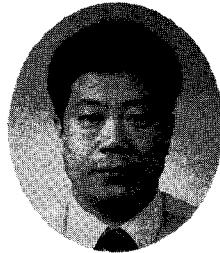


환경보전과 PLASMA

<2>



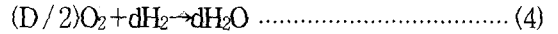
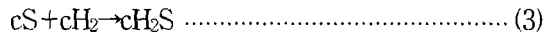
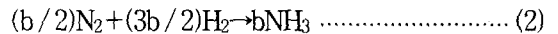
박재형

폐기물처리·대기관리 기술사

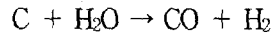
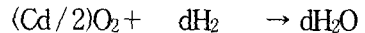
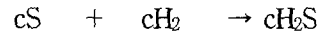
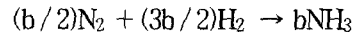
목 차

1. 서론
2. 정의
3. 기본 이론
4. PLASMA TORCH
4.1. ARC PLASMA
4.2. PLASMA TORCH
4.3. PLASMA TORCH의 설계시 고려사항
4.4. 실용화된 PLASMA TORCH의 예
5. 응용 방법
5.1. 열분해 및 용융
5.2. 매립지의 복원

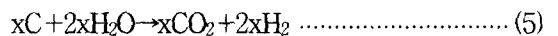
예를 들면, 분해하고자 하는 유기물이 이론적 실험분자식을 $CH_aNbScOd$ 라고 가정하고, 전량 반응 산물로 환원된다고 하면,



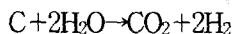
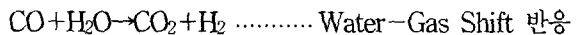
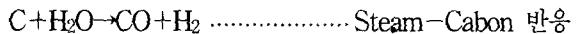
식 (1)(2)(3)(4)의 반응에 소요되는 H_2 의 Mole수는 $(1.6-a)/2 + 3b/2 + c + d$ 가 되며 이는 시료중 XMole의 C가 아래 식 (5)와 같이 Steam으로 반응할 때



시료 C의 XMole이 생성된다고 가정할 수 있다.



* 식 (5)는 Steam-Carbon 반응과 Water-Gas Shift 반응을 합친 결과를 나타낸다.

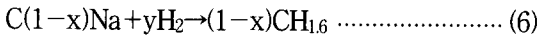


5. 응용방법

5.1. 열분해 및 용융(PYROLYSIS & VITRIFICATION)

열분해 공정은 19세기초 석탄 등 고체연료에서 기체나 액체연료를 얻는 노력으로 개발되기 시작했다. 탄소가 주성분으로 다분자 유기물(석탄, POLY화된 플라스틱 등이 포함)에 직·간접으로 열을 가하면 반응온도 및 촉매 등의 조건에 따라 적절히 탄소 결합손이 끊어져 분해가 일어나는데 이것이 열분해 반응이다.

식 (5)에서 시료 C의 XMole이 H₂ 생성반응에 소모되었기 때문에 식(1)이



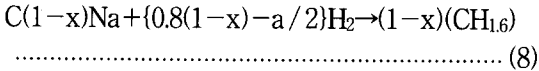
여기서 y=H₂ Mole수

식 (6)에서 H의 물질수지를 세우면

$$a+2y=1.6(1-x) \dots\dots\dots (7)$$

$$y=0.8(1-x)-a/2 \dots\dots\dots (7-1)$$

가 되며 식(6)에 y값을 대입하면



이들 반응에 소요되는 H₂ Mole 수는 식(8) 및 식 (2)(3)(4)로부터 $0.8(1-x)-a/2+3b/2+c+d$ 가 된다. 이 값은 식(5)의 H₂ Mole수인 2x와 같다.

$$2x=0.8(1-x)-a/2+3b/2+c+d$$

$$x=(0.8-a/2+3b/2+c+d)/2.8 \text{가 된다.} \dots\dots (9)$$

위를 기초로 H₂ 요구량, 반응산물 생성량 및 시료내 적정수분 함량을 도출하면,

PLASMA 열분해 응용에서 열분해시 필요한 열량은 PLASMA TORCH에서 공급받는 구조로 되어 있다. 초고온 조건이 형성되므로 반응은 일순간에 이루어지며 열분해 분위기가 환원상태이므로 요즘 가장 문제시 되는 디옥신류의 발생이 근본적으로 억제되어 별도의 여기에 대한 방지시설을 필요하지 않고 다만 NH₃, HCl, Cl₂ 등 산성가스류의 제거장치만 필요하게 된다.

-H₂ 요구량

- $(0.8-a/2+3b/2+c+d)/1.4 \text{mole}$
- $(0.8-a/2+3b/2+c+d)/0.7 \text{kg}$

-반응산물

- CH_{1.6} (1-x)mole (1-x)(13.6)kg
- NH₃ b mole b(10)kg
- H₂S c mole c(34)kg
- H₂O d mole c(18)kg

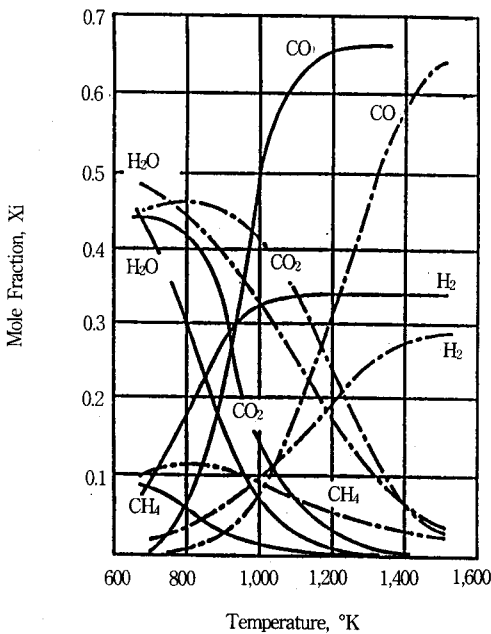
-수분소요량

- $(0.8-a/2+3b/2+c+d)/1.4 \text{mole}$
- $18(0.8-a/2+3b/2+c+d)/1.4 \text{kg}$ 이 된다.

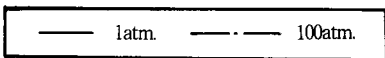
여기서 수분소요량은 시료중 C와 반응하는 수분은 시료내 포함된 수분 또는 외부에서 공급되는 수분에 한하여 식(4)에서 반응도중 생성된 수분은 C와 반응치 않은 것으로 가정한 것이다.

위 반응은 비교적 저온에서 일어난 반응으로 PL-ASMA를 이용하면 열분해온도가 1,500~2,000°C 정도이며 CH₄가 아닌 CO로 배출되므로 O의 공급이 자체에서 공급되지 않을 경우에는 Char(숯)가 생성되므로 외부에서 Steam을 공급하여 CO로 배출시킨다.

따라서 고온열분해시에는 CO, H₂, NH₃, H₂S, H₂O



(hydrogen : oxygen = 1g-atom / g-atom)



EQUILIBRIUM CHARACTERISTICS FOR C-H-O SYSTEM

가 생성되며 CO와 H₂가 4:6(V/V) 정도가 되며, 2,500~3,000kcal/Nm³ 정도의 가연성 가스를 부산물로 얻을 수 있다.

PLASMA 열분해 응용에서 열분해시 필요한 열량은 PLASMA TORCH에서 공급받는 구조로 되어 있다.

초고온 조건이 형성되므로 반응은 일순간에 이루어지며 열분해 분위기가 환원상태이므로 요즘 가장 문제시 되는 디옥신류의 발생이 근본적으로 억제되어 별도의 여기에 대한 방지시설을 필요하지 않고 다만 NH₃, HCl, Cl₂ 등 산성가스류의 제거장치만 필요하게 된다.

-P.P.V의 특징

① 연소용 공기가 필요하지 않고 다만 열분해 가스가 배출되므로 기타 소각방식보다 1/6~1/10 정도 적은

배기가스가 배출된다.

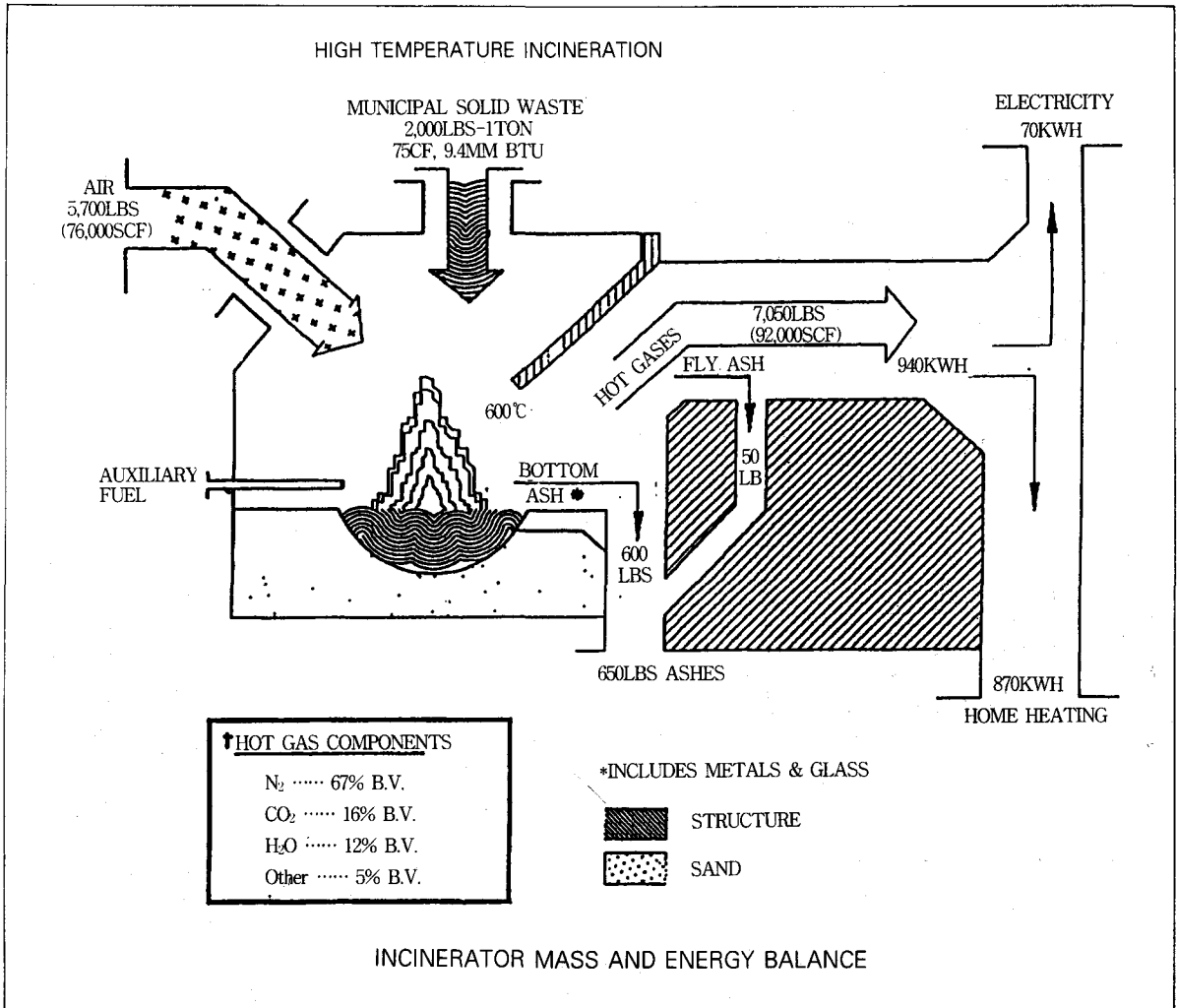
② 환원, 산화 등 여러조건을 유지할 수 있어 디옥신 등 유해물질의 재합성 발생이 근본적으로 방지된다.

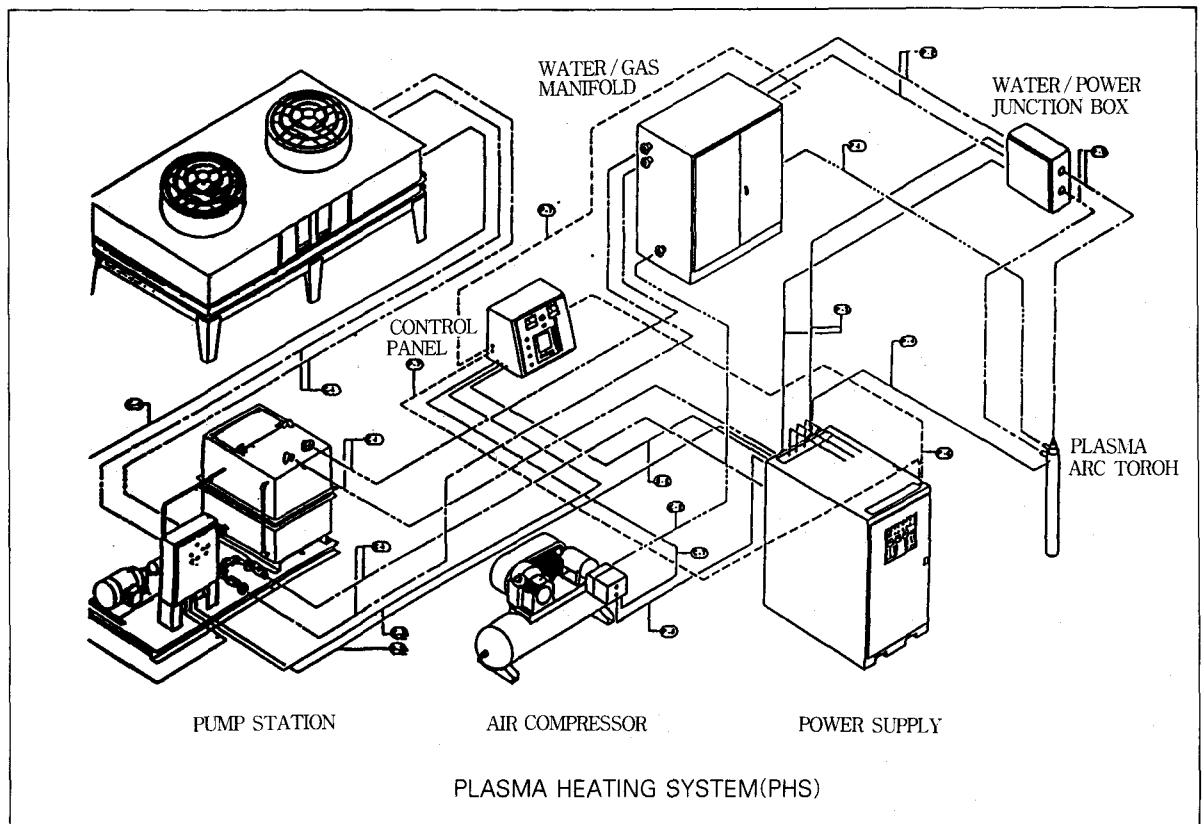
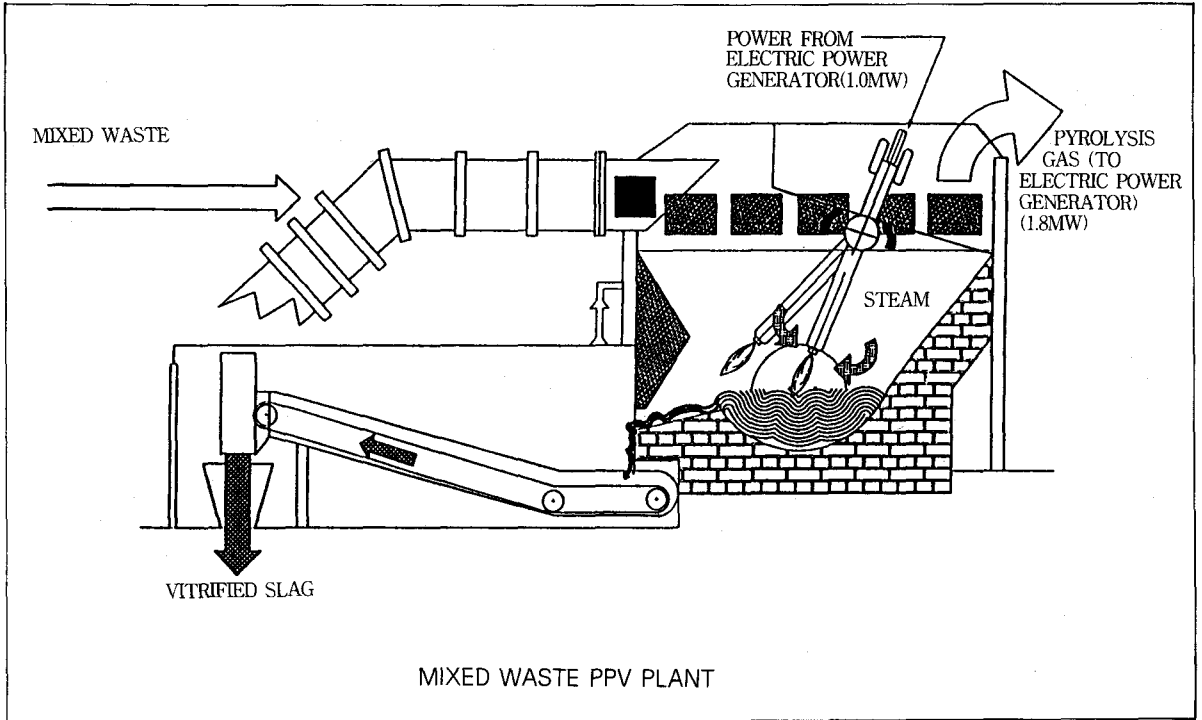
③ 반응속도가 빠르므로 반응로의 용질이 매우 컴팩트해진다.

④ 배기가스 중 CO, H₂를 얻을 수 있어 가연성 연료를 얻는다. 이러한 가연성 연료를 정화시킨 후 발전을 위한 연료가 사용된다.

⑤ 특별한 전처리(파쇄), 수분함유 여부, 금속류 함유 폐기물 등에서도 적용이 가능하며 유효한 금속 회수도 가능하다.

본 P.P.V는 다만 아직 도시폐기물의 실물 PLASNT가 없으며 미국에 병원성폐기물처리 및 석면처리시설





그리고 일본에 소각재 용융설비(200T/D)가 2개소 설치되어 가동되고 있다.

5.2. 매립지의 복원

이 공정을 PLASMA TORCH에서 배출되는 고온의 불꽃을 매립지 내부에 투입시켜 용융시킨 뒤 유리화시키는 방법으로 1993년 PNL(Pacific Northwest Laboratory)에서 기본적 개념이 도입되었다.

그 후 조지아공대 등에서 활발한 연구를 거쳐 방사능 오염 토양, 불량매립지의 복원 또는 이를 응용하여 토목공사에서 기초보강과 사면처리 등 다양한 활용범위를 가지고 있다.

이 방법은 매립지의 매립물을 원 위치에서 그대로 처리하는 기술로 먼저 그라우팅을 하여 토치를 투입할 수 있는 맨홀을 뚫은 후 토치를 매립물 또는 처리하고자 하는 지하층까지 내린 후 용융시키면서 토치는 상승시

키면 처리대상물은 용융되어 암반으로 변화하며 여기서 발생하는 열분해가스 및 수증기는 상부로 배출된다.

-장점

- ① 용융속도가 빨라서 처리가 신속하다.
- ② 특정부분처리 등의 임의조절이 가능하다.
- ③ 유독성 폐기물, 방사성오염토양, 매립지내 오염토양 등 이용범위가 넓다.

④ 매립지 수명을 늘릴 수 있는 장점을 가지고 있다.

기타 PLASMA를 이용한 다른 분야의 환경기술에는 배기가스에 PLASMA의 전기에너지를 주입시켜 NOx, SOx를 방지하는 냉 PLASMA 기술도 개발되고 있다.

위에서 살펴본 PLASMA 기술이 국내에 산정한 폐기물 분야 및 기타 여러 분야에서 활용하여 환경보전에 일익을 담당하기를 바라는 바이다. ◀

