

## 화학필터의 기술적 원리

### Technical principle of chemical filter

김 정 호  
J. H. Kim  
한국캠브리지필터(주)



- 1949년생
- 클린룸, 공조기, 에어필터 및 초저온 공기분리장치 등에 관심을 가지고 있다.

문 용 승  
Y. S. Mun  
한국캠브리지필터(주)



- 1965년생
- 클린룸, 공조기, 에어필터 등에 관심을 가지고 있다.

#### 1. 머리말

종래의 대기오염 물질은 입자상의 분진이 대부분이었으나 최근에는 유해가스의 오염량도 꽤 큰 부분을 차지하고 있다. 또한 원자력 발전소의 방사능과 각종 냄새도 대기오염의 한 부분이 되고 있다. 전시에של품 및 역사유물의 부식, 유해작업장의 환경개선, 특수침단 산업분야의 공기질제어 등의 분야에 있어서도 고효율의 복합기능을 가지는 공기정화기술의 필요성이 날로 증대되고 있다. 특히 LSI의 미세화와 고집적화에 따라, 반도체제조 환경상의 유해가스(산성가스, 유기가스, 금속이온)의 디바이스에 대한 영향 등에 대해 관심이 증대되고 있으며, 그에 대한 대책이 긴요한 실정이다.

이러한 유해가스는 HEPA, ULPA 필터로 완전히 제거되지 않으며 종류와 성상에 따라 제거방법이 달라지기 때문에 오염물질을 정확히 파악

하고 거기에 맞는 화학필터(chemical filter)를 선정하는 것이 바람직하다. 일반적으로 유해가스 제거용 필터는 활성탄이나 실리카겔 혹은 화학반응제층 속에 가스를 통과시켜 가스를 흡착 혹은 산화·중화하는 것으로 효율이 높다. 저농도의 가스를 완전히 제거할 필요가 있을 경우에 유효하며 폭 넓게 사용되고 있다. 유해가스 제거용 필터를 제거원리, 제거목적, 대상공기, 사용법에 의해 분류하면 표 1과 같다.

현재까지 개발된 유해가스 제거방식의 종류로는 종래의 흡착방식을 이용한 활성탄필터(activated carbon filter), 수용성가스 제거를 위한 water scrubber의 습식방식 이외에 산성가스·알칼리성가스·유기가스 제거를 위한 산화·중화·흡착방식의 화학반응필터(purelite chemical filter), 화학흡착 탄소섬유필터(honeycomb chemical filter) 및 고주파 연면방전에 의한 플라즈마 화학처리(surface discharge induced plasma

표 1 가스상 오염물질 제거용 필터의 특징

제거원리		제거목적		대상공기	사용법	
흡착	물리적	고체거울	다성분	도입외기	통기	재생사용
흡수	화학적	저체거울	특정성분	순환공기	확산	폐기
화학반응				배기		

chemical process(SPCP)] 기술, 전기집진기(EP) 등이 있다.

본고에서는 현재 반도체뿐만 아니라 일반 대기 환경에서도 관심이 높아지고 있는 유해가스 및 악취제거용 화학필터에 대하여 기술하고자 한다.

## 2. 화학필터(chemical filter)의 기술적 원리

### 2.1 활성탄필터(activated carbon filter)<sup>(1)</sup>

#### (1) 원리

활성탄필터의 원리는 물리적 흡착과 화학적 흡착으로 분류된다. 물리적 흡착은 관계되는 힘의 분자상호간의 인력, 즉 응축 등에 관계되는 힘(van der Waals력)과 동일한 물리적인 힘에 의하여 이루어지며, 일반적으로 응축이 일어나기 쉬운 물질간에는 흡착이 쉽다.

화학적 흡착은 화학결합에 관계되는 힘을 동반하여 일어나는 것으로서 화학반응과 같은 동일한 특정 흡착제와 피흡착질의 조합에 의하여 일어난다. 화학적 흡착은 활성화 에너지를 필요로 하며 어떤 일정온도 이상에서만 일어난다.

활성탄의 흡착성능에는 평형흡착량 및 파과흡착량의 양자를 포함한다. 평형흡착량은 포화흡착량이라고도 하며, 일정 조건하에서의 최대흡착량인데 대해서, 파과흡착량은 고정층으로 사용하는 경우의 활성탄의 실제적인 성능의 평가기준이고, 시험조건에 따라서 크게 변동하는 값이다. 흡착량의 측정법은 정지된 계내의 확산에 의한 흡착을 측정하는 정적흡착법과 공기 등의 기체를 보내서 피흡착물질을 유동시켜 흡착량을 구하는 동적흡착법이 있다.

평형흡착은 포화흡착이라고도 하며, 단일계의 기체상에서는 정적인 장치에 의해 흡착된 가스의

용적이나 중량을 얻어서 구한다. 활성탄을 채운 "U"자관을 항온으로 유지, 이것에 소정의 가스를 안정조건하에서 유통시켜 흡착중량이 일정하게 된 점을 평형흡착량으로 한다.

파과흡착 시험은 고정층 흡착에 따른 입상활성탄의 실질적인 평가법이다. 이 시험법은 일반산업용 유해가스의 방호에 사용되는 활성탄을 평가하는데 사용되고, 실제 사용조건보다 높은 농도의 가스를 사용하여 소위 가속시험(accelerated test)을 한다. 원자로필터용 활성탄의 파과흡착력 시험에는 크로르피크린[chloropirin, CCl<sub>3</sub>(NO<sub>2</sub>)]외에 사염화탄소, 황화수소, 아황산가스 등도 이용되고 있다.

활성탄필터는 세공특성과 표면특성에 의거 성능의 효과가 좌우된다. 세공특성은 직접 활성탄의 흡착성능에 직결되는 물성인 동시에 흡착제로서 활성탄의 가장 중요한 특성이자, 세공특성은 보통 비표면적, 전 세공용적, 평균세공경, 세공경분포 등의 항목을 포함하여 다음과 같은 여러가지 방법에 따라 구해진다.

활성탄과 같은 다공질입자의 표면적 측정법에는 여러가지의 방법이 고려되고 있으나, BET(Brunauer Emmett Teller)법이 무엇보다도 널리 쓰이고 있다. 이 방법은 다분자층 흡착이론을 기본으로 하여 다음에 표시하는 등온흡착식으로 BET 표면적을 구하는 것이다.

$$P/(V \cdot (P_0 - P)) = 1/(V_m \cdot C) + (C - 1)/(V_m \cdot C) \cdot P/P_0$$

여기서

P : 기체의 평행분압

P<sub>0</sub> : 시험온도에서의 기체의 포화분압

V<sub>m</sub> : 흡착제의 표면을 단분자층으로 싸는데 필요한 가스의 양

V : 시험온도 평형상태에서 흡착된 가스의 양  
 C : 상수  $P/P_0 < 0.35$ 일때 실험으로 측정

전 세공용적은 흡착제 단위중량당의 전 세공용적으로, 전 세공용적의 측정에서 가장 간편한 방법은 액체치환법이며, 그 방법의 개략은 다음과 같다. 시료를 물, 사염화탄소 등의 액체에 침적, 끓인 후 액을 경사분리하고 시료표면을 여지등으로 닦는다. 표면이 건조되었다고 생각되었을 때 시료의 중량을 측정하여 그 중량증가의 전부를 세공내에 들어간 액체에 의한 것이라고 생각하여 이것을 사용 액체밀도로 나누어 세공용적으로 하는 방법이다.

평균 세공경은 비표면적과 전 세공용적이 구해지면 평균 세공경은 다음식으로 구한다.

$$\Gamma = 2V_g/S$$

여기서 T : 평균 세공반경

$V_g$  : 전 세공용적

S : 표면적

이 식은 세공을 원통형으로 가정하고 구한 것으로서 간편하므로 잘 쓰이고 있다. 활성탄에의 흡착은 대부분 micro pore에 의해서 일어나며, transitional 및 macro pore에 의해서는 피흡착제의 확산이 일어난다. 세공분포는 활성탄의 신제품이나 용도의 연구에 있어서 중요한 것이며, 세공분포를 결정하는 방법에는 수은압입법, 모세

관 응축이론을 기본으로 하여 Kelvin식을 이용하는 가스흡착법 등이 있으며, 수은압입법은 30~100,000 Å의 세공분포측정에 이용되고 있으나 micro pore 영역의 측정에는 대단한 고압을 필요로 하므로 보통 100 Å 이상의 비교적 큰 세공의 분포측정에 적용된다. 이것에 비해서 가스흡착법은 300 Å 이하의 것에 쓰이고 있는데, 전 세공분포의 측정에는 이 두가지 측정법의 조합에 의해서 측정하는 것이 바람직하다.

### (2) 종 류

활성탄필터의 종류는 대기중의 유해가스( $NO_x$ ,  $SO_x$ , CO 등)를 제거하는 것과 원자력산업 및 R. I 시설에서 발생하는 방사성옥소 및 방사성 가스를 제거하는 것과 각종 악취를 제거하는 것으로 분류된다.

대기중의 유해가스( $NO_x$ ,  $SO_x$ , CO 등)를 제거하는 것은 코코넛셸을 활성화(activated coconut shell charcoal)시킨 것으로 내구력이 좋고 경도에 의한 분화에 대하여 저항력이 대단히 강한 활성탄이다. 흡착능력지수가 대단히 높아 활성탄중량의 약 20~50%의 흡착이 가능하다. 즉 1kg의 활성탄을 사용하면 200~500g의 유해가스를 흡착한다.

원자력산업 및 R. I 시설에 사용하는 활성탄은 첨착활성탄을 사용한다. 첨착제는  $KI_3(KI+I_2)$ 를 사용하며 흡착효율은  $I_2$ 의 경우 130°C, 상대습도 95%에서 99.9% 이상이다.  $CH_4$ 의 경우

표 2 연구실 및 실험실에서의 Odor 필터 효과

가스명 \ 항목	입 구		출 구		제거율 (%)
	가스농도 (ppm)	냄새강도	가스농도 (ppm)	냄새강도	
유화수소	0.28	3.5	0.0025	<1	99.1
암모니아	1.09	3.0	0.012	<1	98.9
메틸메틸캅탄	0.021	4.0	0.00051	<1	97.6
트리메틸아민	0.038	4.0	0.0008	<1	97.9
유화메틸	0.073	4.5	0.0011	<1	98.5
이유화메틸	0.088	4.5	0.0021	<1	97.6
디메틸아민	1.71	4.5	0.029	<1	98.3
락산	0.022	3.5	0.00068	<1	96.9

130°C, 상대습도 95%에서 98% 이상이다. 각종 악취를 제거하는 활성탄필터는 동물사육실, 동물실험실, 병원, 식당, 박물관 및 양로원 등에 사용된다. Odor 필터의 효과는 다음 표 2와 같다.

2.2 화학반응필터(purelite chemical filter)<sup>(2)</sup>

(1) 원 리

유해가스 및 악취에 의한 공해는, 그 대부분이 다수의 물질에 의한 복합작용이라는 것은 잘 알려져 있다. 종래의 물리적 흡착에 의한 활성탄으로는 ppm레벨에서 적용가능한 경우도 있었지만, ppb레벨이 되면 흡착율이 떨어지며 수명도 짧아지고 또한 탈착에 의한 역효과의 염려가 있어서 사용상에 상당한 주의가 요구되었다. 화학반응필터(purelite chemical filter)의 원리는 반응제 내부에 존재하는 KMnO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 등의 화학물질에 의거 흡착된 기체분자를 산화, 환원, 중화반응시켜 ppb 레벨의 가스처리에 있어서 효율이 높다. 기체분자의 정화요소는 그림 1과 같다.

화학반응제의 특징은 다음과 같다.

- a) 다양한 종류의 약제 grade가 있으며 각각 관련물질에 대하여 반응된다. 각각 약제를 잘 혼합하므로써 여러가지 물질과 반응하여 공기의 정화가 가능하다.
- b) 사용가능 온도 범위는 -30~150°C, 습도는 5~95%RH로 그 한계가 크고 다양하게 이용되어지고 있다. 조건에 따라 제거하는 효율이 그렇게 많이 변화되지는 않는다.

- c) 농도범위가 넓고 희박한 농도의 물질에 대하여는 정화효율이 크게 증가한다.
  - d) 물리흡착이 주가 아니고 한번 흡착된 물질은 재방출이 되지않는다.
  - e) 건식약제를 사용할 경우 그속에 트레이를 사용하므로써 취급이 용이하다.
- 화학반응제의 반응식은 다음과 같다.  
화학반응제의 처리능력 SV(space velocity[공간속도])는 다음 식과 같다.

$$SV(h^{-1}) = Q(m^3/h) / V(m^3)$$

여기에서 SV는 건식으로 처리하는 경우의 기본적인 수치임.  
Q는 1시간당 약제층을 통과하는 풍량을 표시 접촉시간의 역수를 의미함.

$\Delta t(sec) = 3,600 / SV$  따라서 SV는 약제의 처리능력을 의미함.

수명계산

$$T = \frac{W \times R \times 10^3}{Q \times C \times 60}$$

- 여기서  
 T = 수명(hr)  
 W = 화학필터중량(kg)  
 R = 계수(-)(0.8~1.0)  
 Q = 풍량(m<sup>3</sup>/min)  
 C = 화학필터 소비량(g/m<sup>3</sup>)  
 여기에서  $C = \frac{GH_2S}{VH_2S} + \frac{GNO_x}{VNO_x} + \dots\dots\dots$

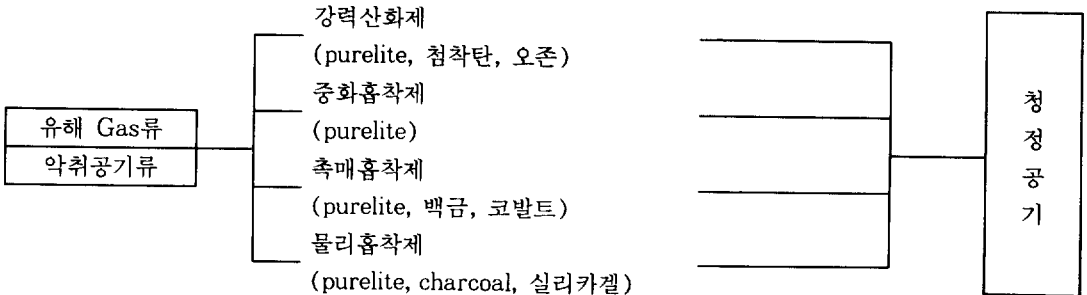


그림 1 기체분자의 정화 요소

표 3 화학필터의 유해가스와의 화학적반응

분 류	명 칭	분 자 식	Purelite와 약취·유해가스의 반응
유해가스	일산화질소	NO	$NO + KMnO_4 \rightarrow KNO_3 + MnO_2$
	이산화질소	NO <sub>2</sub>	$3NO_2 + KMnO_4 + H_2O \rightarrow KNO_3 + 2HNO_3 + MnO_2$
	이산화황	SO <sub>2</sub>	$3SO_2 + 2KMnO_4 + 2H_2O \rightarrow K_2SO_4 + 2H_2SO_4 + 2MnO_2$
암모니아 (아민) 계 가스	암모니아	NH <sub>3</sub>	$3NH_3 + H_3PO_4 \rightarrow (NH_4)_3PO_4$
	트리메칠아민	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N	$(CH_3)_3N + 2KMnO_4 \rightarrow (CH_3)_2NK + 2MnO_2 + H_2O + KOH + CO$
	트리에칠아민	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> N	$(C_2H_5)_3N + 4KMnO_4 \rightarrow (C_2H_5)_2NK + 4MnO_2 + H_2O + 3KOH + 2CO_2$
약취가스	유화유소	H <sub>2</sub> S	$3H_2S + 8KMnO_4 \rightarrow 3K_2SO_4 + 8MnO_2 + 2H_2O + 2KOH$
	메칠멜캄탄	CH <sub>3</sub> SH	$CH_3SH + 2KMnO_4 \rightarrow CH_3SO_3K + 2MnO_2 + KOH$
	유화메칠	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	$3(CH_3)_2S + 4KMnO_4 + 2H_2O \rightarrow 3(CH_3)_2SO_2 + 4MnO_2 + 4KOH$
	유화시메칠	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	$3(CH_3)_2S_2 + 10KMnO_4 + 2H_2O \rightarrow 6CH_3SO_3K + 10MnO_2 + 4KOH$
	포름알데히드	HCHO	$3HCHO + 2KMnO_4 + KOH \rightarrow 3HCOOK + 2KMnO_2 + 2H_2O$
	아세트알데히드	CH <sub>3</sub> CHO	$3CH_3CHO + 2KMnO_4 + KOH \rightarrow 3CH_3COOK + 2KMnO_2 + 2H_2O$
	아쿠로레인	CH <sub>2</sub> CHCHO	$3CH_2CHCHO + 4KMnO_4 + 2H_2O \rightarrow 3CH_3C(OH)_2COOK + 4MnO_2 + KOH$
	에칸올	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	$3C_2H_5OH + 4KMnO_4 \rightarrow 3CH_3COOK + 4MnO_2 + KOH + 4H_2O$
페놀	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	$C_6H_5OH + 2KMnO_4 \rightarrow KOOCCHCHCHCOOK + 2MnO_2$	
기타	스칠렌	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CHCH <sub>2</sub>	$3C_6H_5CHCH_2 + 4KMnO_4 \rightarrow 3C_6H_5CH_2COOK + 4MnO_2 + H_2O + KOH$
	초산	CH <sub>3</sub> COOH	$CH_3COOH + KOH \rightarrow CH_3COOK + H_2O$

표 4 화학필터의 정화공기량

(가스농도 1ppm)

가 스	공기량(m <sup>3</sup> )	가 스	공기량(m <sup>3</sup> )	가 스	공기량(m <sup>3</sup> )
암모니아	166.7	아세트알데히드	43.5	트리메칠아민	14.3
이산화질소	88.3	에탄올	21.3	스칠렌	10.6
아황산가스	43.5	유화메칠	21.3	유화수소	42.4
일산화질소	28.6	메칠멜캄탄	14.3	이유화메칠	8.0

단, GH<sub>2</sub>S, GNO<sub>x</sub> : 각 물질의 가스농도 (ppm)

VH<sub>2</sub>S, VNO<sub>x</sub> : 각 물질에 대한 필터의 정화공기량(m<sup>3</sup>/g)

R = 정화대상 물질·농도·효율·수명 등의 설계조건에 의한 계수

화학필터의 정화공기량

화학필터로 정화가 가능한 공기량은 표 4와 같다.

유해가스의 회석풍량은 다음식에서 구할 수 있다.

$$Q = \frac{100 \times V}{P_2 - P_1}$$

여기서

Q = 외기도입량(m<sup>3</sup>/h)

V = 실내공기중에 혼합된 유해가스량(m<sup>3</sup>/h)

P<sub>2</sub> = 실내공기의 허용유해가스농도 (%)

P<sub>1</sub> = 급기공기중에 함유된 유해가스농도 (%)

화학반응제의 약취 및 유해물질 제거율은 다음 표 5와 같다.

(2) 종 류

화학반응제의 종류는 다음 표 6과 같다.

표 5 화학반응제의 약취 및 유해물질 제거율

약취 유해물질	공간속도(SV) (1/h)	입구농도 (ppm)	출구농도 (ppm)	제거율 (%)
SO <sub>x</sub>	10,000	10.0	0.03	99.7
		0.1	0.004	96.0
	15,000	10.0	0.04	99.6
		0.1	0.005	95.0
NO <sub>x</sub>	10,000	10.0	0.10	99.0
		0.1	0.007	93.0
	15,000	10.0	0.10	99.0
		0.1	0.008	91.8
NH <sub>3</sub>	10,000	50.0	2.55	94.9
		0.5	0.058	88.4
	15,000	50.0	2.60	94.8
		0.5	0.0063	87.4
H <sub>2</sub> S	10,000	10.0	0.01	99.9
		0.1	0.006	94.0
	15,000	10.0	0.02	99.8
		0.1	0.007	92.0
CH <sub>3</sub> SH (메틸메르캅탄)	10,000	10.0	0.01	99.9
		0.1	0.008	92.0
	15,000	10.0	0.02	99.8
		0.1	0.009	91.0
CH <sub>3</sub> CHO (아세트알데히드)	10,000	10.0	0.01	99.9
		0.1	0.007	93.0
(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N (트리메틸아민)	10,000	10.1	0.52	94.8
		0.1	0.013	87.0
CH <sub>3</sub> SCH <sub>3</sub> (유화메틸)	10,000	10.1	0.2	98.0
		0.1	0.01	90.0
CH <sub>3</sub> SSCH <sub>3</sub> (이유화메틸)	10,000	10.1	0.2	98.0
		0.1	0.011	89.0

또한 화학반응필터는 설치방법에 따라 타워식과 필터유닛 식으로 구분된다.

2.3 화학첨착 탄소섬유필터  
(honeycomb chemical filter)<sup>(3)</sup>

(1) 원 리

화학첨착 탄소섬유필터는 가스흡착 등에 사용하는 활성탄섬유에 제거 대상가스를 정하여 화학

물질을 침착시켜 물리흡착과 동시에 화학흡착을 이용하여 미량 유해가스를 고효율로 제거하는 필터이다.

활성탄섬유의 원면에 약제를 침착하는 방법은 다음과 같다.

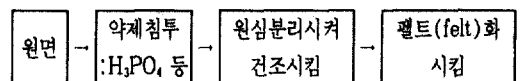
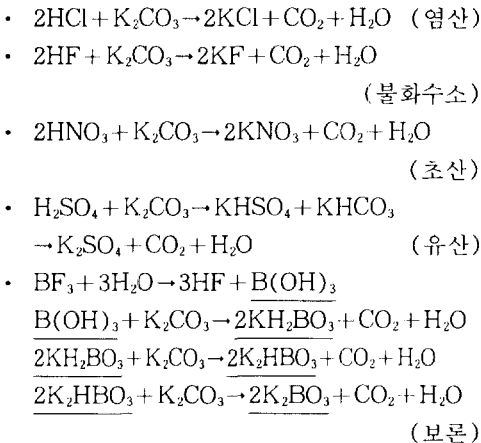


표 6 화학반응제의 종류

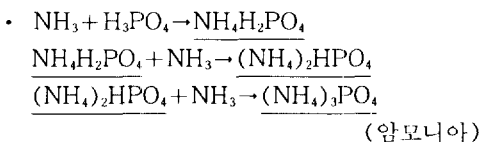
분류	화 학 반 응 제			
종류	A	E	F	O
대 상 G A S	염산	유화수소	가성소다	오존
	유산	아유산가스	암모니아	염소
	초산	(유황계의 화합물)	아민	과산화수소
	불산	(유황계의 화합물)	(알카리성가스)	(산화성화합물)
	인산	암모니아	(알카리성가스)	(산화성화합물)
	초산	아민(질소계 화합물), 에치렌, 케톤(기타복합취기), (알로신남산), (반도체 가스)		(유기용제)
사 용 에	실험연구실	외기처리	알카리대책	하수처리장
	반도체공장	(미술관, 박물관)	(미술관, 박물관)	유제품공장
	미술관	(미술관, 박물관)	(미술관, 박물관)	실내폴장
	박물관 (收藏庫)	(반도체공장), (정밀기계공장), 배기처리(동물사, 병원, 면직소각장), (도장공장)	노취(尿臭) (동물사육장), (병원), 커피 room	

화학첨착물질과 각종 가스의 화학반응식은 다음과 같다.

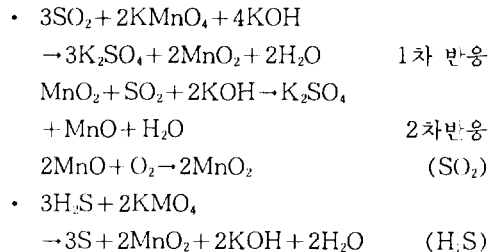
산계 가스의 반응(탄소칼륨에 의하여 중화반응됨)



알카리계 가스의 반응(인산에 의하여 중화반응됨)



유황계 가스의 반응(과망간산칼륨에 의하여 산화분해됨)



알카리계 가스용 필터의 수명은 가스 샘플링 장치를 이용하여 측정한다. 이 장치로서 실험하여 하루치의 암모니아 농도가 1.0ppb에 도달하기까지의 소요시간을 수명이라고 한다. 시험조건 및 측정치는 다음 표 7과 같다.

- 시험조건  
입구농도 : 20~30ppb,  
면 풍 속 : 0.5m/sec,  
경과시간 : 약 3,200hr

이 필터의 수명 측정방법은 중량노동에 의한 수명계산법과 체적농도에 의한 수명계산법이 있다. 화학첨착 탄소섬유필터(honeycomb chemical filter)의 변풍속과 제거효율은 다음 표 8과

같다.

• 필터의 크기 :

높이 폭 깊이

100 × 100 × 100 (mm)

(통풍되는 유효크기)

(80) × (80) × (100)(mm)

(2) 종 류

이 필터의 종류는 제거 대상가스의 종류와 농도에 의해 구분된다. 다음 표 9에서 그 종류를 나타내고 있다.

(3) 성 능

2.4 고주파 연면방전에 의한 플라즈마 화학처리(SPCP) 기술<sup>(4)</sup>

고주파 연면방전에 의한 플라즈마 화학처리(SPCP) 기술을 이용하여 유해가스(산성가스, 유해가스, 중금속증기, 악취 등)를 고효율 복합적으로 분해·제거하는 전식방법의 기술은 종래의 습식방식과 화학필터가 안고 있는 여러 문제점을 개선시켰으며, 특히 고효율의 성능과 함께 운전비·유지관리상에 있어서 아주 유리하다.

(1) 원 리

고순도 알루미늄아산화세라믹(92%)의 절연층상에 매우 얇게 설치한 텅스텐의 선형태의 방전극과 평면형태의 유도전극 사이에 주파수 8~12kHz, 교류전압 4~6kV peak를 인가시켜서 선상방전극에서부터 절연층의 표면에 이르는 다

표 7 알카리계 가스용 필터의 수명시험 결과

경과시간	원(元)가스 NH <sub>3</sub> 의 농도 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	화학필터 통과후 NH <sub>3</sub> 의 농도 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
1 Day / 22Hr	19.62	0.21
4 Day / 22Hr	19.11	0.34
8 Day / 22Hr	14.67	0.36
13 Day / 22Hr	29.84	0.52
14 Day / 22Hr	25.74	0.46
15 Day / 22Hr	28.47	0.68
18 Day / 22Hr	30.86	0.64
22 Day / 22Hr	29.38	0.59
25 Day / 22Hr	28.49	0.74
28 Day / 22Hr	34.69	1.08
33 Day / 22Hr	29.16	1.03
42 Day / 22Hr	27.29	0.38
48 Day / 22Hr	28.28	0.55
59 Day / 22Hr	37.22	0.94
67 Day / 22Hr	23.78	0.60
75 Day / 22Hr	18.80	0.58
82 Day / 22Hr	25.70	1.06
89 Day / 22Hr	25.41	0.71
103 Day / 22Hr	26.23	1.14
107 Day / 22Hr	33.15	1.11
115 Day / 22Hr	29.27	1.43
124 Day / 22Hr	27.47	5.49
135 Day / 22Hr	29.70	6.37



표 8 화학첨착 탄소섬유필터(honeycomb chemical filter)의 면풍속과 제거효율 결과

면풍속	원(元)가스 NH <sub>3</sub> 의 농도	화학필터 통과후의 NH <sub>3</sub> 의 농도	제거효율
0.3m/sec	186.63ppb	0.34ppb	99.81%
0.4m/sec	163.21ppb	0.38ppb	99.76%
0.5m/sec	127.13ppb	0.16ppb	99.87%
0.6m/sec	130.49ppb	0.18ppb	99.86%

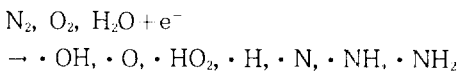
표 9 화학첨착 탄소섬유필터(honeycomb chemical filter)의 종류

필터종류기호	대상가스	실 레	입구농도	출구농도	반도체 제조공정
N	알칼리계가스	NH <sub>3</sub>	10~30 (ppb)	1.0ppb 이하	감광액도포
H	산계가스	HF			에칭
S	S계화합물	H <sub>2</sub> S, SO <sub>x</sub>			대기(大氣)
O	유기계가스	유기용제			세정·건조

표 10 honeycomb type의 화학필터 성능

gaseous acid	out air	clean room	clean room with chemical filter
HF	0.2~2	0.2~5	<0.06
HCl	0.2~1	0.06~2	<0.02
SO <sub>2</sub>	0.6~3	0.02~5	<0.03

수의 스트리머(streamer)상의 교류방전을 발생시켜 비평형 플라즈마를 형성시킨다. 이때 질량이 작은 전자는 가속되어서 전계로부터 에너지를 얻어 온도가 상승하지만, 질량이 큰 이온과 분자는 가속되지 않아 온도가 낮은 상태로 있다.(이와 같은 플라즈마를 비평형 플라즈마 또는 저온 플라즈마라 한다.) 온도가 높은 전자가 분자와 충돌하면, 질량이 상대적으로 작기 때문에 에너지보존법칙과 운동량보존법칙에 따라 전자에너지의 대부분은 가스분자의 내부에너지 즉, 궤도 전자의 에너지 레벨을 변화시키는데 이용된다. 이때 해리·여기·전리 등의 프로세스를 통해서 화학적으로 활성을 가지는 다량의 자유기(active free radical)를 상온·상압에서 다음과 같이 생성시킨다.

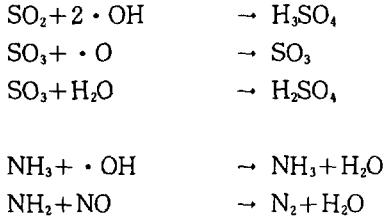


이와 같은 자유기의 작용에 의해

- ① NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>의 산화(산화생성물은 암모니아 첨가에 의해 고체미립자로 전환시켜 처리함.)
- ② 중금속증기(수은, 카드뮴, 비소 등)의 고체산화물 전환
- ③ 각종 유기가스 및 착취의 분해·제거 등의 처리에 효율적이며 경제적으로 가능하게 된다.

NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>의 산화반응식은 다음과 같다.





(2) 적용 예

처리용량 250CMH의 package type의 SPCP 시스템을 이용하여 클린룸내에서 관리 대상이 되는 이온성분들에 대해 impinger방식(D. I Water 용해방식)에 의해 클린룸 배기가스의 처리 전·후의 농도를 나타낸다. 결과에서 알수 있듯이, 여러 이온성분에 대해 동시 분해·제거가 고효율로 가능하다는 것을 보여주고 있다. Na, K, Cl이온에 대해서는 NaCl, KCl의 염류파티클이 필터링되지 않고 D. I. Water에 직접 용해되기 때문에 실제보다 분해 제거율이 낮게 평가되는 것이다.

2.5 이온교환 부직포 chemical filter<sup>(4)</sup>

(1) 원 리

이온교환체는 부직포에 방사선 그라프트중합과 관능기 도입공정을 거쳐서 제조되며 cation 교환체와 anion교환체의 제조가 가능하다. 이와

같이 새로운 이온교환체는 그 특징적인 제조법에 의해 불순물 함량이 매우 낮으며, 이온교환기를 이용한 흡착기구를 이용하기 때문에 흡착성분의 재비산이 매우 적다. 그리고 이온교환체는 이온교환기의 밀도가 높고 비표면적이 크기 때문에 반응속도가 빠르다. 그 때문에 저농도에서도 유해가스 제거능력이 우수하다. 종래 저농도에서 제거가 곤란했던 암모니아를 시작으로 해서 불산, 염산 등의 산성가스를 항시 90%이상의 고효율로 제거해서 청정공기를 공급할 수 있다. 부직포타입의 필터는 가벼우며, 압력손실도 낮아 기존의 클린룸 등에 용이하게 설치할 수 있다. FFU 등에서 적용도 용이하다. 표 12에 필터의 종류를 나타낸다.

(2) 이온교환 반응메카니즘

- ①  $R_1-H + NH_3 \rightarrow R_1-NH_4$
- ②  $R_2 + HF \rightarrow R_2 \cdot HF$
- ③  $R_3-OH + HCl \rightarrow R_3-Cl + H_2O$
- ④  $R_1-H \text{ and } R_3-OH + NaCl \rightarrow R_1-Na \text{ and } R_3-Cl + H_2O$

여기서

- $R_1$ : strong acid cation exchanger
- $R_2$ : weak base anion exchanger
- $R_3$ : strong base anion exchanger

표 11 SPCP에 의한 반도체 클린룸의 열배기의 유해가스 분해·제거율

분류 \ ION	Li	Na	NH <sub>4</sub>	K	Cl	NO <sub>2</sub>	Br	NO <sub>3</sub>	HPO <sub>4</sub>	SO <sub>4</sub>
	처리전	0.18	33.94	565.90	11.73	415.5	33.4	1.3	23.2	85.5
처리후	<0.05	18.66	1.3	9.4	42.5	1.5	<0.1	3.4	<0.1	21.4

표 12 이온교환 부직포 화학필터의 종류

종 류	이온교환기	제거대상가스
강산성 cation 포	설펀기	NH <sub>3</sub> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , etc
약산성 cation 포	카르보닐기	NH <sub>3</sub> , Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , etc
강염기성 anion 포	4급 암모니아	HCl, HNO <sub>3</sub> , SO <sub>x</sub> , HF etc
약염기성 anion 포	3급 아미노기	HCl, HNO <sub>3</sub> , SO <sub>x</sub> , HF etc

## 3. 맺음말

지금까지 유해가스에 대한 제거기술로서 활성탄, 화학반응필터, 활성탄소섬유필터, 이온교환부직포, 저온프라즈마 화학처리 기술 등에 대하여 소개하였다. 이러한 기술들은 성능과 경제성 면에서 우수하여 향후 여러분야에의 활용이 기대되고 있다. 활용분야로서 빌딩공조, 유해가스 작업장의 환경개선, 가정·업소용 공기정화기, 탈취기, 의료시설·식품공장의 살균, 전시물·역사유물의 안전한 보존, 반도체 공장 등의 첨단산업에서의 공기질제어 등을 들 수 있다. 제어해야 할 유해가 스종이 다양하게 존재하는 만큼 각 가스에 대한 제거기술력 확보가 필요하며 이를 근거로 한 흡·탈착, 화학반응에 대한 이론을 확보하여 고효율을 얻을 수 있는 각종 화학반응제의 국산화가 요구된다.

## 참 고 문 헌

1. Air Filter(II), 한국캠브리지필터(주) & KONDOH Co. Ltd. Purelite & Charcoal (탈취와 공기정화), pp. 4~50.
2. Filtration Principles and Practices : part I MARCEL DEKKER. INC. NEW YORK and Basel. 1) Gas Filtration Theory, pp. 1~149. 2) Industrial Gas Filtration, pp. 309~356. 3) Filtration in the Chemical Process Industry, pp. 362~472.
3. 화학첨착 탄소섬유필터 Manual : 한국캠브리지필터(주) & KONDOH Co. Ltd.; pp. 1~14.
4. 김광영, 1993 "유해가스 제거장치", 공기조화 냉동공학, Vol. 22, No. 6, pp. 398~410.