

# 악취저감기술

(주)엔비시스템  
탁현기

## 1. VOC와 악취

우리 나라에서는 VOC(휘발성 유기화합물질)와 악취라는 말을 구분하지 않고 사용하고 있다. 물론 VOC에서도 냄새가 나니까 악취의 일종으로 취급할 수 있겠지만, 휘발성 유기화합물질은 대기중 질소산화물과의 광화학반응에 의해 지표층 오존 생성 및 스모그의 원인이 되기 때문에 전세계적으로 별도의 규제를 받는다는 점에서 일반적인 냄새개념의 악취와 구분될 수 있다 하겠다.

우선 휘발성유기화합물은 주 발생원이 공장의 각종 프로세스, 도장시설 또는 저장탱크 들이며 벤젠, 톨루엔, 자일렌, MEK, MIBK등등 솔벤트계 화학물질들이 대부분으로서 배출농도도 전반적으로 높아 기기분석이 용이하다.

우리 나라에서도 여천공단과 울산·온산·미포공단에는 휘발성유기화합물에 대한 규제가 발효중이어서 규제지역내의 모든 VOC 배출시설들은 조만간 법에서 요구하는 처리효율을 갖는 방지시설을 설치하여 대기중으로의 VOC 방출을 저감시켜야한다.

이와는 달리 하수처리장 등에서 방출되어 민원을 야기시키는 악취는 휘발성유기화합물도 얼마간 섞여있지만 주로 암모니아, 황화수소, 메캅탄 등의 여러 가지 냄새를 유발하는 저농도 복합성분들이다(표1 참조). 뒤에 다시 설명하겠지만 이들 시설에서 배출되는 냄새들은 최소 20여 종류 이상의 휘기물질들이 섞여있고 그 농도 또한 매우 낮아 기기 분석법에 의한 농도 측정이 불가능하다.

또한 휘발성유기물질의 경우에는 배출구가 프로세스 배기연돌이나 저장탱크에 부착된 안전 밸브등으로 비교적 좁고 한정되어있어(Point Source) 포집이 용이하나, 악취배출시설들은 하수유입조, 오니처리장등 배출원 자체가 면적이나 공간이 넓고(Area Source) 다양하여 포집이 용이하지 않고 처리가스양도 매우 많은 차이가 있다.

일반적으로 우리 나라 여천, 울산, 반월·시화 등 공단주위에서 발생하는 민원들은 주원인이 VOC인 반면 폐·하수처리장, 도축장, 퇴비화시설, 쓰레기매립장등에서 발생되는 저농도 휘기성분들 복합체는 기기분석에 의해 각 성분들을 규명할 수 없기 때문에 통틀어 악취라 불러 처리한다.

## 2. 냄새에 대한 일반적 고찰

냄새란 후각기관의 자극을 통해 감지되는 느낌으로서, 그 강약의 정도는 휘기성분 분자의 물리적 또 화학적 특성에 따라 정해진다. 냄새로 느껴지기 위해서는 우선 그 휘기성분이 기화되어야 하기 때문에 휘발성이 강한 물질일수록 기화되는 분자의 수가 많아져

냄새로 느껴질 확률이 높다.

또 한가지 사실은 냄새란 그 자체가 아주 애매모호하기 때문에 그 강약의 정도를 숫자화 하기가 매우 힘들다. 어느 특정인에 감지되는 냄새가 다른 사람에게는 전혀 감지되지 않을 수도 있기 때문에 법으로 냄새를 규제한다는 것도 매우 힘든 일이다. 외국의 경우를 보더라도 악취에 대한 규제는 Nuisance(민원) Law 개념으로, 한 악취발생원에 대해 연속적인 민원이 발생해야만 당국에서 악취 방지시설을 설치하도록 강요할 수 있지 민원이 발생하지않는 한은 아무런 법적 규제 대상이 되지 않는다.

(표 1)에서 보면 많은 악취성분들이 1 ppb(0.001 ppm)이하의 농도에서도 인간의 후각기관에 감지되는 것을 볼 수 있다. 즉 Thiophenol의 경우 농도가 0.0062 ppb 이상이면 주위 사람들은 냄새를 감지할 수 있어도, 만일 분석기기가 예민하지 못해 0.01 ppb 이하를 측정할 수 없다면 농도는 0으로 표시되고, 농도에 의해 악취의 유무를 결정하는 상황이라면 무취로 기록될 것이다. 따라서 악취를 분석기계 측정치에 의한 농도로 규제한다는 것은 문제점만 제기할 뿐 현실적이되지 못한다.

그러므로 악취측정은 복합적인 악취성분들을 분석기기에 의존하지 않고 가장 예민한 인간의 후각기관에 의해 판단하는 관능법에 의지할 수 밖에 없다. 그러나 현재 우리나라에서 행해지는 관능법, 즉 희석된 악취가스 샘플에 대해 냄새가 난다 안난다만을 조사하는 방법, 만으로는 악취측정인단(Odor Panel) 개개인의 신체조건과 고집에 너무 좌우되기 때문에 공정성있는 객관적 데이터가 될 수 없다. 따라서 구미 유럽에서는 오래전부터 이 측정인단들의 개인적인 주관을 배제하고 객관적인 데이터를 얻을 수 있는 Olfactometer를 이용하는 악취측정방법을 개발하여 전 세계적으로 널리 이용되고 있다.

Olfactometer는 취기가 높다 낮다를 측정하는 것이 아니고, 취기가스를 몇 배로 희석시켰을 때 냄새가 겨우 감지된다는 희석배율을 측정하는 장치로서, 냄새 측정구가 둘 또는 셋이 있어, 이중 한 측정구에만 희석된 취기 가스를 내 보내고 다른 측정구들로는 청정 공기를 내보내 측정인단들로 하여금 어느 측정구가 냄새나는 측정구인지를 선택하게 하는 방법이다.

측정인들은 한 측정구에서 냄새가 난다 안난다를 결정하는 것이 아니라 취기성분이 들어 있는 측정구가 A, B 또는 A, B, C 중 어떤 것인지를 기권 없이 반드시 선택해야되고, 아울러 그 결정에 대한 확신도 즉 확실하다 아니면 추측이다라는 의견도 제시하도록 되어있기 때문에, 6-8명의 측정인단들로부터 얻은 데이터를 분석하면 측정인단 중 한두 명의 거짓말을 한다 하더라도 누가 거짓말을 하는지 알아낼 수 있고 주어진 샘플에 대한 객관적이고 일관성 있는 데이터를 얻을 수 있다.

일반적으로 어느 악취에 대한 거부감 정도를 결정하는 요인으로는 악취 감지도(Detectability), 취기강도(Intensity), 쾌·불쾌성(Hedonic tone), 및 악취성상(Character of Odor)이 있다. 그러나 어떤 종류의 냄새가 난다던가, 냄새가 나쁘다 좋다는 등의 데이터는 하나의 샘플에만 국한된 것이지, 그 샘플과 다른 많은 샘플들과의 상관관계를 표시한다거나 악취방지시설의 입구 및 출구에서 취기농도를 측정하여 처리효율을 계산한다던가 할 때는 숫자로 표시할 수 있는 무엇이 필요하게 된다.

위에 열거한 네 가지 요인 중 악취 감지도와 취기강도 두 가지는 숫자화 할 수 있기 때문에, 이들로부터 얻은 데이터를 사용하여 수학적 악취분산모델링이나, 악취 저감 계획 또 악취 방지시설의 처리효율 계산 등이 가능하게 되었다.

표1. 악취성분의 특성

성분명	분자식	냄새 특성	냄새감지 농도 (ppm)	악취성분 인식농도 (ppm)	분자 량	비점 (°C)	휘발도 (ppm)@ 25°C
Acetaldehyde	CH <sub>3</sub> CHO	자극성 과일류	0.004	0.21	44	20.2	Gas
Allyl Mercaptan	CH <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> SH	강한 마늘, 커피	0.00005	-	74	67	
Ammonia	NH <sub>3</sub>	암모니아, 자극성	0.037	46.8	17	-33	Gas
Amyl Mercaptan	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> SH	불쾌한, 부패성	0.0003	-	104	126	
Benzyl Mercaptan	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> SH	아주 불쾌한	0.00019	-	124	194	
n-Butylamine	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	암모니아성, 신	0.08	0.24	73	78	93000
Cadaverine	H <sub>2</sub> N(CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	부패성, 썩은 육류	-	-	102	178	
Chlorine	Cl <sub>2</sub>	자극성, 질식케하는	0.01	0.314	71	-34	Gas
Chlorophenol	Cl C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> O	의약품, 페놀류	0.0018	-	129	214	
Crotyl Mercaptan	CH <sub>3</sub> CHCHCH <sub>2</sub> SH	스컹크 냄새류	0.000029	-	90	98	
Dibutylamine	(C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ) <sub>2</sub> NH	생선	0.016	-	129	159	8000
Diisopropylamine	(C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> ) <sub>2</sub> NH	생선	0.0035	0.085	101	84	
Dimethylamine	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NH	썩은 생선	0.047	0.047	45	7	Gas
Dimethyl Sulfide	(CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> S	상한 채소류	0.001	0.001	62	37	830000
Dipheny Sulfide	(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>2</sub> S	불쾌한	0.000048	0.0021	186	296	100
Ethylamine	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> · NH	암모니아	0.83	0.83	45	17	Gas
Ethyl Mercaptan	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> · SH	상한 배추	0.00019	0.001	62	23	710000
Hydrogen Sulfide	H <sub>2</sub> S	썩은 계란	0.00047	0.0047	34	-62	Gas
Indole	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> NH	구역질나는, 대변	-	-	117	254	360
Methylamine	CH <sub>3</sub> NH <sub>2</sub>	썩은 생선	0.021	0.021	31	-7	Gas
Methyl Mercaptan	CH <sub>3</sub> SH	상한 배추	0.0011	0.0021	48	8	Gas
Ozone	O <sub>3</sub>	2ppm 이상시 자극 성	0.001	-	48	111	Gas
Pheny Mercaptan	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> SH		0.0003	0.0015	110		2000
Propyl Mercaptan	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> SH	부패성, 마늘	0.000075	-	76	67	220000
Putrescine	NH <sub>2</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> NH <sub>2</sub>	불쾌한		-	88	158	
Pyridine	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	부패성, 구역질나는	0.0037	-	79	116	27000
Skatole	C <sub>9</sub> H <sub>9</sub> N	자극성	0.0012	0.047	131	266	200
Sulfur Dioxide	SO <sub>2</sub>	구역질나는, 대변 자극성	0.009	-	64	-10	Gas
t-Butyl Mercaptan	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> CSH		0.00008	-	90	65	
Thiocresol	CH <sub>3</sub> C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> SH	불쾌한, 스킨크	0.0001	-	124	195	
Thiophenol	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> SH	썩은, 스킨크	0.000062	0.28	110	170	
Triethylamine	(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> N	부패성, 마늘	0.08	-	101	89	
Trimethylamine	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> N	암모니아성, 생선 자극성, 생선	0.0004	-	59		Gas

냄새의 감지도(Detectability)는 냄새를 인식할 수 있는 능력으로서 그 단위를 표시할 때, D/T, ED<sub>50</sub>, 또는 “odor unit”이 쓰여지는데, 이는 취기가스를 희석시켜 냄새 측정인단 (Odor Panel) 전원이 Olfactometer를 통해 맡아본 후 측정인단의 50% 정도는 냄새 나는 측정구를 알아 맞추고 나머지 50%는 못 알아 맞추는 희석배율을 의미한다. 이와 같이 얻어진 D/T 또는 odor unit가 취기농도에 해당한다.

취기농도는 주로 ASTM E-679에 따라 Dynamic Forced Choice Olfactometry에 의해 구해진다. 취기농도외에 또 한가지 중요한 척도로서 냄새의 강도(Intensity)가 있는데 이는 부타놀 스케일로 표시한다.

샘플병에 각기 다른 농도의 부타놀 수용액을 만든 후 15 ppm 용액을 스케일 #1, 30 ppm 용액을 스케일 #2, 60 ppm 용액을 스케일 #3 등으로 스케일 #8까지 준비한 후 냄새 측정인단들이 냄새를 맡아본 후 그 냄새가 부타놀 스케일의 어느 것에 (0 = 무취 ; 8 = 도저히 맡을수 없는 강도) 해당하는지를 선택하여 부여한다.

냄새를 측정할 때는 이 두 가지 즉 농도(D/T 또는 odor unit)와 강도(부타놀 스케일)가 모두 필요한데 이는 어떤 냄새는 농도가 매우 높더라도(높은 odor unit) 취기강도(부타놀 스케일)는 낮을 수 있는 반면 어떤 냄새는 그 반대가 될 수 있기 때문이다.

취기강도는 n-부타놀 용액으로 ASTM E-544에 따라 구한다.

위에서 구한 냄새농도(희석배율 또는 Odor Unit)와 냄새강도(부타놀 스케일)의 상관관계는 Steven's Law에 따르며, 다음과 같다.

$$I = kC^n$$

I = 부타놀 스케일에 의한 냄새강도

C = 냄새농도, 희석배율

k, n = 각 취기 성분에 따르는 계수

Olfactometry법에 의해 구한 I 와 C 값을 log-log 좌표에 그리면, 기울기로부터 n값을 얻을 수 있다. 대개의 경우 n값의 범위는 0.2 - 0.8 로서, n값이 높을수록 악취가스를 공기 희석시켰을 때, 다시 말하면 악취가스가 배출원으로부터 바람을 타고 분산될 때, 냄새강도가 쉽게 낮아지는 것을 나타낸다.

반대로 n값이 낮으면 낮을수록 희석만으로는 냄새강도를 낮추는 데 힘이들어 배출원으로부터 먼 거리에서도 취기를 느낄 수 있어, 이런 경우에는 배출원에 최대한 높은 효율을 갖는 방지시설을 설치해야한다. 다시 말하면, n값의 크기에 따라, 민원이 발생하지 않을 정도의 냄새강도까지 냄새농도를 줄이기 위해서는 초기 악취농도의 몇 퍼센트를 줄여야하는지를 알아낼 수 있는 것이다.

### 3. 처리방법

공장에서부터 방출되는 휘발성유기물질은 각 성분마다 농도 및 배출량을 쉽게 측정할

수 있어 VOC규제법이 요구하는 처리효율을 얻을 수 있는 방지시설을 비교적 쉽게 결정할 수 있으나, 악취의 경우는 성분 및 함량이 배출원마다 다르기 때문에 요구되는 처리효율을 얻기에 적절한 처리시설을 선정하기가 힘들 때가 많다. 한 예로 하수처리장에서 발생 가능한 악취성분들을 살펴보면 다음과 같다.

무기성 악취 - 황화수소, 암모니아

유기성 악취

질소화합물 - 알카리성으로 아민, 스카톨, 인돌등

황화합물 - 산성으로 멀캅탄, 이황화물등

유기산류 - 부틸산, 스테아린산, 올레인산등 단백질이나 지방질 분해생성물

휘발성유기화합물이나 악취성분들을 제거하는 방법에는 여러 가지가 있으나, 그 중 어느 방법이 가장 적절한가를 결정하는데 고려해야될 사항들은 다음과 같다.

- 배출가스 처리량(m<sup>3</sup>/hr)
- 배출가스 온도
- 배출가스의 수분 함유량 (상대습도)
- 휘발성 유기화합물의 농도 및 가연성분들의 연소 발열량
- 처리장치의 크기 및 중량
- 얻을 수 있는 처리효율
- 장비 투자비
- 유지관리비

위의 사항들을 고려하여 각 배출원에 가장 경제적인 처리방법을 선택하면 된다.

## 가. 연소법

VOC, 악취성분 모두 온도를 800 - 850℃ 에서 0.5초 정도의 체류시간을 주면 열산화반응에 의해 탄소는 이산화탄소로 또 수소분자들은 물로 산화된다. 제거효율이 가장 높기 때문에 다른 방법으로는 도저히 처리가 안되는 성분이 있을 때는 연소방법을 이용한다. 한가지 연료 소모로 인한 높은 유지관리비 문제로 연소배기가스로부터 최대한 많은 열을 회수하여 재이용하지 않으면 경제성이 없다.

### 1) 직화식 연소(Direct Flame Incineration)

열회수를 하지 않고 연소만 시키는 방법으로, 처리해야할 가스량이 적고 휘발성유기물질들의 함량이 높을 때 쉽게 이용되나 처리가스 양이 클 때는 많은 연료 소모로 인해 적

용할 수 없다.

## 2) 열회수식 연소(Recuperative Incineration)

직화식 연소실 후단에 열교환기를 설치하여 배기가스에 포함된 열중 40% - 75%를 회수하여 연소실에 투입되는 폐가스를 예열시키는 연소방법이다. 처리해야 될 가스에 휘발성 유기물질 함량이 LEL(저위폭발한계)의 15% - 25%정도만 되어도 보조연료 소모 없이 운전할 수 있기 때문에 가장 많이 이용되는 연소 방법이다.

## 3) 축열식 연소 (Regenerative Incineration)

도장공장에서 배출되는 폐가스의 경우처럼 처리해야 할 가스가 함유하고 있는 VOC 농도가 낮고(100 - 300ppm) 처리해야 할 가스량이 아주 많을 때는 열회수를 75% 까지 하여도 소모되는 보조연료비가 엄청나게 든다. 따라서 이런 경우에는 열회수를 더 많이 하기 위해서 세라믹 새들(Saddle) 또는 하나콧 타일의 축열재를 사용하는 연소법을 이용한다.

Recuperative식의 열교환기로는 열 회수가 75%이상은 불가능하나 축열식으로는 97% 까지 가능하기 때문에 연소에 필요한 연료의 3% - 5%만 가지고도 운전할 수 있다는 큰 경제적인 장점이 있다. 만일 처리해야 될 가스가 VOC를 LEL의 3%정도만 함유하고 있어도, 축열식 소각로를 설치하면 보조연료 필요없이 자체 열량만으로도 운전이 가능하다.

## 4) 촉매연소(Catalytic Incineration)

촉매를 사용하면 연소실 온도를 350 - 450℃ 정도만 유지해도 원하는 제거효율을 얻을 수 있기 때문에 보조연료 사용량이 적어 유지관리비를 절약할 수 있다. 대개 Recuperative형 산화장치에 촉매층을 설치하여 제작된다. 촉매로는 백금, 팔라듐등 귀금속 또는 망간등이 주로 사용된다. 촉매가 마모되거나 손상을 입으면 원하는 연소효율을 얻을 수 없고 또 교체비용도 많이 들기 때문에 촉매를 보호하기 위해 가능하면 분진, 황 성분, 염소, 중금속등이 포함되어 있는 폐가스에는 적용하지 않는다.

최근에는 RCO(Regenerative Catalytic Oxidizer)라 하여 축열식 소각에 촉매를 이용하여 연료 소모량을 더욱 절감시키는 시스템도 개발되어 사용되고 있다. VOC 산화의 경우에는 농도가 너무 낮으면 촉매양을 많이 사용해야되고, 농도가 너무 높으면 연소열에 의해 촉매층이 타버릴수도있기 때문에 주로 100 - 200ppm정도의 농도에 많이 이용된다.

## 나. 흡착법(Adsorption)

VOC나 악취물질 제거에 입상 활성탄, 활성탄소섬유, 제올라이트등이 흡착제로 많이 사용된다. 활성탄의 경우 대부분의 VOC성분이 1 - 10 중량% 정도 흡착되나 암모니아,

메틸렌 클로라이드등 분자량이 작은 물질들은 잘 흡착되지 않는다. 또한 아세톤과 같은 케톤류는 활성탄 표면에서 중합반응을 일으켜 흡착 용량을 현저히 감소시키기 때문에 피하는 것이 좋다.

탄소성분 자체가 가연성 물질이기 때문에 특히 VOC 의 경우 흡착탑에 화재가 발생하는 것을 조심해야한다. 처리해야 될 가스에 분진이나 수분 함유량이 높으면 흡착효율이 떨어지기 때문에 미리 제거하는 것이 바람직하다.

흡착법의 한가지 장점은 처리해야 될 가스의 발생양이 아주 작아 다른 처리방법을 적용하기가 마땅치 않을 때 경제적인 부담 없이 설치 할 수 있다는 것이나, 흡착은 연소의 경우처럼 오염성분을 파괴하는 것이 아니고 포집만 하기 때문에 일단 흡착제가 포화되면 재생 또는 매립등 이차 처리를 해야 되는 문제가 있다. 이러한 이차처리 비용과 포화된 활성탄의 교체비용등으로 처리해야될 가스량이 클 때는 비경제적이다.

대량의 흡착제를 사용할 때는 흡착탑을 둘 또는 셋 병렬로 연결하여 번갈아 재생하며 사용할 수 있으나, 이 경우도 재생후 약 30% 정도는 새 활성탄을 보충해주어야 한다. VOC의 경우 최근 반도체 공정 또는 자동차 도장 스프레이 부스등 저농도의 폐가스를 다량(2,000 CMM 이상) 배출하는 시설에 대해 처리해야 될 가스의 양을 줄이기 위해 농축기 개념으로 이용되기도 한다. 농축기를 통과하면 가스체적이 1/10-1/20로 줄고 농도는 반대로 증가하기 때문에 작은 소각로도 쉽게 처리할수 있다.

#### **다. 바이오필터 (Biofilter)**

바이오필터는 미생물을 이용하여 VOC 또는 악취성분들을 제거하는 방법으로 유럽 및 미국에서 많이 이용되고 있다. 박테리아나 세균등 잡다한 미생물들이 부착된 필터층(토양 또는 퇴비 나무껍질등 유기물질)에 VOC 또는 악취물질을 통과시키면 유해 유기물질들이 미생물에 분해되어 탄산가스, 물, 무기염류로 변한다.

미생물의 종류가 다양한 만큼 여러 오염성분들을 동시에 처리할 수 있다는 장점에 유럽에서는 지난 30여년 전부터 폐·하수처리장, 도축장, 식품공장, 쓰레기 적환장, 인쇄공장, 제약회사 등에서 탈취방법으로 널리 이용 되어온 가장 경제적인 시스템이다. 시스템 구성은 미생물들이 잘 살 수 있는 환경을 만들어 주기 위한 급수장치, 온도조절장치 및 송풍기로 되어있다.

(표 2)에서 볼 수 있는 바와 같이 염소분자를 많이 포함하는 물질들은 처리가 잘 되지 않지만 BTX류나 암모니아 및 일반적인 악취성분들은 비교적 처리가 잘 되는 것을 알 수 있다. VOC에 적용할 경우, 미생물에 의한 처리이기 때문에 아주 고농도는 희석시켜 500ppm 미만으로 유지해 주는 것이 바람직하다. 또한 처리해야 될 가스의 온도 역시 15 - 45℃로 유지해 주어야 미생물이 활동하기에 적합하다.

다른 처리방법들에 비해 큰 장점은 유지관리가 가장 낮다는 것이나, 처리할 가스량이 많을 경우에는 설치장소를 타 처리법에 비해 많이 차지하는 단점이 있다.

## 라. 세정법(Scrubber)

세정법은 폐가스를 세정액에 흡수시킨 후 화학적으로 산화시키는 방법으로, VOC 성분들은 대개 수용성이 아니기 때문에 세정법이 적합하지 않다. 미국의 폐·하수처리장에는 탈취방법으로 세정탑들이 많이 설치되어 있는 것을 볼 수 있는데, 대개의 경우 주 목적이 황화수소 제거용일 뿐 일반 악취 복합성분들은 잘 제거되지 않는다.

표 2 : 바이오필터에 의한 처리효과(독일 엔지니어협회, VDI)

아주 잘 처리됨	잘 처리됨	약간 처리됨	처리 안됨
Toluene	Benzene	Methane	TCE
Xylene	Styrene	Pentane	Acetylene
Alcohols	Acetone	Cyclohexane	Methylmetacrylate
Methanol	Ethylacetate	Diethylether	Isocyanates
Butyanol	Phenol	Dioxane	TEC
Tetrahydrofuran	Dimethylsulfide	Dichloromethane	PERC
Formaldehyde	Thiocyanate		
Acetaldehyde	Thiophene		
Butyric acid	Methyl Mercaptan		
Trimethylamine	Carbon Disulfide		
악취성분	Amides		
	Piridine		
	Acetontrile		
	Isonitriles		
	Chlorophenols		
	Ammonia		
	Hydrogen Sulfide		

이미 설명한 바와 같이 악취성분들은 무기성, 산성, 알칼리성 유기질 등의 다양한 성분들로 구성되어 있기 때문에 그들을 효과적으로 제거하기 위해서는 세정탑을 둘 또는 셋 사용하여 다양한 산화제를 이용할 수 있겠으나 그로인한 장치비 및 과도한 유지관리비 때문에 비경제적이다. 주로 사용되는 산화제로는 염소, 과산화수소, 이산화염소, 차아염소산소다, 과망간산카리로 보통 60 - 80%의 효율 정도 기대할 수 있으나 비싼 약품값이 걸림돌로 되어있다.

장치 구성은 산화제 수용액을 10 마이크론 정도의 액적으로 분무시켜 악취가스와 10 - 20초 정도의 접촉시간을 갖는 사이에 산화되도록 하는 분무시스템(Atomized Mist System)과 일반적인 충전탑(Packed Tower)을 사용하는 두 가지 방법이 있다.



## 마. 기상 화학적 처리(Vapor Phase Chemical Treatment)

악취성분을 용해흡수 시킨 후 액상 산화시키는 습식세정 방법과는 달리 기체 상태에서 화학약품 처리하여 탈취효과를 얻는 방법으로, 액상 세정법에서는 취기성분과 산화제의 접촉시간이 최소 10 - 20초 필요하나 기상반응에서는 0.3 - 3초면 충분하기 때문에 액상처리법에 비해 처리장치가 작아 장치비 및 운전비가 적고 또 복잡한 콘트롤 기능을 요하지 않는다는 장점이 있다.

약품처리 방법은 다음과 같은 종류들이 있다.

### 1) 마스킹제(Masking agent)

마스킹제는 주로 저농도 악취에 적용된다. 원리는 기존 악취를 취기가 낮으면서 냄새가 그리 나쁘지 않은 냄새로 에워 쌓는 것으로, 화학반응이 일어나는 것이 아니기 때문에 악취성분 그 자체에는 아무런 변화가 없다.

장점은 비용이 저렴하고 유해성이 없다는 것이나, 바람을 타고 분산되는 과정에서 마스킹제가 분리되는 단점이 있다. 농도가 아주 낮은 악취에나 적용 가능하고 영구적이 아닌 일시적 처리법이다.

### 2) 물리적중화제(Counterreactant)

마스킹제는 악취성분을 물리적이거나 화학적 결합 없이 외부에서 둘러쌓음으로서 취기성분들이 분산되는 것을 방지해주는 반면, 물리적중화제는 화학반응은 아니지만 취기성분들을 물리적인 결합으로 묶어둠으로서 냄새가 분산되는 것을 방지해주는 역할을 한다. 이 약품들은 pH가 중성이며 인체에 무해하나 악취성분들과 밀접한 결합을 이루기 위해서는 아주 미세한 분무를 필요로 한다. 대략 Odor Unit의 40 - 60%를 줄일 수 있다.

### 3) 화학반응제(Vapor Phase Reactant)

악취성분들과 중합 및 에스터화 반응을 일으켜 취기물질의 분자구조를 영구히 변형시킴으로서 냄새를 제거하는 방법으로, 짧은 시간 내에 반응이 일어나기 때문에 액상 세정법에 비해 장치구조가 간단하여 가격이 저렴하다.

주 처리대상 물질이 악취성분 중 아민류, 산류, 티올류등 유기성분들이기 때문에 암모니아나 황화수소를 주 대상으로 하는 처리법과 병행하여 설치되기도 한다. 대략 Odor Unit의 60 - 85% 정도의 효율이 있다.

## 바. 오존처리법

오존의 산화능력을 이용하는 방법으로, 공기중 불안정하여 쉽게 산소로 분해되기 때문에 대개 현장에 오존 발생기를 설치하여 필요한 양을 제조해야한다. 악취가스와 오존을 반응기 내에서 혼합시키며 15 - 40초간 체류시간을 주면 취기성분이 산화되어 처리된다.

저농도 소량의 (아파트 쓰레기통, 거실 정도의 크기) 악취처리에는 적용 가능하나, 처리가스양이 많아지면 고농도 오존이 필요하고 또 악취가스와 오존의 충분한 혼합을 이루기가 힘든 것이 한계점이다. 또한 오존은 1ppm 정도로도 인체에 해롭기 때문에 격리된 공간이 필요하며, 황화수소는 잘 산화시키나 하수처리장에서 발생하는 악취성분들 중에는 오존만으로는 처리 않되는 유기물질들이 많다.