

# 폐기물 소각장치의 구성

## (4)

■ 환경관리공단 발행 「폐기물소각처리실무」

### 6. 소각시설 구성시 고려사항

부식성의 산성가스를 포함하는 연소가스의 금속면에 미치는 부식에는 일반적으로 200°C이하의 산의 노점에서 응축액에 의한 저온부식과 대략 400°C이상에서 승온과 함께 급속히 부식이 진행되는 고온부식이 있다.

#### 가. 고온부식

사용금속의 재질, 표면온도, 연소조건 등에 따라 부식의 양은 다르지만, 연소 가스중에 SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, HCl 등의 산성가스가 포함되면 농도, 온도에 따라 정도의 차는 있으나 부식을 일으킨다.

표 2 강관시료에 의한 고온부식시험 (Wickert)

온도°C	200	300	400	500	600	700
SO <sub>2</sub>		2	6	40	120	
SO <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> O			6	22	90	
SO <sub>3</sub>		2	11	84		
SO <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O			11	50		
H <sub>2</sub> S			6	18	44	68
H <sub>2</sub> S+H <sub>2</sub> O	1	3	6	18	60	130

(주) Fe부식량(g/m<sup>2</sup>4h) SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S  
0.1% (vol) H<sub>2</sub>O 10% (vol)

표 2에서 보아서도 알수 있듯이 같은 표면온도가 400°C를 넘으면, 급속한 부식이 진행되는 경향이 있다.

소각로에서 사용하는 금속부분

이 대량의 수열에 있어도 항상 냉각효과가 있는 구조(예를 들면 공냉·수냉 등)에서 그의 표면온도가 200~400°C의 중간에 있는 것이라면 보통 강재, 주철이라도 고온부식은 매우 미량으로 되지만 연소화염이 직접 닿든가 또는 고온복사열을 계속 받는 경우는 특히 재료를 잘 선택하여 고온부식에 충분히 견딜수 있는 재질을 선정하여야 한다.

#### 나. 저온부식

연소가스 속에 산성가스가 포함되어 있는 경우, 이것도 수증기가 반응하여 산을 생성한다. 금속면에 산의 피막이 되는 최고온도 즉 산의 노점 이하의 온도에서는 산이 금속표면에 응축하여 심한 부식이 일어난다. 이것이 저온부식이며, HCl가스가 포함하면 부식은 한층 촉진된다.

##### 1) SO<sub>3</sub>의 생성

일반적으로 유황산화물의 대부분이 SO<sub>2</sub>인데, 2SO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>⇌2SO<sub>3</sub> 반응에 의해 S분이 많을수록 SO<sub>3</sub>이 많이 생겨 노점이 상승한다. 이 반응은 산화철, 회 등이 접촉이 되어 일어나 철표면(산화철)온도가 약 600°C일때 반응속도가 최대가 된다고 한다.

이 SO<sub>3</sub>에 연소가스내에 수증기가 존재하면(일반적으로 소각로 배출가스속에는 10~40% vol H<sub>2</sub>O

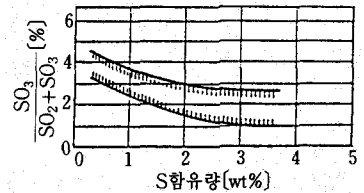


그림 24. 연료중의 S 함유량과 SO<sub>2</sub>→SO<sub>3</sub> 전환율의 관계

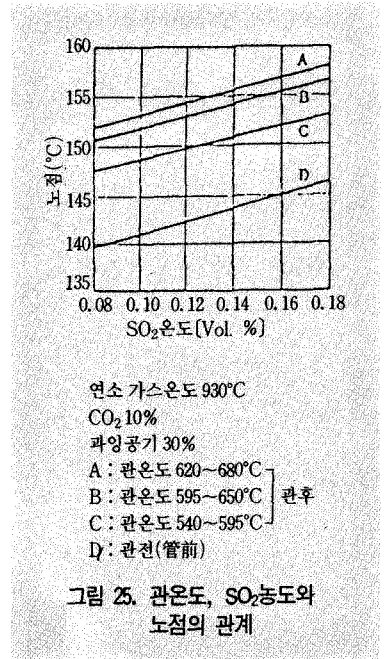


그림 25. 관온도, SO<sub>2</sub>농도와 노점의 관계

가 포함된다) 노점은 한층 상승하고 또 과잉공기도 많아질수록 노점상승, 화염온도, 노벽온도 상승에 의해 SO<sub>3</sub> 생성이 늘어난다. S-

O<sub>2</sub>→SO<sub>3</sub> 전환을 그림 24, 보일러의 관온도, SO<sub>2</sub> 농도와 노점의 관계를 그림 25, 보일러 배기가스 속 SO<sub>3</sub> 농도와 노점의 관계를 그림 26에 중유의 S분과 연소가스의 노점, 부식량의 관계를 그림 27, 28에 표시한다.

## 2) 황산의 생성과 금속면의 부식

연소가스속에 생성한 SO<sub>3</sub>는 수증기와 결합하여 황산이 되어 노점에 달하면 0.5μ 정도의 극미세한 황산안개를 생성한다. 이 안개가 금속면에 응축하여 부식을 촉진시킨다.

또한 그림 28에서 보는 바와 같이 산성가스가 응축하는 표면온도가 높을수록 농도가 높은 산을 응축한다. 또한 Thurlow의 실험에 의하면 강제표면 온도가 100~120°C(노점이하 15~40°C)에서 산의 응축량이 최대가 되어 부식량도 최대가 된다고 한다.

## 3) 염화수소(HCl 가스)의 생성과 부식

염화비닐계와 같은 염소화합물을 연소한 경우 반드시 발생하며, 염화수소의 생성과정은 190°C 정도에서 승온과 함께 열분해가 개시되어 약 300°C 정도까지로 염화수소는 거의 다 나와 버린다.

염화수소의 비점은 약 85°C이며 수용성은 SO<sub>2</sub>에 비하여 훨씬 크다.

따라서 수증기의 노점이하가 되면 염산의 응축량은 증가하여 부식은 황산에 비하여 훨씬 크다. pH4이하가 되면 급속히 침식도가 진행하고 또 같은 농도에서도 온도상승과 함께 침식도가 증가한다.

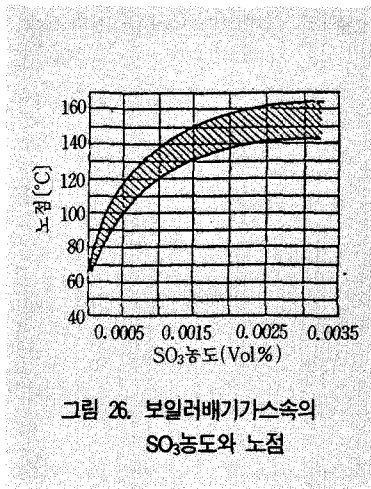


그림 26. 보일러배기가스속의 SO<sub>3</sub>농도와 노점

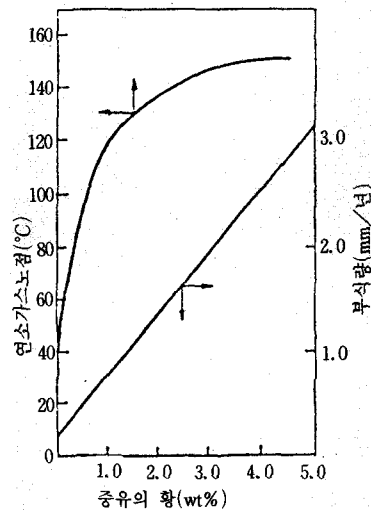


그림 27. 중유의 유황분과 연소가스의 노점 및 부식량과의 관계

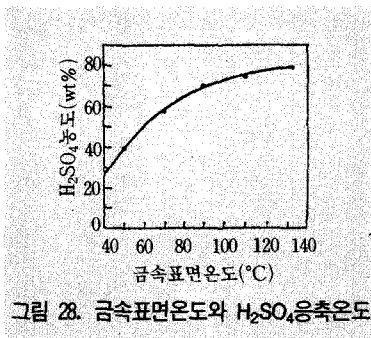


그림 28. 금속표면온도와 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>응축온도

## 다. 부식대책

### 1) 고온부식 경감대책

금속부 실제온도가 대략 200~400°C의 범위로 억제하는 구조, 연소방법을 취하는 것이 바람직한데, 실제온도가 700~900°C로 상승을 피할 수가 없는 경우는 내열부식의 적용할 수 있는 재질을 선정하여야 한다.

### 2) 저온부식 경감대책

염화비닐, 고무 등 염소, 황의 함유물이 섞인 폐기물의 소각에는 연소온도가 저하하지 않도록 조작하여, 작업정지전 30분~1시간 정도부터는 이와 같은 유해물질이 함유되어 있지 않는 폐기물을 투입·연소 할 필요가 있다.

일반스틸재질에 대해서는 알루미늄공을 해 두는 것이 바람직하며, 배기가스정화를 위해 습식제거설비를 사용하는 경우, 입자상물질제거는 물론, 유해가스를 물에 흡수시켜 정화되지만, 반면 산성액이 항상 벽면에 접촉하므로 심한 부식을 일으키게 된다. 이와 같은 경우, 산액이 닿는 면은 금속면을 노출하지 않고 부정형 내화물 기타 내열·내산·내수성의 재료로 보호하며 세정수를 미리 알칼리성으로 해 둘 필요가 있다.

### 라. 백연방지설비

폐기물을 소각하면 폐기물속의 수분이 수증기<sup>3)</sup>가 되어 배기가스에 포함되며, 배기가스 속의 수증기가 노점 이하가 되면 결로현상에 의해 백연이 발생된다.

그러나 염화수소의 제거를 습식으로 하는 경우에는 알칼리용액으로 배기가스를 세척하므로 배기가스 속의 수분농도가 높게 되는 동

시에(약 30~35%) 배기가스를 냉각하기(약 60~80°C) 때문에 그 상태에서 굴뚝에서 대기로 배기가스를 방출하면 백연이 된다.

백연을 방지하는 이유로서는 미관상 또는 비행장이 가까운 경우에는 관계장해를 일으켜 좋지않기 때문이다. 굴뚝이 낮은 경우에 배기가스온도가 낮으면 배기가스의 대기확산이 나쁘게 되는 것과 굴뚝의 부식방지면에서도 배기가스온도는 산로점 온도 이상인 것이 좋다.

1) 백연방지 이론

가) 기초 이론

백연의 발생은 그림 29, 30 표시와 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.

50°C의 배기가스에서 외기온도( $t_o$ )가 10°C, 상대온도(RH)가 60%일 때의 예를 취하고 백연을 방지하는 재가열온도를 구할 수가 있다.

(1)  $t_o=10^\circ\text{C}$ , RH에 60%의 점보다  $\psi=100\%$ 를 넘지 않도록 점선 y를 구할 수가 있다.

(2) 다음에 C점(50°C,  $\psi=100\%$ )의 가스를 가열하여 D점(앞에서 그 점선과의 교점까지) 가열한다.

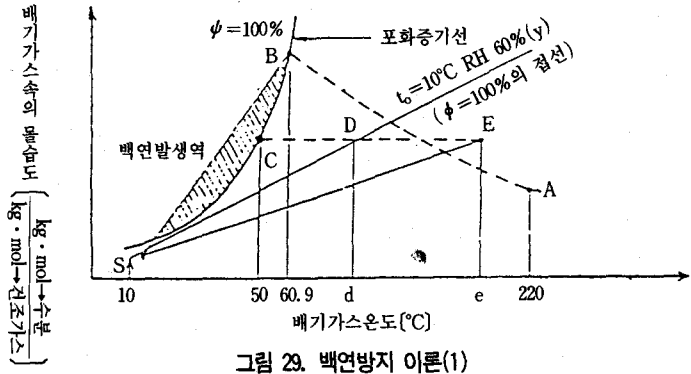


그림 29. 백연방지 이론(1)

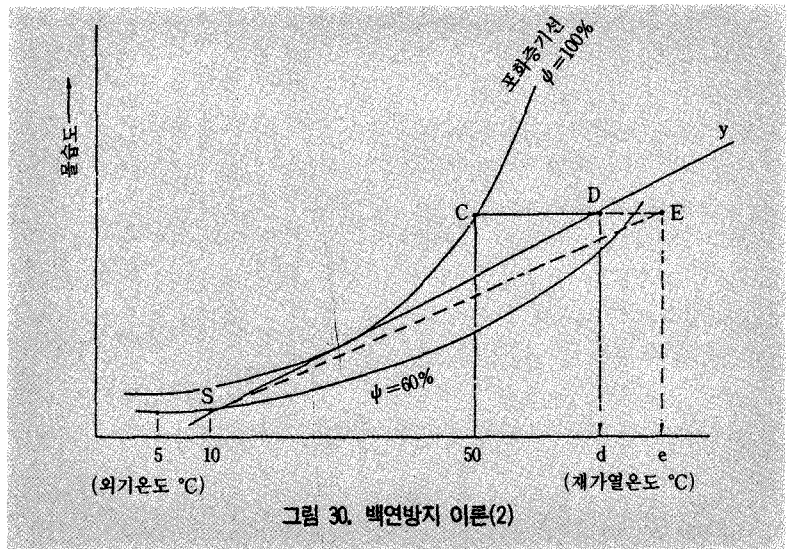


그림 30. 백연방지 이론(2)

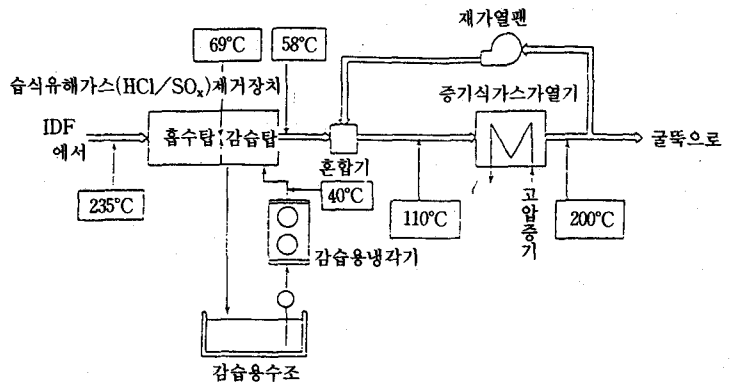
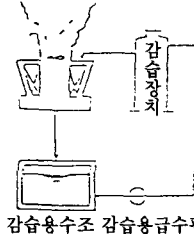
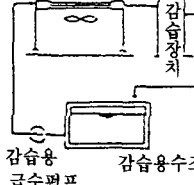


그림 31. 백연방지의 기본플로우(배기가스 재순환 증기식 가스가열 방식)

표 3 감온장치용의 냉각기의 형식과 특징

감습용냉각기의 형식	플로우	특징
개방형		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배기가스속에 포함되어 있는 수증기 등이 대기속으로 비산한다.</li> <li>• 백연이 발생한다.</li> <li>• 대기속으로 비산하기 때문에 보습수가 필요하게 된다.</li> </ul>
밀폐형		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배기가스속에 포함되어 있는 수증기 등이 대기속으로 비산하는 일은 없다.</li> <li>• 건설비가 비싸다.</li> <li>• 설치공간이 넓게 된다.</li> </ul>

(3) 이 때의 온도(가열 후의 온도)가 d이다.

(4) 그러나 일반적으로는 여유를 보고 E점까지 가열한다.

(5) 이 상태에서  $t_0=10^{\circ}\text{C}$ , RH=60%의 대기로 배출하면 E-S선 위로 이동하며  $\psi=100\%$ 보다 이하에서 대기온도가 되므로 백연(수적)은 나오지 않는다.

(6) 또한,  $t_0=5^{\circ}\text{C}$ 인 경우에 접선이 아래로 처지므로 D점·E점은 다시 우측으로(고온측) 움직인다.

나) 백연의 발생

백연이 발생하는가 아닌가는 배기가스온도, 배기가스 속의 수분농도, 외기온도와 습도에 의해 발생한다.

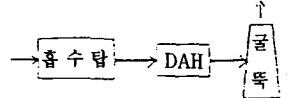
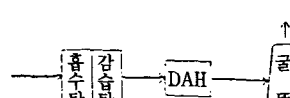
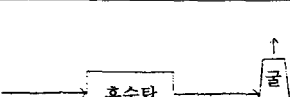
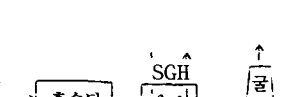
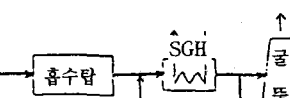
이 그림을 읽는 방법은 예를 들면 배기가스속의 수분농도가 20%이며, 굴뚝 출구의 배기가스의 수분농도가 20%이며, 굴뚝 출구의 배기가스 온도가  $200^{\circ}\text{C}$ 이고, 그 교점(A점)보다 외기온도가  $5^{\circ}\text{C}$  이상이면 백연은 발생하지 않으나 만일 외기온도가  $5^{\circ}\text{C}$  이하로 상대온도가 50% 이상이면 백연은 발생하게 된다. 즉 백연방지 한계접선 이상이면 백연은 발생하지 않는다.

다) 백연방지의 사고방법

그림 31에서와 같이 백연방지를 하기 위해 가스흡수탑 뒤에 감습탑을 설치하고 그 뒤에 증기식 가스가열기로 배기가스를 다시 가열하여 백연을 방지한다는 생각의 기본 플로우이다. 또한, 혼합기는 증기식 가스가열기를 부식에서 막기 위해 배기가스를 예열하는 기능을 갖고 있다.

흡수탑 출구의 배기가스온도 약  $69^{\circ}\text{C}$ 를 약  $40^{\circ}\text{C}$ 의 냉각수로 다시

표 4 각종의 습식세연장치 백연방지방식

백연방지방식	플로우	개요
직접가스 가열방식	A 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배기가스량이 많아진다(중)</li> <li>• 물사용량이 많다(대)</li> <li>• 백연방지효과(중)</li> </ul>
	B 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배기가스량이 많아진다(중)</li> <li>• 물사용량이 많다(대)</li> <li>• 백연방지효과(중)</li> </ul>
바이패스가스 혼합방식	C 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유해가스의 제거효율이 나쁘다.</li> <li>• 배기가스량은 적다(소)</li> <li>• 물사용량이 많다(중)</li> <li>• 백연방지효과(소)</li> </ul>
증기식 가스 가열방식	D 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배기가스량이 많아진다(중)</li> <li>• 증기 사용량이 크다(대)</li> <li>• 물사용량이 많다(대)</li> <li>• 백연방지효과(소)</li> </ul>
배기가스 재순환증기식 가스 가열방식	E 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SGH의 방식상 유효하다.</li> <li>• 배기가스량이 많아진다(중)</li> <li>• 증기사용량이 크다(중)</li> <li>• 물사용량이 많다(대)</li> <li>• 백연방지효과(소)</li> </ul>

백연방지 방식	플로우	개요
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• SGH의 방식상 유효하다.</li> <li>• 배기가스량을 적게할 수 있다(소)</li> <li>• 증기사용량이 많다(중)</li> <li>• 물사용량이 많다(대)</li> <li>• 백연방지효과(중)</li> </ul>
고온공기 혼합방식	직접 혼합 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배기가스량이 많다(대)</li> <li>• 증기사용량이 많다(대)</li> <li>• 굴뚝 출구온도를 높게 취하기 어렵다.</li> <li>• 물사용량이 많다(대)</li> <li>• 백연방지효과(중)</li> </ul>
	가스가열병용 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배기가스량이 많다(대)</li> <li>• 증기사용량이 적다(소)</li> <li>• 물사용량이 적다(소)</li> <li>• 백연방지효과(중)</li> </ul>
	GAH 병용 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배기가스량이 많다(대)</li> <li>• 증기사용량이 적다(소)</li> <li>• 물사용량이 적다(소)</li> <li>• 백연방지효과(중)</li> </ul>
고온공기 혼합 · 증기식 가스가열방식	GAH 병용 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배기가스량이 많다(대)</li> <li>• 물사용량이 적다(소)</li> <li>• 증기사용량이 가장 많다(최대)</li> <li>• 백연방지효과(대)</li> <li>• 유효굴뚝높이가 가장 높게 된다(확실히 효과가 크다)</li> <li>• 시스템이 복잡하게 되어 건설비가 비싸게 된다.</li> </ul>
	고온수식 가열기 병용 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배기가스량이 많다(대)</li> <li>• 물사용량이 적다(소)</li> <li>• 증기사용량이 가장 많다(최대)</li> <li>• 백연방지효과(대)</li> <li>• 유효굴뚝높이가 높게 된다.</li> <li>• 시스템이 복잡하게 되어 건설비가 비싸게 된다.</li> </ul>

(주) 표중의 기호 : DAH : 가스가열식 배기가스용 재가열기, SGH : 증기식 배기가스용 재가열기, SAH : 증기가열식 공기예열기, GAH : 가스가열식 공기예열기, IDF : 유인송풍기

기액 접촉반응을 시켜 약 58°C 정도까지 냉각한다.

이 온도역에서 강온시키면 배기가스속의 물온도가 극단으로 내려가 [수분농도(Vol. %) 29.4%가 17.9%로 감한다.] 배기가스속의 수분농도가 크게 감소하여 백연방지상 대단히 유리하게 된다.

다음에 감습용 냉각기에는 표 3과 같이 두가지의 형식이 있는데 각각 장단이 있으므로 목적에 맞는 것을 선택하는 것이 좋다.

### 2) 백연방지방식

유해가스 제거(HCl, SO<sub>x</sub>)장치가 습식법의 경우 백연방지법의 종류와 그 특징에 대하여 표 4에 표시한다. 그 중에서 4가지에 대하여 백연방지방식에 의한 차에 대한 사례를 검토한 것이 표 5이다.

### 3) 백연방지설비의 설계상의 포인트

가) 백연방지방식은 사용자측의 목적에 적합한 것을 선정할 것

나) 백연이 발생하는 것을 전제 조건으로 하는 경우에도 연도나 굴뚝의 부식을 고려할 필요가 있다.

다) 감습장치의 개방형을 채용하는 경우에는 냉각탑의 위치나 장소 등 충분한 검토가 필요하다.

註 3) 폐기물질에 따라 다르지만 18~25% 정도

## 본연합회 사무실을 이전했습니다!

이미 7월호에서 말씀드린 것처럼 지난 7월 9일자로 저희 사무실을 옮겼사오니 착오없으시길 바랍니다.

주소 : 서울시 구로구 구로5동 40-13 전화 및 팩스 : 종전과 같음