

쓰레기 소각시설에서의 염화수소(HCl)제거기술

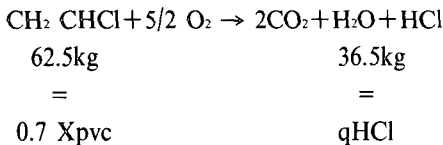
우재균 / 유신설계공단 환경부 부장
기술사

쓰레기를 소각하는 경우 배출가스 중에는 염화수소(HCl), 황산화물(SOx), 질산화물(NOx) 등의 유해가스가 포함되어 있다. HCl과 SOx는 알칼리제를 이용하여 동시제거가 가능하지만 여기에서는 HCl의 제거에 대해서 생각해 보기로 한다.

1. 염화수소의 발생량

쓰레기를 소각하면 쓰레기중에 포함되어 있는 물질들중에서 표백제로 이용되고 있는 염화나트륨, 염화물, 페플라스틱중의 염소계 플라스틱등에 의해 염화수소가 발생한다. 쓰레기중에 함유된 Poly Vinyl Chloride(PVC)에 의해 발생하는 염화수소 농도는 다음식으로 구할 수 있다.

단, 페플라스틱중에 30%가 가역제, 증량제로서 염화비닐 함유량을 0.7Xpvc라 하고, 페플라스틱 중의 수분을 Wkg/kg라 한다.



$$\text{qHCl} = (36.5/62.5) \times (0.7\text{Xpvc}) \times (1 - W)$$

이 식을 mole로 표시하면

$$\text{qHCl} = (36.5 \times 36.5 / 62.5 \times 36.5) \times (0.7\text{Xpvc}) \times (1 - W)$$

$$\text{qHCl} = 0.25(\text{Xpvc}) (1 - W)$$

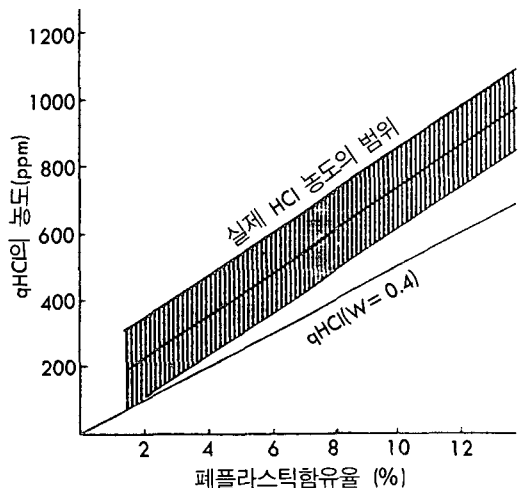
ppm으로 표시하면

$$\text{qHCl} = 2.5 \times 10^5 (1 - W) \cdot \text{Xpvc} / V$$

이 식에서 쓰레기 중의 플라스틱 혼입율로부터 배기가스중의 HCl 농도를 구하는 것이 <그림 1>의 qHCl이다.

일반적으로 도시쓰레기에서의 페플라스틱의 혼입율을 8%라 하면 배기가스중의 HCl농도는 평균 600ppm 정도(500~700ppm)이다. 페플라스틱과 배기가스중의 HCl 농도(실측치)와의 관계는 <그림 1>에서 보는 바와 같이 사선의 범위이다.

<그림 1> 쓰레기중의 페플라스틱 함유율과 배기가스중 HCl 농도와의 관계



염화수소 이외의 배기가스 성상은 쓰레기질에 좌우되지만 일반적인 쓰레기 배기가스의 개략적인 성상의 예는 <표 1>과 같다.

<표 1> 도시쓰레기 소각로 배기가스 성상

성분	농도
HCl (ppm)	250 ~ 1,300
SOx (ppm)	25 ~ 100
CO ₂ (%)	5.3 ~ 8.3
H ₂ O (%)	12.3 ~ 20.3
N ₂ (%)	63.8 ~ 70.1

2. 염화수소의 제거방식

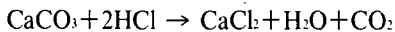
염화수소제거방식을 크게 나누면 다음의 3가지 방법으로 나눌 수 있다.

1) 건식법

건식법은 알카리 분말을 쓰레기와 함께 소각로 내에 직접투입하는 방법, Duct나 반응탑으로 불어 넣는 방법과 알카리 분말을 이동시키면서 배기가스를 중화하는 이동층법이 있다. 이 방법은 소각로내에서의 짧은 접촉시간과 HCl 가스가 알카리분말의 표면안으로 침투가 어려운 점때문에 HCl가스의 제거효율도 비교적 낮지만 반습식, 습식방법에 비해서 가장 간단하고 경제적이어서 스토카, 유동상로 등 로형식을 불문하고 가장 많이 보급되어 있는 처리방식이다.

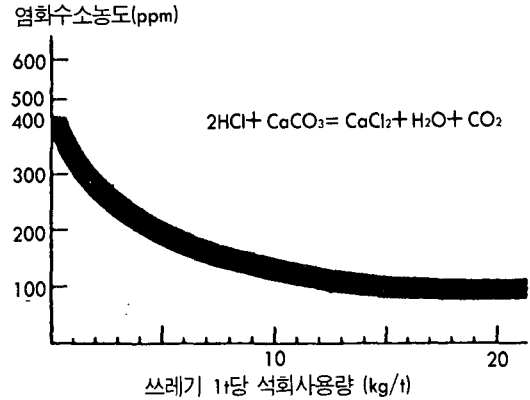
① 로내 주입법

알카리 분말을 로내로 압송하는 방법으로 로내에 알카리분말을 불어 넣는 경우 CaCO₃과 HCl은 고온하에서 접촉반응하여 무해한 CaCl₂와 CO₂, 수증기가 된다.

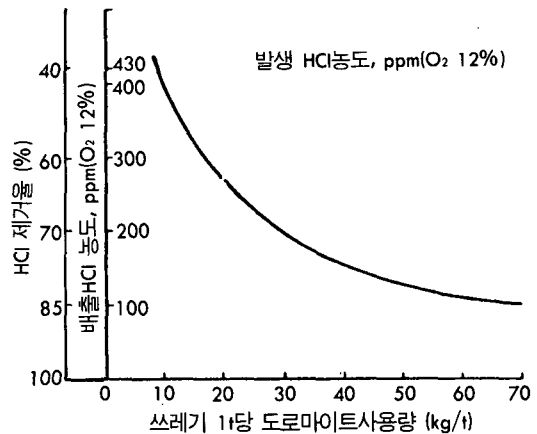


여기에서 석회(CaCO₃) 및 도로마이트(CaCO₃ · MaCO₃)에 의한 HCl 제거효과를 나타낸 것이 <그림 2>, <그림 3>이다.

<그림 2> 석회량과 HCl 제거효율



<그림 3> 도로마이트량과 HCl 제거효율



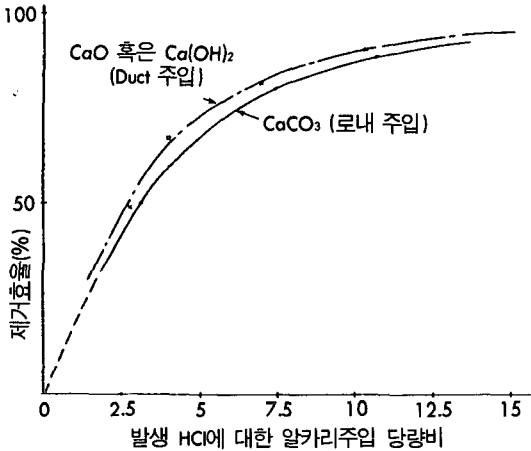
② Duct 주입법

전기집진기 전의 Duct에 알카리 분말을 불어 넣는 방법으로 Duct에 알카리 분말을 불어 넣는 경우(저온역)와 유동상식 소각로내에 불어 넣는 경우(고온역)의 HCl 제거 효율을 <그림 5>에 나타냈다.

③ 반응탑 첨가법

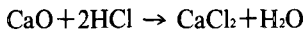
반응탑에 알카리 분말을 압송하고, 반응시켜 HCl을 제거하는 방법이다. HCl 제거성능은 출구측에서 40~50ppm 정도까지 낮출 수 있다. 그러나 널리 쓰여지는 방법은 아니다.

〈그림 5〉 Duct주입과 로내주입에 의한 HCl 제거효율비교

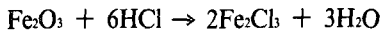


④ 이동층에 의한 제거법

알칼리분말이나 금속산화물 입자등이 이동층을 형성하고, 반응생성물은 이동층에 의해 외부로 배출된다. 알칼리분말은 주로 CaO가 사용되고, 반응생성물은 CaCl₂, Ca(OH)₂, CaCO₃ 등이고 가습후 연소재와 같이 처리된다.



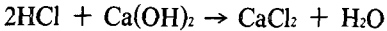
금속산화물 이동방식에 의한 HCl제거에 사용되는 금속산화물입자는 Fe₂O₃, CaO, ZnO, MgO 등이 사용되고, 반응생성물은 재이용 할 수 있다.



이동층에 의한 처리성능은 출구측에서 HCl농도가 약 40ppm정도이다.

2) 반건식법

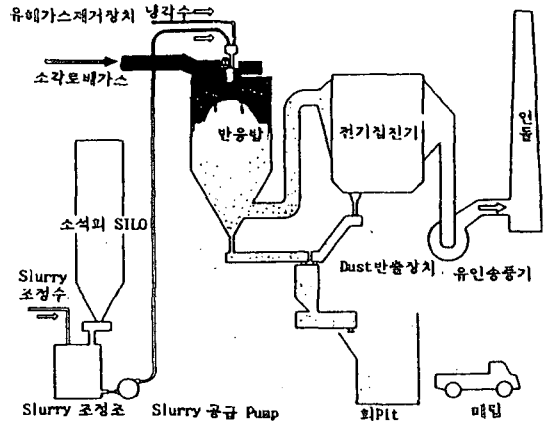
반건식법으로는 알칼리 분말을 물과 혼합하여 Slurry 상으로 해서 이것을 반응탑으로 압송하여 반응탑에서 유해가스를 제거하는 방식이다.



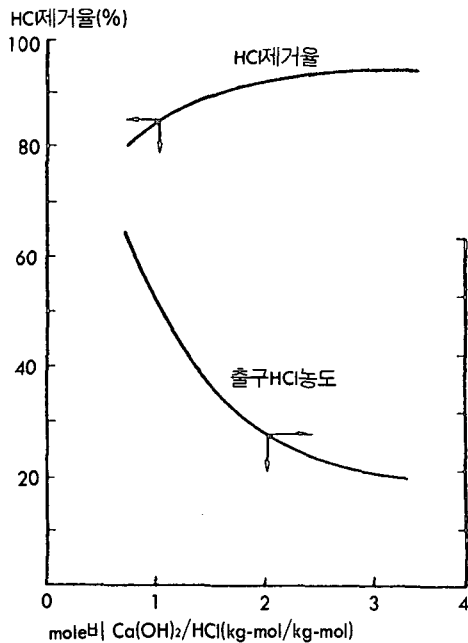
이 방식에 의한 장치의 공정은 〈그림 6〉과 같다.

이 방법은 Slurry를 미소액적화하여 분무하고 HCl과 반응시켜 반응생성물은 분말로 반응탑 하부

〈그림 6〉 반건식 HCl 제거장치 공정 (NKK-LIMAR방식)



〈그림 7〉 소석회 mole 비와 출구 HCl 농도 및 HCl 제거율



『사용조건』

- 로의 규모 : 60t/일 연속로
- HCl 농도 설계치 :
입구 : 700ppm(12% O₂ 환산치)
출구 : 50ppm(12% O₂ 환산치)

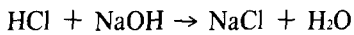
에서 포집하고 나머지는 전기집진기에서 포집한다.

이 방식에 의한 HCl의 제거성능을 <그림 7>에 나타냈다.

3) 습식법

대표적인 습식법의 공정을 <그림 8>에 나타냈다.

습식법은 NaOH 용액을 HCl 등의 유해가스와 반응시켜 흡수하는 방법으로 이 화학반응식은 다음과 같다.

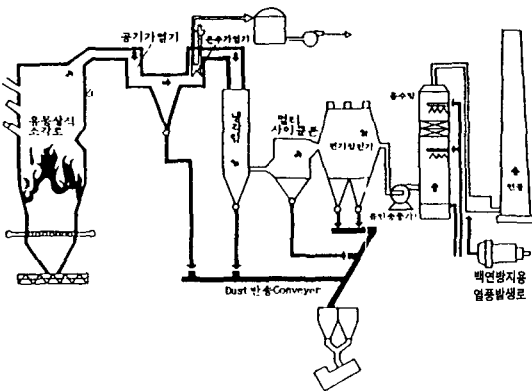


이 방법은 배기가스는 흡수탑 하부로부터 탑내로 60~80℃ 정도로 냉각시켜 투입되고 Spray nozzel에서 살포된 NaOH 용액에 의해 배기가스중의 HCl이 제거된다.

배기가스를 감온, 가습하기 때문에 백연이 발생할 우려가 있다. 백연발생을 방지하기 위해 배기가스를 증기등으로 재가열한 후 대기로 방출한다.

또 Spray 탑 방식이외에도 Cyclone Scrubber 방식, Ventury Scrubber 방식, Zet Scrubber 방식 등이 있다.

<그림 8> 습식 염화수소 제거 공정



4. 각종 제거방식의 성능 비교

건식, 반건식, 습식의 선택기준은 유해가스의 배출규제치, 운전비, 건설비, 로형식, 로운전법, 최종

처분법 등의 조건에 의해 결정된다.

다음 <표 2>는 각종 HCl의 제거방식에 의한 특성에 대해서 비교한다.

<표 2> 건식법 · 반건식법 · 습식법의 비교

항목	건식법	반건식법	습식법
흡수약제	소석회	소석회	가성소다
약제의 취급성	안전	안전	피부, 눈 등 인체에 유해
염화수소가스 제거성능	낮음	높음	대단히 높음
반응생성물의 회수방법	전기집진기 등에서 재와 함께 회수	반응탑 및 전기집진기 등에서 재와 함께 회수	액체로서 회수
반응생성물의 성상	건조상태분말	건조상태분말	염류를 포함한 용액
연돌로부터의 백연대책	필요없음	필요없음	필요
운전조작	용이	용이	비교적 복잡
물의사용	필요없음	필요(소량)	필요(대량)
전력의 사용량	작음	비교적 작음	많음
운전비	낮음	약간 높음	높음
건설비	낮음	높음	대단히 높음
기타	주로 HCl을 제거	HCl, SOx가 제거	HCl, SOx, Hg등이 제거 배수처리장치가 필요

5. 유해가스(HCl) 제거설비의 설계상의 Point

① 제거방식 선정은 배출농도설계목표치, 쓰레기 질, 로의 형식, 연돌높이, 건설예정지의 주변환경 등을 고려하여 결정한다.

② 습식 흡수탑은 부식대책을 충분히 고려해야 한다.

③ 습식에서는 pH제어가 HCl 제거성능을 좌우하기 때문에 pH제어가 용이하게 할 수 있어야 한다.