

작업환경에서의 유해가스 제어기술

김 광 영
(주) 신성에이스
대표이사 / 공학박사

급진적인 공업화 과정에서 사회적 관심이 크지 않았던 작업장 환경이 직업성 질병 및 환경오염 문제를 야기하고, 일상생활에까지 그 영향이 확산되고 있기 때문에 유해한 작업환경의 개선을 위한 대책강구가 절실히 필요하다.

직업성 질병이 발생하는 작업환경은 물리적 환경(소음, 진동, 고압, 저압, 한냉, 온열, 전리방사선 등)과 유해물질 환경(가스, 증기, 분진 등)으로 크게 구분될 수 있다.

이들 유해작업 환경의 개선을 위해서는 생산공정의 변경, 작업방법의 변경, 원재료의 대체사용, 설비의 밀폐, 생산공정의 격리 등과 같이 유해환경 인자의 발생을 근원적으로 차단하는 방법이 보다 효과적이지만 유해물질 환경에서 이런 방법을 채택할 수 없을 경우 환기시설 및 유해물질 포집장치의 설치는 필수적이다.

공장환기는 작업장내에서 발생된 유해물질이 작업장내에서 확산되기 전에 발생장소에서 포착하여 여과장치를 거쳐 작업장 외로 배출시키는 국소배기법과 작업장내의 전체공

기를 희석하여 환기하는 희석환기법으로 나눌 수 있는데, 이들 환기법의 채택은 작업장 내에서 발생하는 유해물질의 특성, 작업공정, 작업장내의 농도, 유해물질의 발생위치 등 여러요인을 고려하여 결정한다.

한편 생산활동에 종사하는 근로자들이 유해한 환경에 폭로되는 것을 최소화하기 위해 작업장내에서 비산, 확산하는 유해물질이 적어도 허용농도 이하로 존재하도록 하기 위하여 환기시스템 및 정화장치는 효율이 좋고 경제성이 높아야 한다.

본보에서는 작업환경개선의 원칙, 국소배기장치 및 유해가스의 제어기술에 대해 서술한다.

1. 작업환경개선의 원칙

광물성 분진, 특정화학물질, 연화합물, 유기용제, 방사성물질 등의 유해물질을 취급하는 작업장에서는 작업에 따라서 표1, 2와 같이 유해물질이 발산함으로 인해 주위의 공기

를 오염시켜, 그곳에서 작업하는 노동자의 건강장해의 원인이 된다.

표 1. 입자상 오염물질과 발생원

입자상 오염물질	발 생 원
유리규산 및 규산화합물	금속광산, 토석과 암석의 채굴장 및 연마 작업장 유리제조공장, 규조토공장, 석면공장, 주물공장 등
철 화 합 물	각종 산업의 용접 작업장
탄 소 분 진	흑연공장, 탄광의 채탄장, 흑연채광장, 전극공장 활성탄 제조공장
알루미늄 및 그 화합물	금박 제조공장, 알루미늄 제조공장
식물성 분진	목재공장, 식료품 제조공장, 곡물공장
납 분 진	축전지 제조공장
석 면 분 진	석면광, 슬레이트 제조공장
크롬산 미스트	도금공장

표 2. 가스상 오염물질과 발생원

가스상 오염물질	종 류	발 생 원
무 기 가 스	황 화 합 물	SO ₂ , SO ₃ , H ₂ S
	질 소 화 합 물	NO, NO ₂ , NH ₃
	염 소 화 합 물	Cl ₂ , HCl
	불 소 화 합 물	SiF ₄ , HF
	탄 소 화 합 물	CO
	산 화 제	O ₃ , NO ₂
유기 가스	탄 화 수 소	He
	탄 화 수 소 유 도 체	Aedehyde, Ccl ₄

유해물질에 의한 건강장해를 예방하기 위한 대책을 강구할 때의 원칙은 작업환경중의 유해물질의 양을 감소시키는 것이다. 유해물질의 억제방법은 생산의 형태와 규모등에 의해서 그것에 적합한 여러방법이 있으며, 그리고 공학적인 대책을 강구하는데 있어서는

원칙적인 순서가 있다.

그림1은 유해물질에 의한 건강장해의 발생경과와 방지대책을 나타내는 것으로, 유해물질은 작업에 의해서 가스, 증기, Mist, 분진, Fume 등의 형태로 발산한다. 작업의 대상이 되는 원재료와 제품이 그대로 발산하는 경우

가 있는가 하면, 부생품과 중간체가 발산하는 경우도 있다. 단, 발산한 후에는 공기중의

산화등의 산화반응에 의해서 다른 화합물로 되는 것도 있다.

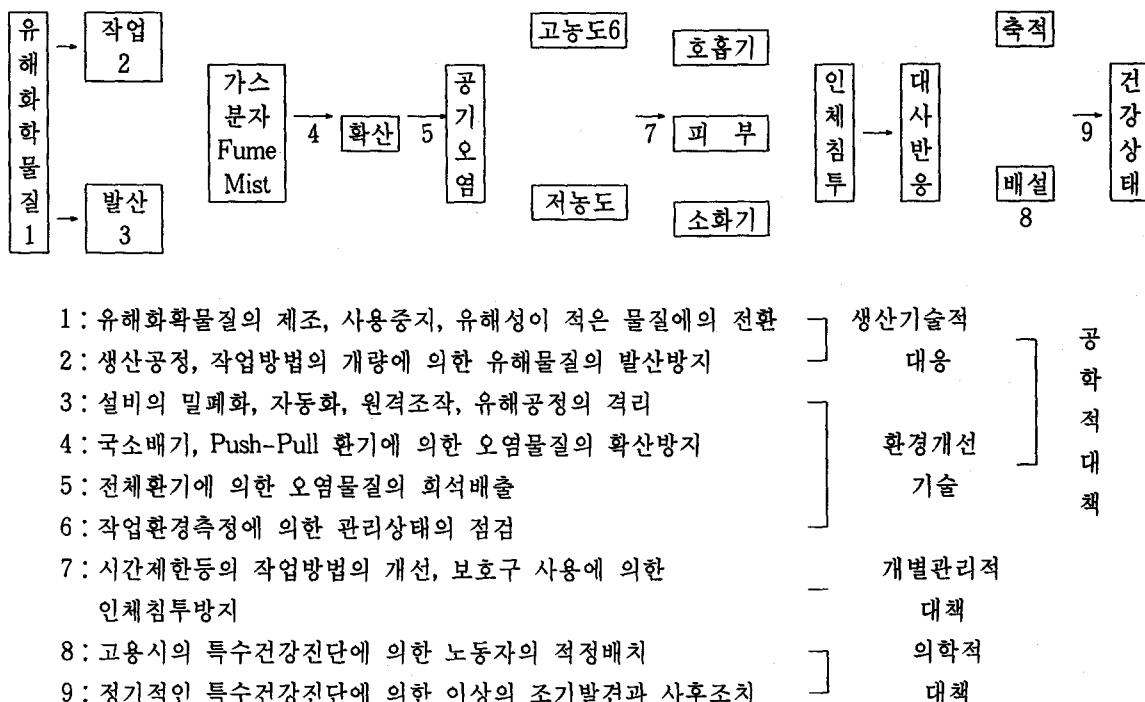


그림 1 유해물질에 의한 건강장해의 발생경로와 방지대책

그림 1의 번호와 그것에 대응하는 대책은 유해물질의 발산으로부터 건강장해에 이르는 과정을 도중에서 단절시켜 건강장해를 방지하는 방법을 나타내는 것이다. 여기에서 알 수 있듯이 유해물질에 의한 건강장해를 방지하는데는, 먼저 생산기술적인 대응에 의해서 유해물질을 발산시키지 않도록 하며, 다음에 환경개선 기술에 의해서 공기중의 유해물질 농도를 낮게 하는 것이 중요하다. 보호구의 사용은 임시의 작업 등에서 환경개선 대책을 충분히 행하지 않은 경우에 한해서 유효한 대책이다.

그외에 유해물질에 의한 건강장해를 예방

하기 위해서는 공학적 대책과 동시에 유해화학물질에 대한 작업자의 개별관리적 대책도 필요하다. 공학적인 작업환경 관리는 이것들의 의학적 대책, 개별관리적 대책이 유효하게 기능할 수 있도록 하기 위한 기반이 되는 것이다.

2. 국소배기의 계획과 설계

국소배기장치(Hood, Duct)를 설치하는 장소와 전원등을 고려한 후에 국소배기의 기본 설계에 들어가야 한다. 기본설계는 다음과

같은 순서에 의거해야 한다.

- ① Hood를 설치하는 장소와 Hood의 형태를 생각해야 한다.
- ② 제어풍속을 정한다.
- ③ 필요배기량을 계산한다.
- ④ 반송속도를 정한다.
- ⑤ Duct의 크기를 계산한다.
- ⑥ Duct를 배치, 설치하는 장소를 정한다.
- ⑦ Duct가 너무 커서 배치하는데 지장이 있는 경우 또는 필요배기량의 합계가 너무 큰 경우에는 다시 한번 Hood를 설치하는 장소와 Hood의 형태를 검토 변경해서 배기량을 줄이는 노력을 해야 한다.

⑧ 공기청정장치를 선정한다.

⑨ Duct계의 압력손실을 계산한다.

⑩ Fan을 선정한다.

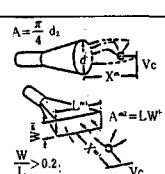
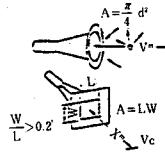
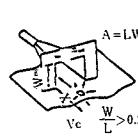
이상의 기본설계가 끝나면, 재차 전체계통의 균형을 검토한 위에 세부설계에 들어간다.

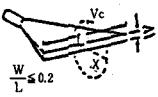
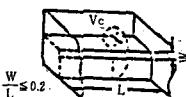
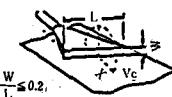
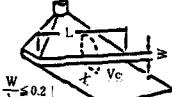
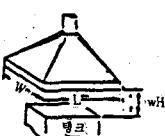
1) Hood의 종류

Hood는 국소배기장치의 입구에 해당되며, 가스, 증기, 분진등의 오염 물질의 발생원을 가능한한 에워싸거나 또는 발생원의 가까이에 설치되는 개구(開口)를 이야기하는 것으로써, 이러한 개구에 흡입기류를 일으켜 오염공기를 유입시키는 것이다. 표3에 Hood의 형식을 나타낸다.

표 3. Hood의 형식과 배기량의 계산식

(V_c : 제어풍속(m/s))

Hood의 형식	그 림 예	배기량($Q : m^3/min$)
① 포위식		$Q = 60 \cdot A \cdot V_c$ $= 60 \cdot L \cdot W \cdot V_c$
② 외부식 원형 또는 장방형		$Q = 60 \cdot V_c \cdot (10X^2 + A)$
③ 외부식 Flange가 붙은 원형 또는 장방형		$Q = 60 \cdot 0.75 \cdot V_c \cdot (10X^2 + A)$
④ 외부식 Table식 Flange가 붙은 장방형		$Q = 60 \cdot 0.5 \cdot V_c \cdot (10X^2 + A)$

Hood의 형식		그 림 예	배기량($Q : m^3/min$)
참 고	외부식 Slot형 (전원주)		$Q = 60 \cdot 5.0 \cdot L \cdot X \cdot V_c$
	외부식 Slot형 (3/4원주)		$Q = 60 \cdot 4.1 \cdot L \cdot X \cdot V_c$
	외부식 Slot형 (1/2원주)		$Q = 60 \cdot 2.8 \cdot L \cdot X \cdot V_c$
	외부식 Slot형 (1/4원주)		$Q = 60 \cdot 1.6 \cdot L \cdot X \cdot V_c$
	외부식 Canopy형 (장방형) (4측면 개방)		$Q = 60 \cdot 1.4 \cdot P \cdot H \cdot V_c$ $P : 햄크원주길이$ $H \leq 0.283$ Thomas식($H/W \leq 3/4$) $Q = 60 \cdot 14.5 \cdot H^{1.8} \cdot W^{0.2} \cdot V_c$ $Q = WL = 60 \cdot 14.5 \cdot (H/W)^{1.8} \cdot (W/L) \cdot V_c$
	외부식 Canopy형 (장방형) (3측면 개방)	"	Thomas식($H/W \leq 3/4$) $Q = 60 \cdot 8.5 H^{1.8} \cdot W^{0.2} \cdot V_c$ $Q/WL = 60 \cdot 8.5 \cdot (H/W)^{1.8} \cdot (X/L) \cdot V_c$

2) 제어풍속

Hood로 유해물질을 완전히 포획흡입하기 위해 필요한 기류의 속도를 제어풍속(Control Velocity)라고 한다. Hood가 외부식인 경

우에는 포획풍속(Capture Velocity)이라고 부른 경우도 있다.

그림2(a)와 같이 국소배기를 행하지 않는 경우에는 유해물질은 어느 발생원으로부터

거리 P 에 있어서 비산속도 \vec{v}_d , 그점에서 포 족해서 속도 \vec{v}_s 로 흡입하면 (c)와 같이 제어 풍속 \vec{v}_c 는

$$\vec{v}_c = \vec{v}_s - \vec{v}_d$$

제어풍속은 비산속도와 난기류가 크면 클 수록 큰풍속을 필요로 한다. 미국의 산업위생공학자 A.D.Brandt(A.D.Brandt Industrial Health Engineering)는 유해물질의 발산초속

도와 주위의 난기류(어지러운 기류)의 상태로부터 아래와 같은 제어풍속을 제안하고 있다. 이 표의 수치는 지금까지도 가장 널리 사용되고 있으며, 우리나라 산업안전보건법의 국소배기장치의 제어풍속기준(제378조 관련-표4)도 이 수치를 참고로 하여 확정해 놓은 것이다. 또 유기용체 중독 예방에서의 법규에서는 유기용체법무에 관계되는 국소배기장치의 성능으로서 Hood의 형식에 따라 제어풍속을 정하고 있다(표5).

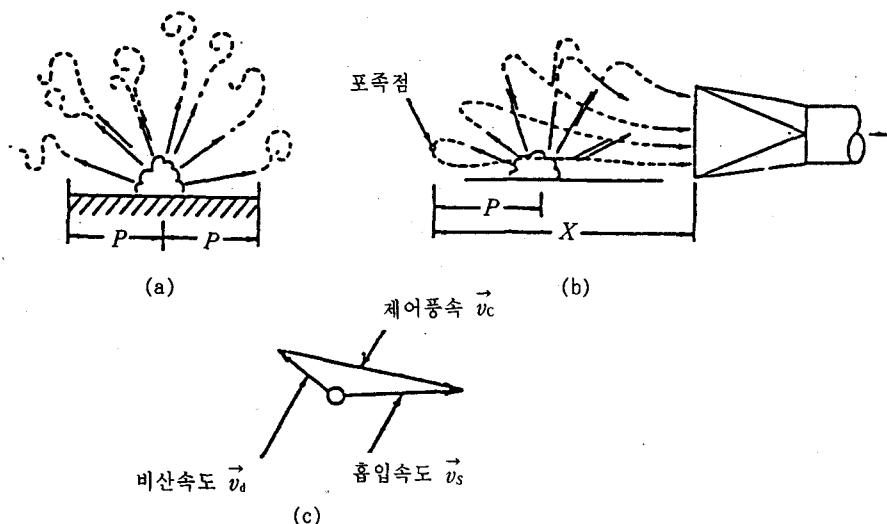


그림2 Hood에 의한 유해물질의 포족

표 4. 국소배기장치의 제어풍속기준

오염물의 발생상황	예	제어속도(m/s)
조용한 대기중에 실제상 거의 속도가 없는 상태로 발산하는 경우	액면에서 발생하는 가스, 증기, Fume 등	0.25~0.5
비교적 조용한 대기중에 저속도로 비산하는 경우	Booth식 Hood에서 분무도장작업, 계속적용기, 채우기작업, 저속콘베이어, 용접작업, 도금작업, 산세작업	0.5~1.0

오염물의 발생상황	예	제어속도(m/s)
빠른 기동이 있는 작업장소에 활발하게 비산하는 경우	옆에 작은 Booth식 Hood의 분무도장작업, Conveyor떨어지는 구멍파쇄기	1.0~2.5
아주 빠른 기동이 있는 작업장소에 고초속도로 비산하는 경우	연마작업, Blast작업, 담브링작업	2.5~10.0

* A.D.Brandt, Industrial Health Engineering(John Wiley & Son,N.Y.,1947)

표 5. 국소배기장치의 제어풍속기준(산업안전보건법시행 규칙 제378조 관련)

형식	발산하는 유기용제등의 구분	제어풍속(m/s)
포위형 1면후드	제1종 유기용제 또는 제1종 유기용제 함유물	0.4
	제2종 유기용제 또는 제2종 유기용제 함유물	0.3
	제3종 유기용제 또는 제3종 유기용제 함유물	0.25
포위형 2면후드	제1종 유기용제 또는 제1종 유기용제 함유물	0.5
	제2종 유기용제 또는 제2종 유기용제 함유물	0.4
	제3종 유기용제 또는 제3종 유기용제 함유물	0.3
측방형후드	제1종 유기용제 또는 제1종 유기용제 함유물	0.5
	제2종 유기용제 또는 제2종 유기용제 함유물	0.4
	제3종 유기용제 또는 제3종 유기용제 함유물	0.25
천개형 3측면후드	제1종 유기용제 또는 제1종 유기용제 함유물	0.6
	제2종 유기용제 또는 제2종 유기용제 함유물	0.5
	제3종 유기용제 또는 제3종 유기용제 함유물	0.4
천개형 4측면후드	제1종 유기용제 또는 제1종 유기용제 함유물	1.0
	제2종 유기용제 또는 제2종 유기용제 함유물	0.8
	제3종 유기용제 또는 제3종 유기용제 함유물	0.6
하방형후드	제1종 유기용제 또는 제1종 유기용제 함유물	0.7
	제2종 유기용제 또는 제2종 유기용제 함유물	0.5
	제3종 유기용제 또는 제3종 유기용제 함유물	0.3

비고

1. 이 표에 있어서의 제어풍속은 국소배기장치의 모든 후드를 개방한 경우의 제어풍속을 말한다.
2. 이 표에 있어서의 제어풍속은 후드형식에 따라 다음과 같다.
 - 가. 포위형후드에 대하여는 후드개구면에서의 최소풍속
 - 나. 측방형후드·천개형후드 및 하방형후드에 대하여는 당해 후드에 의하여 유기용제의 증기를 흡인하려는 범위내에서 후드의 개구면에서 가장 떨어진 작업위치의 풍속

3) 필요배기량

제어풍속으로부터 구해지는 필요배기량은 표3의 식에 의해 계산된다. 외부식 Hood의 경우, 개구면에서 포족점까지의 거리 X가 크게 되면, 제어풍속 V_c 를 얻는데 필요한 배기량 Q는 급격하게 크게되고 X가 1.5D(D: 원형은 직경, 장방형은 단근)를 초과하면 Q는 증가하더라도 V_c 는 그다지 증가하지 않게 된다. 따라서 Hood는 가능한한 발산원에 근접시켜서 X가 1.5D를 초과하지 않도록 설치한다. 배기량이 부족한 경우, Hood의 개구주위에 표3 ③과 같이 Flange를 붙이면 배기량은 25% 정도 절약할 수가 있다. 또 난기류 때문에 오염물질의 비산을 충분히 제어할 수 없는 경우에는 주위에 판을 놓아서 난기류를 차단한다.

4) Duct

Duct의 설계는 배기량 및 오염기류가 관속에서 이송될 때 생기는 압력손실을 고려해서 그 단면적과 길이를 결정해야 한다.

압력손실은 유속의 2승에 비례하므로 Duct의 단면적이 크면 압력손실이 작지만 유속이 너무 느리면 분진이 Duct내에 침착한다. 통상, 가스 및 증기 등의 배기를 목적으로 해서 분진이 문제가 되지 않는 경우에는 운전비 등을 고려하여 유속을 $10m/s$ 전후로 하는 것이 보통이다.

3. 유해가스의 제거기술

가스성분에 의한 공기의 오염에서는 공기 본래의 구성성분인 질소, 산소 그외의 분자와 오염가스의 분자가 분자레벨에서 혼합되

여 전체가 하나의 기상을 형성하고 있는 것이 일반적으로서, 그 제거기구는 본질적으로 기상내의 특정성분을 선택적으로 분리하는 것이다.

가스성분에 의한 공기오염제거에는 실제로 여러 방법이 있지만, 기본적인 제거기구로서는 다음과 같이 흡착, 흡수, 화학반응의 3종류로 분류된다.

1) 기본적인 제거 기구

(1) 흡착

흡착은 기상 중에 있는 성분이 고체(흡착제) 표면에 농축되는 현상으로서, 물리적 흡착과 화학적 흡착으로 분류된다.

물리적 흡착은 통상의 포화증기 농도 이하의 농도 또는 통상의 비등점(농축온도) 이상의 온도에서 일어나는 용축으로 생각할 수 있다.

화학적 흡착은 피흡착 물질과 흡착제 사이에 화학반응과 같은 화학적 친화력이 작용하는 것이며, 후술의 고체촉매반응에는 촉매표면 반응물질의 화학적 흡착이 관여한다.

(2) 흡수

기상 중에 있는 성분이 흡수액 내부에 용해하는 현상으로서, 단순한 용해에 의한 경우 물리적 흡수, 화학적 반응을 수반하는 것을 화학적 흡수라고 한다.

(3) 화학반응

화학반응은 전술한 화학적 흡착 또는 화학적 흡수로서 취급되어 조작에 관하여는 것만은 아니다. 고체촉매와 고체반응제를 이용하는 불균일계 반응이 여러 종류의 오염성분에 대하여 적용된다. 특수한 방법으로서 바이오펄터 등 생물반응을 이용하는 것도 있으며,

연소법 등과 같이 균일계 기상반응을 직접 이용하는 경우도 있지만, 공기정화에는 대부분의 경우 고체촉매반응을 이용하는 것이 편리하다.

2) 가스상 오염물질의 제거법

가스상 오염물질의 제거방법을 표6과 같이 물리적 방법, 화학적 방법 그외의 방법 또는 생물적 방법의 3가지로 분류한다.

표 6. 가스상 오염물질의 제거방법

제거방법		적용예
물리적 방법		<ul style="list-style-type: none"> • 물세정법 • 냉각법(응축법) • 물리적 흡착법
화학적 방법	연소법	<ul style="list-style-type: none"> • 직접연소법 • 촉매연소법
	약제처리법	<ul style="list-style-type: none"> • 산·알카리 세정법 • 약액세정법 • 산화법 • 마스킹법 • 중화법 • 화학적 흡착법
생물적 방법		<ul style="list-style-type: none"> • 바이오 필터 • 토양 산화법

일반적으로 적용예가 많은 세정흡수법, 연소법, 흡착법의 특징 및 적용가스의 조건 등을 정리하면 표7과 같다.

이러한 제거방법은 각각의 특징을 갖고 있지만, 여러 조건에 대해 완벽하게 적용되는 것은 없으며, 실제로 처리해야 하는 유해가스는 저농도의 복합성분인 경우가 많고 또한 함유된 성분의 성질도 통상 다르다.

표 7. 각종 가스상 오염물질의 제거방법의 특성

처리방법	특징	적용조건	운전비용
세정 흡수법	<ul style="list-style-type: none"> • 무기·유기성가스의 처리 • 분진포집이 가능 • 유지관리가 용이 • 배액처리가 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 대풍량 • 저농도 • 저온 	낮음
연소법	<ul style="list-style-type: none"> • 유기ガ스의 처리 • 무기성가스 처리는 불가능 • 분진농도가 높으면 전처리가 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 소풍량 • 고농도 • 고온 • 저분진농도 	높음
흡착법	<ul style="list-style-type: none"> • 통상 유기성가스의 처리 • 분진·수분을 다량 함유한 경우는 전처리가 필요 • 흡착제의 취급이 곤란 • 흡착제의 후처리가 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 소풍량 • 저농도 • 저온 • 저분진농도 	<ul style="list-style-type: none"> • 처리가스에 따라 다름

가장 경제적인 탈취시스템을 선정하려고 하면 당연히 운전비용이 싼 단독처리방식으로 세정법, 산·알칼리세정법, 활성탄을 주체로 하는 흡착법 등은 경제적인 단독처리 시스템으로 많이 채용되고 있다.

아래에 각종의 제거방법 중에서 대표적인 것에 대해 기술한다.

(1) 세정법

수용성 가스성분을 물세정에 의해 제거하

는 방법이다. 암모니아, 아민류(저급), 케톤류, 알데히드류, 저급유기산류, 폐놀 등 친수성의 극성기를 갖는 가스성분을 제거할 수 있다. 설비비가 저렴하며 조작이 간단한 이점이 있다.

단점으로서는 대량의 물이 필요하고, 중성 및 비극성 성분의 제거에는 적합하지 않으며, 수온의 변화에 의해 제거효과가 변동한다. 또한 처리풍량이 많아지면 압력손실이 크게 되며, 건설비는 예상보다 비싸게 되는 점들을 들 수 있다.

또, 방류상황에 따라서는 방류수 중의 가스성분이 농업·수산업 등에 영향을 미치거나, 흡수 또는 용해되어 있는 가스성분이 재방출되는 경우가 있기 때문에 2차오염에 대한 주의가 요구된다.

세정법에 의한 가스제거효과는 일반적으로 우수하지 않기 때문에, 다른 방법과 복합적으로 처리하는 경우에는, 전처리용으로 적용하는 것이 바람직하다.

(2) 약액세정·흡수법

물에는 거의 용해되지 않고, 산과 알칼리의 수용액과 반응하는 가스성분 또는 특정의 약액과 반응하는 가스성분을 산, 알칼리, 약액의 세정액을 이용해서 세정하는 것에 의해 제거하는 방법이다.

제거가능한 대표적인 성분으로는 무기산(염산, 황산)의 희박수용액에 의한 암모니아, 아민류 등의 염기성 성분을 들 수 있다.

또한 가성소다 수용액을 이용하면 유화수소, 유기산류 등의 산성물질을 제거할 수 있다. 단, 가스성분과 화학반응을 일으켜서 무해물질로 변화시키는 물질을 포함한 약액을 이용하는 것에 의해 가스성분을 제거할 수

있다.

이 방법에는 흡수액과 반응시켜서 제거하는 방법이외에, 흡수액에 용해시킨 방법도 포함된다. 가스성분의 조성에 따라 세정약액의 선택도 가능하지만, 가스성분의 용해도가 크고, 반응속도가 빠르며, 독성이 없고 가격이 저렴한 약액을 선택하는 것이 바람직하다. 건설비는 비교적 저렴하지만 장치의 재질이 내부식성일 것이 요구되는 점을 고려해야 한다.

이 방법은 배액을 방류하기 전에 처리를 해야하는 결점이 있으며, 유지관리가 비교적 어렵다. 세정배액을 방류할 때에는 주변의 영향에 대해 주의를 해야 한다.

전체적인 평가로서는 가스성분의 제거에 적합한 약액을 선택하면, 가스부하가 별로 변동하지 않는 경우에는 상당한 효과를 발휘할 수 있다. 그러나, 약액의 제거성능이 시간 경과와 함께 저하하는 것과 가스부하가 변동하는 경우에는 일정한 제거효율을 기대하기 어렵다. 물세정법과의 복합처리 및 흡착법의 전처리 수단으로서 채용되는 경우도 있다.

(3) 직접연소법

유해가스성분을 함유한 가스를 고온(600~800°C)에서 산화분해해서 탄산가스나 수증기로 변화시켜서 무해화하는 방법이다.

가스성분의 조성 및 함유량에 의해 로내의 설정온도 및 체류시간이 달라지지만, 일반적으로 700~800°C에서 0.5초 정도의 경우가 많다.

불완전연소의 경우에는 산화분해가 완료되지 않는 이질의 화합물을 형성해서 다른 유해성분의 원인이 되기 때문에 설계 및 관리상에 있어서 주의해야 한다.

이 방법에 의해 가연성가스, 유화수소, 암모니아 등 광범위한 성분을 제거할 수 있다. 그러나 타방법과 달리 극단적인 장·단점을 가지고 있다.

장점으로는 제거효율이 아주 높아서 다른 어떤 방법보다 우수하며, 가연성 가스에 대해서는 전반적으로 적용할 수 있다.

단점으로는 연료소비량이 많아서 운전비가 높다. 따라서 이 방법을 적용할 경우에는 배열을 회수하지 않으면 안된다. 특히 처리가스량이 비교적 많은 경우에는 배열을 어떻게 이용하는가가 매우 중요하다.

이 방법에 관한 단 하나의 문제는 질소산화물(NO_x), 황산화물(SO_x), 염소를 포함한 염소화합물 등의 유해 또는 유독가스가 배기와 함께 배출되는 문제가 있다.

가스성분 중의 질소 및 황함유량이 비교적 미량이면 문제가 되지 않는다고 하지만, 이 방법을 적용하는 경우에는 배기ガ스의 조성에 관해 특별히 주의해야 한다. 또 고온에서 처리되기 때문에 버너 및 로재를 포함한 장치재료의 선정에 관해서도 충분히 검토할 필요가 있다.

(4) 촉매산화법

유해가스를 촉매(백금, 코발트, 니켈)에 의해 약 300~400°C의 비교적 저온하에서 산화분해해서 탄산가스와 수증기로 변화시켜 무해화시키는 방법이다.

촉매는 고가이며 종합적으로 성능이 우수한 백금제가 많이 쓰이며, 적용할 수 있는 가스는 직접연소법과 거의 동등하며 가연성 가스, 황화수소, 암모니아 등도 제거가능하다.

제거효과도 우수하며, 질소산화물의 발생

은 산화온도가 비교적 낮기 때문에 직접연소법과 비교하면 발생량이 적으며 저농도로서 배출된다.

이 방법의 최대 장점은 직접연소법과 비교해서 연료의 소비량이 적기 때문에 운전비가 현저하게 낮다. 결점으로서는 촉매의 성분을 유지하기 위한 제한과 촉매수명의 문제가 있다.

활성도가 높은 촉매를 사용하는 것이 바람직하지만 내열성과 촉매독의 문제가 있다. 촉매로 바람직하지 않은 원소로서는 염소 등의 할로겐원소, 납, 아연, 비소, 수은, 황 등을 들 수 있다. 단, 황은 촉매의 성능유지에 적절한 조작조건을 선택하는 것에 의해 큰 문제가 되지 않도록 개량되어지고 있다.

이 방법은 가연성 가스성분의 농도가 낮은 경우에는 산화반응에 의한 발열량이 작기 때문에 반응온도까지 예열하기 위한 에너지가 필요하게 된다.

또한, 앞에서 기술한 촉매독 문제 이외에 촉매를 열화시켜 수명을 짧게 하는 원인으로서 불완전연소에 의한 이물질이 축적되기도 하고, 처리해야 하는 가스 중의 분진 등 고체입자가 압력손실을 증대시키며, 촉매를 마모시킬 수도 있기 때문에 이러한 문제가 일어나지 않도록 적당한 분진 필터의 설치 및 적절한 조작조건의 선정에 유의해야 한다.

이와같이, 이 방법은 촉매의 열화방지와 수명연장을 위해 여러 점에 주의해야 할 필요가 있지만, 제거효과가 높으며, 운전비가 직접연소법보다는 현저하게 저렴하다는 결정적 이점 때문에 적용되는 경우가 많아지고 있으며 적용가스도 광범위하다.

(5) 흡착법

흡착법에는 활성탄을 주체로 하는 무극성 흡착제를 이용해서 물리적 흡착작용에 의해 가스성분을 선택적으로 제거하는 물리적 흡착법과 이온교환수지, 첨착탄, 촉매 등과 가스성분을 접촉시켜 화학반응을 일으키는 화학적 흡착작용을 이용하는 것이 있다.

현재, 사용되고 있는 흡착제 중에서는 활성탄이 가장 일반적이며 수분이 존재해도 다른 가스성분을 선택적으로 흡착하려고 하는 특성을 갖고 있으며, 분자량이 크며 친수성이지 않은 성분에 대해서는 보지력이 크다. 일반적으로 함유되어 있는 저농도 복합성분에 대해, 활성탄에 의해 효과적으로 제거할 수 있는 것, 중간 정도의 것, 별로 효과가 없는 것으로 구분하면 다음과 같다.

- 효과적으로 제거가능한 것

지방산류, 메칠메르캅탄류, 페놀류, 탄화수소류(지방족 및 방향족), 유기염소화합물, 알콜류(메탄올은 제외), 케톤류, 알데히드류(포름알데히드 제외), 에스텔류, 그외 많은 성분

- 중간 정도의 효과가 있는 것

유화수소, 아황산가스, 염소, 포름알데히드, 아민류 등

- 효과가 없는 것

암모니아, 메탄올, 메탄, 에탄 등

활성탄은 일반적으로 저농도 혼합가스의 제거용에 실제로 광범위하게 이용되고 있다.

예를 들면 빌딩, 병원의 환기용, 식품가공 공정상 발생되는 냄새, 시료, 하수, 쓰레기처리장의 냄새제거 등 다방면에 이용되고 있다.

흡착법의 이점은 설비비가 비교적 저렴하며, 운전비로서는 송풍용의 전력요금 이외에 활성탄 등 흡착제의 재생비용만이 소요된다.

탈취효과는 연소법에 비교하면 약간 떨어지지만 제거장치 출구부에서의 가스농도로서 10배 정도의 제거효과를 기대할 수 있으며, 안전하며 운전이 용이한 시스템으로서 향후 계속해서 보급되리라 기대된다. 단, 이 시스템의 장점으로서는 소위 견식조작으로서 습식조작과 달리 배수 및 배액을 배출처리해야 하는 필요성이 없는 점이다.

흡착법에 필수적으로 따르는 문제는 활성탄 등의 흡착제의 재생문제이다. 흡착제는 가스성분을 포화상태 가까이 흡착하면 제거효과가 저하하기 때문에, 흡착제를 장치로부터 분리시켜서 재생한 후 재이용하는 방식을 반복하는 것이 원칙이다.

교환주기는 비교적 단기간의 경우에는 3개월 정도, 비교적 장기간의 경우에는 1년 정도이며, 평균적으로 6개월 정도의 경우가 많다.

이 흡착법은 단독으로 이용되는 이외에 물세정법과 세정흡수법과 병용되는 경우도 증가되고 있다. 이 방법은 자원 및 에너지 절약 측면에서 아주 우수하여 향후에는 대표적인 제거방법으로 활용되리라 본다.

(6) 오존산화법

오존에 의한 산화작용을 이용해서 냄새 및 유해가스를 산화분해시키는 방법으로 오존자체에 의한 마스킹효과를 병용하는 방법이다.

제거가능한 성분은 본질적으로 산화분해작용에 의해 무취물질 및 무해가스로 변화되는 성분이 해당되며, 일반적인 복합가스 성분 중에서는 황화합물 계통의 취기에 대해서는 비교적 효과가 인정되고 있지만, 암모니아 및 저급 아민류에 대해서는 효과가 떨어진다.

용도로서는 시뇨처리장 및 비교적 소규모 장치로부터의 발생취기에 효과가 높다. 설비로서는 건조공기를 원료로 해서 고전압을 인가해서 오존을 발생시키는 장치를 필요로 하며, 탈취 및 반응장치내에 오존공급량을 제어할 수 있는 장치를 설치해야 한다.

이 방법은 본질적으로 인체에 대해 유익하지 않는(0.1ppm 이상에서는 인체에 유해함) 오존을 이용하는 방법이기 때문에 취급상에 세심한 주의를 해야 할 필요가 있다. 탈취효과로서는 안정된 효과를 기대하는 것이 곤란한 경우가 많다. 그 이유로서는 가스성분의 조성, 농도 및 총량이 일정하면 오존공급량은 일정하면 좋지만, 실제로는 가스성분의 농도 및 조성이 일정하지 않고 변동하기 때문에, 이것에 대해서 오존의 공급량을 제어하지 않으면 안되기 때문이다.

오존공급량을 제어할 때 공급량이 부족하면 제거자체가 불만족하게 되며, 한편 공급량이 과다하게 되면 오존자체의 냄새가 날뿐 아니라 배기가스 중의 잔류오존을 분해시켜야 한다. 즉, 제어가 상당히 어렵기 때문에 안정된 제거효과의 확보가 곤란하다.

-참 고 문 헌-

1. 김광영외; 유해가스 및 분진발생 공장의 환기시스템 연구. 과학기술처, 1989
2. 勞動環境改善概論-空氣清淨 第10圈 第8號, 1972. pp. 11
3. 作業環境における粉じん對策の 技術的體系-空氣清淨 第18圈 第6號, 1981. 3 pp. 15
4. やさしい局排設計教室: 勞動衛生, 1981. 6. pp. 29
5. 局所排氣裝置의 設計와 管理-대한산업보건협회 발행, 1970. 12. pp. 3
6. ASHRAE Handbook, 1983 Equipment, Chapter 11. pp. 11. 12
7. 工場環境改善 ハンドブック-集塵裝置株式會社. 1983-4. pp. 102. 103. 153. 196
8. Principles of Local Exhaust Ventilation-Joint Standing Committee on Health, Safety and Welfare in Foundries, England
9. Industrial Ventilation-A Manual of Recommended Practice, 14th Ed.(Lansing, Michigan : American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1976)
10. 國部進; 新しい脱臭技術, 工業調査会, 1990.