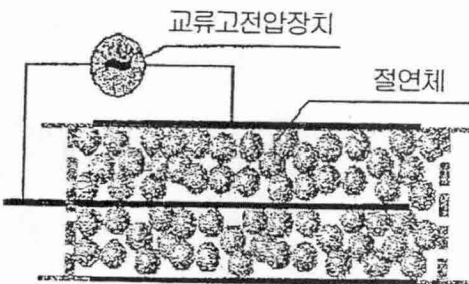
① 고전압 스트리머 방전

- 전극 사이에 상승시간 수십 ns 지속시간 1 μs 이하의 펄스 고전압을 인가하여 스트리머 방전이 일어나 플라즈마 형성



② 무성방전

- 공극 수 mm평행 전극에 전열물을 끼워 넣고 교류 고전압을 인가하면 펄 tm상의 방전이 일어남.



(방전의 예)



③ 부분방전

- 입경 수 mm의 펠렛의 충전물 양극에 금속망 전극을 설치하고 교류 고전압 인가

④ 코로나 방전

- 불평등 전계에서 직류 작업을 걸어주는 방전시킴.

- 담청색 불꽃이 전기 집진기에 응용

※ 제거원리

- 펄스코로나 방전으로 전자가 방출되면 이것은 가스 분자와 충돌하여 전자가 튀어 나오게 만들어 라디칼을 생성한다. 라디칼은(가스 분자와 충돌하여 화학반응을 일으켜 제거한다.

※ 적용분야

① 배가스 탈황, 탈질 공법

- 현재 Pilot 테스트 결과 탈황 90%, 탈질 80% 정도의 제거 가능하였음.

- 기존에 설치되어 있는 전기 집진기에 하전 장치만 바꾸어 줌으로써 설치 가능하므로 경제적이고, 실용가능성이 유망함.

② 자동차 배출가스 질소산화물 제거에 이용

- 린벤엔진과 디젤엔진에서는 산소농도가 높아 삼원 촉매를 적용가능하지가 않다 그러므로 여기에 PPCP를 적용하여 제거 가능하다. 그러나 암모니아의 저장 문제가 문제점이 됨.

③ VOC의 처리

1단계	강력한 전자들에 의한 라디칼 생성단계 $O_2 + e \rightarrow O + O + e$ $H_2O + e \rightarrow OH + O + e$ $H + O_2 \rightarrow HO_2$
2단계	산 생성단계 $SO_2 + O + M \rightarrow SO_3 + M (M: inter Molecule)$ $SO_2 + OH \rightarrow HSO_3$ $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$ $HSO_3 + OH \rightarrow H_2SO_4$ $NO + O + M \rightarrow NO_2 + M$ $NO + HO_2 \rightarrow NO_2 + OH$ $NO_2 + OH \rightarrow HNO_3$
3단계	입자로의 전환단계(NH ₃ 등을 첨가) $H_2SO_4 + 2NH_3 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$ $SO_2 + 2NH_3 + H_2O + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$ $HNO_3 + NH_3 \rightarrow NH_4NO_3$
4단계	Bag filter 나 ESP에 의한 입자상 물질의 제거 단계

④ 반도체 산업에서 사용하는 PFC의 처리
 - 소각처리시 1200℃정도의 온도가 필요하여 에너지가 많이 소모된다. 그러나 PPCP를 사용할 때에는 온도가 높지 않으므로 경제적이다.

- ⑤ 악취제거
- ⑥ 다이옥신 제거
- ⑦ 수처리에 이용

월간 '환경기술인' 구독 안내

문의 : 02-852-2291 정가 : 6만원(1년)

※ 온라인 송금 (지로납부가능)