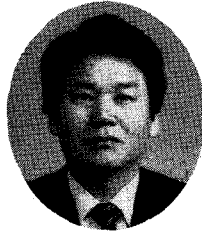


환경관리 기술사문제 해설

〈대기분야 1986, 87년도 시행〉



魯 鍾 植

〈고려환경컨설턴트 대표,
환경(수질·대기) 기술사〉

〈1986년 시행〉 (4교시) 지난호에 이어 계속

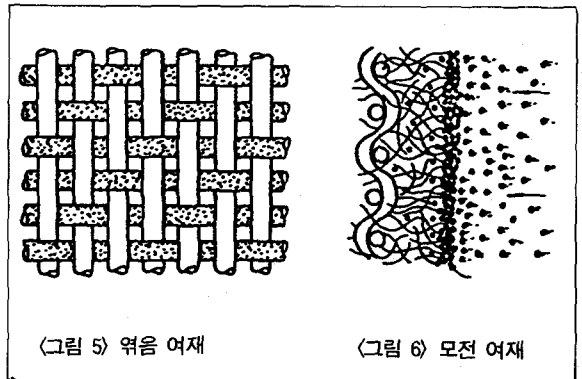
〈문제 3〉 여과집진기에서 여과재의 종류와 공기/여재 비(A/C Ratio) 및 탈진 방법 등과의 상호관계를 설명하시오.

① 여재의 종류

여과재의 종류는 엮음 여과재와 모전 여과재로 나눌 수 있으며 엮음 여과재는 주로 피륙이나 견직으로 반복구조 형식으로 제조된 것이며 개구공간에 입자의 충돌 부착 작용으로 케이크를 형성하며 여기에는 형직, 트월, 세튼 등의 제작 방법이 있다.

모전여과재는 섬유를 무작위로 제작한 것이며 느슨한 형으로서 집진의 초층 형성이 좌우되지 않고 견직보다 두껍다. 그리고 압손이 크며 높은 공기 여재비(A/C)를 갖는다.

여포재질은 처리하고자 하는 매연의 성상과 털어서 떨어뜨리는 방식에 따라 내열성, 내산성, 내알칼리성, 기계적 강도 또는 흡수성 등에 관계된다.



〈그림 5〉 엮음 여재

〈그림 6〉 모전 여재

② 먼지 분리기구

백 필터에는 여포에 집진된 더스트 층이 두꺼울수록 압력손실이 증가하고 소정의 능력을 가진 송풍기의 운전이 어렵다. 백 필터에는 보통 최고 압력손실을 150[mmAg] 전후로 눌러 집진 더스트의 먼지를 털어낸다.

백 필터에서의 먼지 분리에 있어서 초층의 대부분은 잔류하므로 일단 초층이 형성되면 포집 기능의 저하는 거의 없다.

먼지 분리기구는 그림에 나타낸 바와 같이 진동

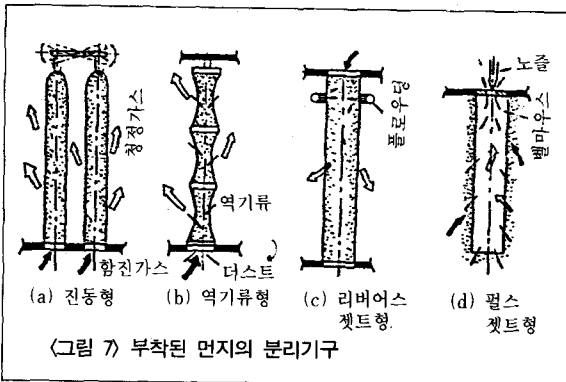
[각종 여포재의 성질]

여포재	여포재의 성질	최고사용온도 (°C)	내 산 성	내알칼리성	강 도	흡수성(%)
목 면	면	80°	불가	약간 양	1	8
양 모	모	80°	약간 양	불가	0.4	1.6
사 란	란	80°	약간 양	불가	0.6	0
테 비 론	론	95°	양	양	1	0.04
비 닐 론	론	100°	양	양	1.5	3
카 세 카 론	론	100°	양	양	1.1	0.5
오 론	론	150°	양	불가	1.6	0.4
니일론(아이드)	아이드	110°	약간 양	양	2.5	4
니일론(에스테르)	에스테르	150°	양	불량	1.6	0.4
테 트 론	론	150°	양	불량	1.6	0.4
클라스하이바	하이바	250°	양	불량	1	0

형, 역기류형, 리버어스 켓트형, 펄스 켓트형 혹은 이런 것들의 조합형이 있고 먼지분리를 간헐적 또는 연속적으로 행한다.

㉑ 간헐식 : 집진실을 여러 개의 방으로 구분하고 방 하나씩 처리 가스를 차단해서 순차적으로 부착된 먼지를 털어내는 방식이다. 이때 진동이나 역기류에 의하여 먼지를 털어내는 경우 먼지가 새어나가는 것을 방지하면 높은 집진율을 얻을 수 있다.

진동형, 역기류형, 역기류 진동형이 있다.



㉒ 연속식 : 처리가스를 차단하지 않고 항상 여포의 일부를 털어내는 연속 털어내기 방식인데, 압력손실이 거의 일정하기 때문에 함진농도가 큰 가스를 처리하는 데 적합하다. 리버스 켓트형과

펄스 켓트형이 있다.

역기류의 분리방식 여과 집진기의 공기/여재비(A/C)는 낮고, 여과속도는 0.5~1.5[cm/sec], 진동식에서는 1~3[cm/sec]이다. 보통진동식 여과자루의 내경은 15~45[cm]이고 길이는 12m가 보통 사용된다. 이때의 여과속도는 2.5~7.5[cm/sec]로 빠르게 하므로써 모전의 여재가 필요하게 된다. 탈락주기는 20분정도, 탈락에 소요되는 시간은 1초 이내이므로 여과재는 장력과 안정성이 높은 재질을 사용하여야 한다.

(문제 4) 배기가스량이 2000m³/min, 분진농도 20g/m³인 석회건조로 배출구에 공기/여재비(A/C Ratio) 4m³/m²/min인 부직포로 직경 30cm, 길이 5m인 여과주후로 된 여과 집진기를 설치코저 한다. 이 여과 집진기에 적합한 탈진방법은 무엇이며, 또 이 여과집진기에 필요한 여과자루 수와 이에 사용할 송풍기동력을 산출하라. 탈진 압력강하가 200mmH₂O에서 행한다. 송풍기 모터의 효율은 60%로 하며 동력은 아래식으로 주어진다.

$$W = \frac{Q \times \Delta P}{\eta \times 75}$$

W : (PS) Q : m³/sec

ΔP : kg/m² η : 모터효율

① 탈진방법 : pulse air jet.

② 여과주머니수 :

· 1개의 여과면적

$$3.14 \times 0.3 \times 5 = 4.71(\text{m}^2)$$

· 1개의 처리 가스량

$$4.71 \times 4 = 18.84(\text{m}^3 / \text{min})$$

$$\therefore \text{필요한 BAG 수} : 2000 \div 18.84 \approx 106(\text{개})$$

③ 소요동력

$$W = \frac{Q \times \Delta P}{\eta \times 75} = \frac{2000 \times 200}{0.6 \times 75 \times 60} = 148.15(\text{PS})$$

〈1987년 시행〉(제 1교시)

〈문제 1〉 전기집진기에서의 비저항과 집진효율과의 관계를 간단히 설명하라.

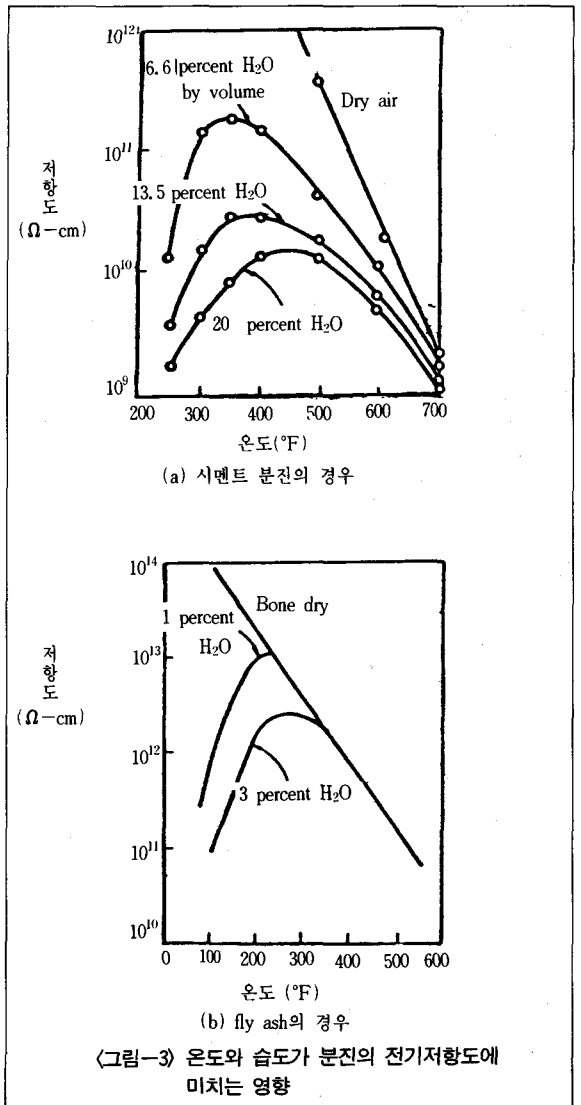
정전기에 의한 분진제거기구는 충전된 입자가 집진극에 침전하여 분진층을 형성하는 것으로, 이때 집진극에 침전된 분진이 가스중으로 다시 날아가는 것을 방지하기 위하여 충분한 접착력, 응집력, 그리고 전기력이 존재해야 한다. 분진층의 특성중에서 정전집진기의 작동과 관련시켜 특히 중요한 것은 분진의 전기저항도(electrical resistivity)로서, 공장에서 생기는 분진의 특성이 크게 다르므로 전기저항도는 $10^{-3} \sim 10^{14} \text{ohm-cm}$ 로 크게 다르다. 분진의 저항도가 10^4ohm-cm 이하이면 전하가 침전한 분진에서 집진극으로 재빨리 이동한다. 따라서 제거된 분진끼리 서로 잡아당길 수 있는 정전하가 불충분하게 된다. 그결과 분진은 가스속으로 다시 흘러들어가게 되므로 제진효율이 나빠진다. 공장의 제진시설에서 부산물로 생기는 carbon black이 전기저항도가 낮은 예이다. 반면 전기저항도가 10^{10}ohm-cm 보다 크면 정전집진기의 효율이 떨어진다.

왜냐하면 첫째, 전극간의 상당한 전압 강하가 전기저항도가 높은 분진층을 가로질러 일어남으로 전기절연효과가 생긴다. 따라서 Corona를 형성하는 전력의 일부분만이 가스분자를 ion화시키고 충전된 분진입자를 집진극으로 이동시키는데 이용된다. 높은 전기저항도에 의한 두번째 문제는 역corona 또는 역이온화(back ionization)로서, 분진층을 통한 전압강하가 분진층의 유전강도를 증가하면 이러한 현상이 생긴다. 제거된 분진층 내에 갇힌 공기는 분진층을 통한 전압강하가 크면 이온화하며 양ion으로 형성된 것은 집진극에서 떨어져나가 집진극으로 향해오는 이온화된 입자들을 중화시킴으로써 제거되는 분진의 양을 감소시킨다.

또한 이온화는 분진층 내에서 spark를 일으켜 제거된 분진을 가스흐름 속으로 튀어나가게 할

수도 있다. 이러한 효과들에 의하여 정전집진기의 제진효율이 감소된다.

정전집진기는 전기저항도 $10^4 \sim 10^{10} \text{ohm-cm}$ 정도인 분진을 제거하는 데 가장 효과적이다. 많은 공장에서 배출되는 많은 분진들의 전기저항도가 이 범위내에 들지 않으므로 제진효율을 증가시키기 위하여 운전조건을 변경시켜야 할 때가 종종 생긴다. 분진의 전기저항도에 크게 영향을 미치는 가스의 특성은 온도와 습도로서 그 영향을 아래 그림에서 나타낸다.

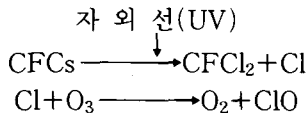


<문제 2> 오존층 감소에 영향을 미치는 물질을 열거하고 이 물질의 오존파괴 메커니즘을 설명하라.

염소(Cl₂), 불소(F₂), 탄소(C)를 인위적으로 결합하여 만든 화합물질을 총칭하여 CFCS (Chlorofluorocarbons) 즉 염화불화탄소라고 하는데 이 물질이 오존층을 파괴한다. 이 물질은 안전하고 경제성 때문에 냉장고의 냉매, 각종냉각장치, 각종전자제품세척제, 고효율 단열재, 음식물포장재, 플라스틱 발포제, 화장품 스프레이 등에 널리 쓰이게 되었다.

오존층의 파괴 메커니즘을 보면

- ① CFCs가 대기중으로 배출되면 매우느린 속도로 성층권으로 상승하게 되며(약 5년정도 걸림)
- ② CFCs는 자외선을 받아 CFCl₂와 염소원자(Cl⁻)로 분해되고 분리된 염소원자가 O₃와 반응하여 O₂와 ClO로 되고 ClO에서는 다시 Cl원자가 생성되어 앞의 반응을 되풀이 한다. 이렇게 해서 O₃층이 파괴되고 자외선 차단능력이 저하되게 된다.



<문제 3> 무연휘발유와 차량배출가스와의 관계를 간단히 설명하여라.

4-에 칠납같은 Antiknocking 첨가제 등의 개발, 사용으로 압축비를 높일 수 있고 엔진에 무리를 주지 않으면서도 효율을 높일 수 있게 되었다. 그러나 이에 따라 자동차 배기가스중에는 Pb(납)화합물이 함유하게 되어 이로인한 환경공해문제가 대두되게 되었다. 이에 따라 세계각국에서는 납을 사용하지 않는 무연휘발유로의 대체가 당연한 정책이 되었고 우리나라에서도 단계적 사용을 거쳐 1992년 부터는 유연휘발유의 사용이 금지될 전망이다.

납화합물이 아닌 메탄올이나 기타 Chain Hydrocarbon 등으로 옥탄가를 높인 무연휘발유를 사용

하게 되면 일차적으로는 배출가스에 Pb가 함유되지 않을 것이고 2차적으로는 향후 배출가스 개선을 위하여 자동차에 부착하여할 convertor를 납에 의한 피독을 방지하여 수명이나 성능저하를 일으키지 않게되어 결과적으로 NOx나 CO, HC의 제감에도 효과가 있을 것이다.

<문제 4> 세정집진기의 분진포집 원리를 설명하라.

세정집진장치는 액적, 액막, 기포 등에 의해 함진 배기를 세정하여 입자에 부착, 입자상호의 응집을 촉진시켜 입자를 분리시키는 장치이다.

이 세정 장치의 입자 포집원리로서는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

- ① 액적에 입자가 충돌하여 부착한다.
- ② 미립자 확산에 의하여 입자가 서로 응집한다.
- ③ 배기의 증습에 의하여 입자가 서로 응집한다.
- ④ 입자를 핵으로 한 증기의 응결에 따라 응집성을 촉진시킨다.
- ⑤ 액막, 기포에 입자가 접촉하여 부착한다.

따라서 세정집진에서는 다량의 액적, 액막, 기포를 형성시켜 배기와와의 접촉을 용이하게 하므로서 제진 효율을 높이는 방법이다. 사용하는 액체는 보통 물이지만 특수한 경우에는 계면활성제를 혼합하는 경우도 있으며, 때에 따라서는 일단 순환시켰던 물을 재순환시켜 사용하기도 한다. 함진 시체와의 접촉면적을 높여 포집효과의 증가를 위하여 분무시킨 물방울의 모양과 크기 및 nozzle의 종류를 달리하거나 또는 분출시키며, 수압을 높여 준다.

그 제진효율은 높지만 배수의 처리와 공업용수의 과잉사용, 양수펌프의 동력비 등 경제적인 문제점이 많다.

원칙적으로 물방울과 먼지 입자와의 접촉에 따라 입자가 제거되기 때문에 흔히 확산, 관성충돌, 충전층제진과 같이 비슷한 기초이론이 적용된다. 한편 그 원리는 관성제진의 경우와 비슷하나 수면

또는 수적구와 먼지 입자와의 접촉에 의하여 제거한다는 점이 다르다. 그러나 단점으로는 비산되어 멀리 다른 마을에 가서 떨어지던 먼지가 물방울에 포집된 물방울 즉, mist가 인근에 떨어져 주민들과 분쟁을 일으키는 경우가 많으므로 세정제진 장치의 경우, 최종적으로 dimistor를 사용해야 한다는 것을 잊어서는 안된다. 분무되는 가장 적합한 물방울이 있기 때문에 이조건을 맞추기 위하여 nozzle, 또는 원판이 사용된다.

너무 작은 물방울이 만들어지면 그 자체가 먼지에 포집되기 때문에 안전하게 포집되지 않는다.

기류에 의하여 최종적으로 형성되는 물방울 직경(표면적 : W) r , 유속 V (m/sec), 액체의 표면 장력 : T (dyne/cm²), 액 밀도 : ρ_1 (g/cm³), 액체의 점성계수 μ_1 (g/cmsec), 주수율 L (l/m³) 등에 의하여 결정되며 공식은 다음과 같다.

$$2r = \frac{585}{V} \sqrt{\frac{T}{P_1}} + 597 \left(\frac{\mu_1}{TP_1} \right)^{0.45L^{1.5}}$$

그리고 20°(상온)에서는 다음과 같다.

$$2r = \frac{5,000}{V} + 29L^{1.5}$$

이해를 돕기위해 예제를 들면 예제1. 20°C에서 $V=50$ (m/sec)이고 주수율 $L=1.0$ (l/m³)이라

면 물방울 r 과 반경은 얼마인가?

$$2r = \frac{5,000}{V} + 29L^{1.5} = \frac{5,000}{50} + \{29 \times (1.0)^{1.5}\} = 100 + 29 = 129V$$

원판 회전으로 미립화된 경우 원심력과 표면장력에 의하여 물방울 직경을 측정할 수 있다.

$$2T\pi r = \frac{4}{3}\pi r^3 P_1 R W^3$$

$$\therefore 2\pi = \sqrt{\frac{6T}{P_1 R}} / W$$

r : 물방울 반경

R : 회전원 반경(cm)

W : 원판 회전 각속도(rad/sec) $2\pi N/60$ (단 rpm)

• 상온의 경우

$$2\pi = \frac{2L}{W\sqrt{R}} = \frac{200}{N\sqrt{R}}$$

예제 2. $R=4$ cm, $N=3,600$ rpm이다. 이때의 물방울 직경은 얼마인가?

$$2\pi = \frac{2L}{W\sqrt{R}} = \frac{200}{3,600\sqrt{4}} = 277.77 = 278U$$

상담 및 문의전화 484-1867

애독자 여러분의 참여를 기다립니다!

연합회보의 문은 늘 열려있습니다.

애독자 여러분의 정성과 숨씨가 담긴 진솔한 글이라면, 현장에서 체득한 개선사례나 가까운 벗혹은 그리운이에게 띄우는 편지, 자신에게 하고픈 얘기 그리고 소설, 시, ... 등등

어떤 장르의 원고라도 환영합니다.

채택된 분께는 저희가 마련한 기념품을 드립니다.

보내실곳 : 서울시 구로구 구로5동 41-15 환경빌딩 2층

전국환경관리인연합회 회보담당자 앞