



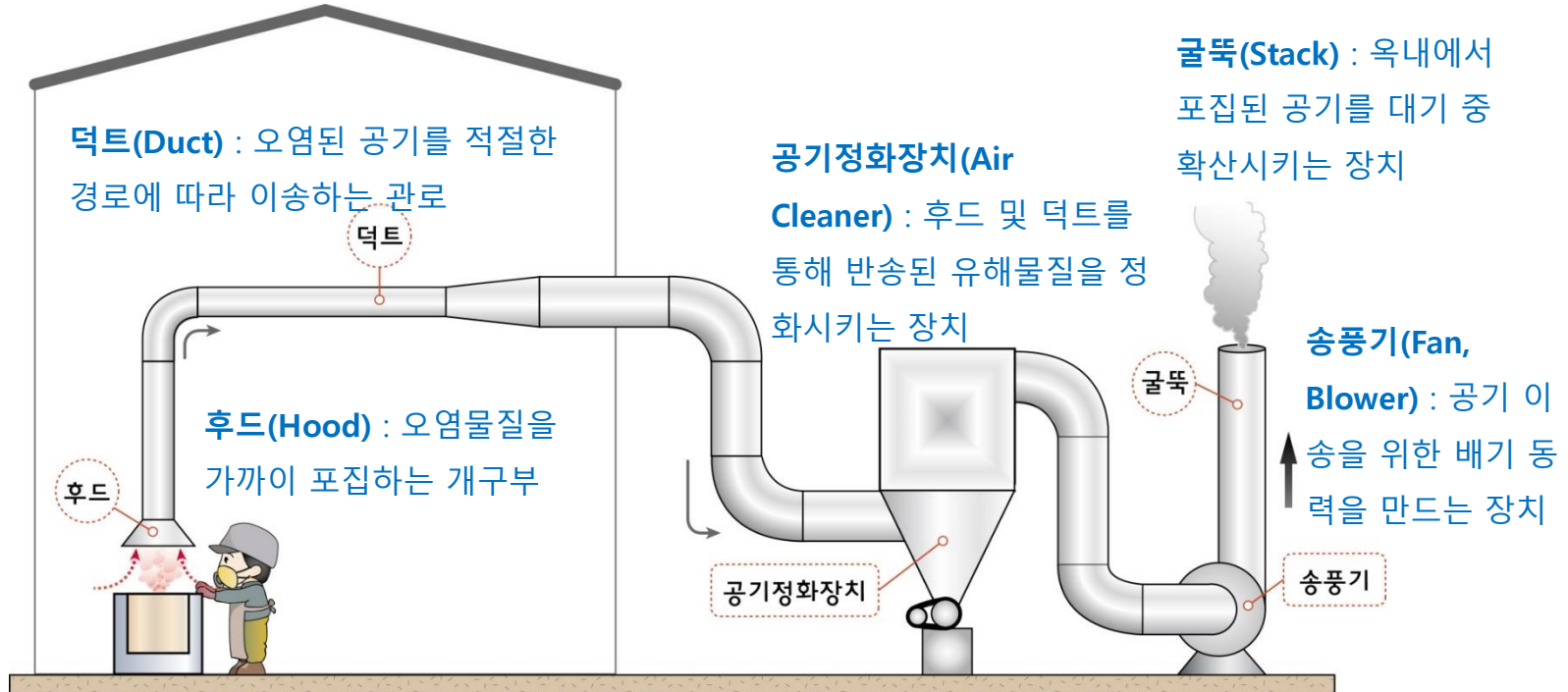
대기환경 전문공사업체 세미나

2023. 2.

하 현 철

경남녹색환경지원센터

1. 소규모 사업장 방지시설 설치 지원 심사 내용



구성	후드	덕트	공기정화기	송풍기
심사 내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 후드 형태의 적절성 ▪ 배출가스 유량 산정의 적정성 ▪ 후드 개선 내용 그림으로 표현 ▪ 현재 배출가스 유량을 그대로 적용하면 안됨 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 반송속도의 적절성 ▪ 덕트 재설치 검토 ▪ 반송속도가 빠를 경우 정압 증가에 의한 송풍기 용량 높아짐 <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin-top: 10px;"> $VP = \frac{V^2}{2g}$ $V = 4.043\sqrt{VP}$ <p>VP : 동압 (mmH₂O) V : 유속 (m/s)</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 오염물질 처리 효율 ▪ 오염물질 발생량 : 자가 측정 결과 역설계 안됨 ▪ 도장 부스 등 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시스템 정압 계산 결과 검토 ▪ ISO 도면 제시

I. 신청서 작성 사례

1. 설치 사례 1

2. 대기오염 배출·방지시설 설치 내역

가. 시설 내역

1) 대상 시설 전, 후 내역

기존 시설						변경 후 시설						
배출시설			방지시설				배출시설			방지시설		
시설명	용량	수량	시설명	용량	수량	설치년도	시설명	용량	수량	시설명	용량	수량
연마시설	5HP	5	원심력 집진시설	225 m³/분	2	2006년	연마시설	5HP	5	여과집 진시설	450 m³/분	1
연마시설	3HP	1					연마시설	3HP	1			
연마시설	2HP	1					연마시설	2HP	1			
연마시설	2HP	1					연마시설	2HP	1			
연마시설	6HP	2					연마시설	6HP	2			

※ 기존 방지시설 설치년도는 **가동개시일** 기준으로 작성할 것

※ 설치용량 변경 시 변경사유(풍량 재산정 등) 기재

② 대기방지시설 설치 지원 전 사진(상세히)



2) 오염물질 개선계획 (※ 배출허용기준 초과 여부 표시)

오염물질	b.자가측정 농도 (개선 전)	a.오염물질 발생농도 (이론산출)	c.개선 후 배출농도 (목표농도)	현 처리효율 (a-b) ÷ a	방지시설 개선효율 [(a-c) ÷ a]
먼지	9.8mg/Sm³	50.6mg/Sm³	5.06mg/Sm³	80.6%	90%

- 원심력에서 백필터로 교체
- 효율은 10% 개선!!1



※ 자가측정 농도(먼지 포함)는 최근 2회 측정 평균 농도 또는 최대치 택1 작성


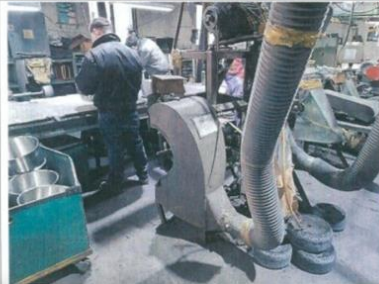
(자가측정기록부 오염물질 이론발생농도 산정자료 등 근거자료 첨부)

※ 준공 후 자가측정기록부 자료 제출

측정 내 용	측정용도	자가측정				
	대상이명칭 (측정지점)	NO.2-1 연마시설 외 (원심력집진시설 225CMM)				
	이외항목	먼지				
공 시 요 구 내 용	현황기상	기온	습도	기압	풍향	풍속
		30 ℃	58 %	753 mmHg	북서	1.2 m/s
	배출가스	배출가스유량		산소농도		기타
		175.63 Sm³/분		%		
	배위자 의견	이상 없음				
	제출일시	2021-06-30	시료채취자	최현배, 김민수 (HJB)		
측 정 분 석 결 과	측정항목	관련기준	측정분석값	측정시간 (원료입력~원출)	측정분석방법	비고
	먼지 mg/Sm³	30 이하	9.7	-	ES 01301.1b 배출가스 중 먼지 (원통여지)	
분석기간		2021-06-30 - 2021-07-07		분석책임자		박희연 (HJB)
⑤ 종합 의견		배출 허용기준에 적합 함.				
위와 같이 측정분석결과를 사실대로 기록합니다.						
2021년 07월 07일						

I 배출가스량 산정 방법의 문제

3	연마시설	3HP	
4	연마시설	2HP	

구분	배출시설명	용량 (단위기재)	관련사진
1	연마시설	6HP	
2	연마시설	5HP	

구분	용량	수량	HOOD 규격	면적(m²)	포착속도
연마시설	6HP	2	150×230×4EA	0.0345	10m/s
	5HP	5	150×230×10EA	0.0345	10m/s
	3HP	1	150×230×2EA	0.0345	10m/s
	2HP	2	150×230×4EA	0.0345	10m/s

→ 연마시설 1기당 2개의 HOOD가 설치되어 있음.

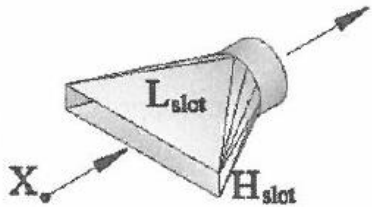
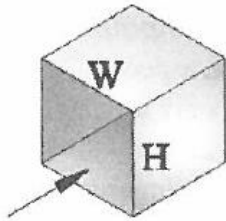
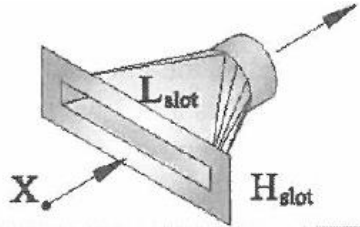
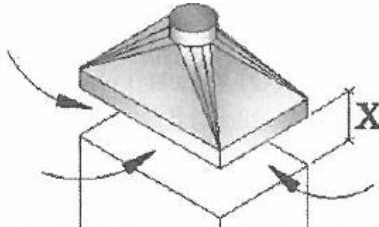
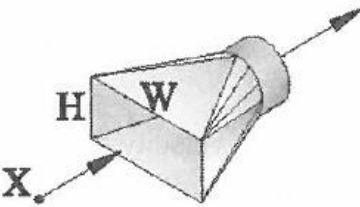
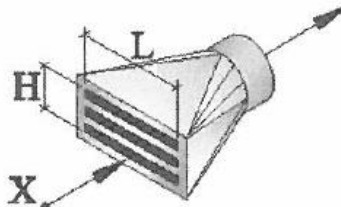
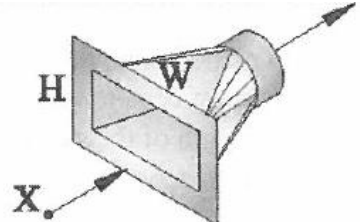
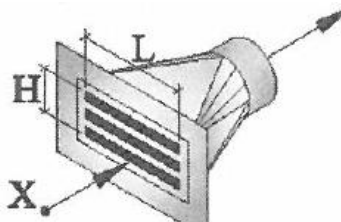
- $Q = A \times V$
- 제어속도(V) : 10m/s
- $Q1 = 0.0345\text{m}^2 \times 10\text{m/sec} \times 60\text{sec/min} = 20.7\text{m}^3/\text{min}$
 → $20.7\text{m}^3/\text{min} \times 20\text{EA} = 414\text{m}^3/\text{min}$
 ∴ 여유를 고려하여 450m³/min으로 산정함.

V = 제어속도

- 후드 형태 다르고 외부식임
- 유량 계산 방법 부적절



후드별 배기 유량 설계 - 산업환기매뉴얼

후드 형태	유량계산(m ³ /min)	후드 형태	유량계산(m ³ /min)
	$Q = 3.7 \times 60 \times LV_x \times X$		$Q = VA = 60 \times V_f \times W \times H$
	$Q = 2.6 \times 60 \times LV_x \times X$		$Q = 60 \times 1.4 \times P \times V \times X$ P = Perimeter of work or tank X = Height above work
	$Q = 60 \times V_x(10X^2 + A_f)$ $A_f = WH$		$Q = 60 \times V_x(10X^2 + A_s)$ $A_s = H \times L$
	$Q = 60 \times 0.75V_x(10X^2 + A_f)$ $A_f = WH$		$Q = 60 \times 0.75 \times V_x(10X^2 + A_s)$ $A_s = H \times L$

■ 물질별 제어유속

관리 대상 유해 물질

1. 유기 화합물 113종
2. 금속류 23종
3. 산, 알칼리류 17종
4. 가스상 물질 15종

허가 대상 유해물질

디클로로벤지딘과 그 염 등
13종

분진 작업장소

토석, 광물, 암석 등을 파는
장소에서의 작업 등 25종

금지 유해 물질

황린 성냥, 벤젠을 함유한 고
무풀 등 8종
•
유해화학물질 관리법에 의한
금지물질 55종

포위식 후드
외부식 후드

밀폐식 구조
포위식 또는 부스식 후드
외부식 후드 **(상방흡인형은 제외)**

각종 형태의 후드

밀폐식 구조 및
부스식 후드

구 분	물질 상태	후드 형식	제어유속 기준 (m/s)
관리 대상 유해 물질	가스상	포위식 포위형	0.4
		외부식 측방흡인형	0.5
		외부식 하방흡인형	0.5
		외부식 상방흡인형	1.0
	입자상	포위식 포위형	0.7
		외부식 측방흡인형	1.0
		외부식 하방흡인형	1.0
		외부식 상방흡인형	1.2

구 분	물질 상태	후드 형식	제어유속 기준 (m/s)
허가대 상유해 물질	가스상	포위식 또는 부스식 외부식 후드 (상방흡인형 제외)	0.5
	입자상	포위식 또는 부스식 외부식 후드 (상방흡인형 제외)	1.0

I 방지시설 압력 손실 계산

2) 방지시설 설계내역서

가) 방지시설 개요 (예시)

- 명칭 : 여과집진시설
- 형식 : Bag-Filter
- 필터규격 : Ø160 × 3000H

나) 방지시설 본체의 설계 및 계산근거

- 여과필터 규격 : φ160 × 3000H
- 형 식 : Filter Bag
- 총여과면적 : $\pi \times D \times H = 3.14 \times 0.16 \times 3.0 = 1.51\text{m}^2/\text{EA}$
- 설계근거

① 총여과면적(A_t)

- 처리가량(Q) : 450m³/min
- 필터의 여과속도(V) : 1.7m/min
- 여과면적(A_t) : $\frac{Q}{V} = \frac{450\text{m}^3/\text{min}}{1.7\text{m}/\text{min}} = 264.7\text{m}^2$

재검토

2) 총압력손실(ΔP_T) 계산근거

① 여과필터(Filter BAG) 본체의 압력손실(ΔP_f)

- 무부하압력손실(ΔP_{f1}) + BAG FILTER 압력손실(ΔP_b) = (2.09 + 128.43)mmAq
= 130.52mmAq

$$\Delta P_f = \zeta \times \frac{\mu \times V}{g} = \frac{4.26 \times 10^7 \times (1.72 \times 10^{-5}) \times 0.028}{9.8} = 2.09\text{mmAq}$$

여기서, - 여포저항계수(ζ) : 4.26 × 10⁷

- 중력가속도(g) = 9.8m/sec²

• 필터 개수 : 176.47m² + 1.51m² = 175.3 ≈ 176EA

② 필터의 교체주기 : 압력차가 150mmAq이상 흡입력이 떨어질 때 교체(작업성에 따라

차이는 날수 있으나 6개월에 전량 교체함.

③ 본체사양

• 단위 여과백 재질 : P.E

• 본체 사양

- Air pulse V/V : φ40 × 16EA

- BODY(외형규격) : 2700 × 3900 × 7700

- Rotar V/V : □250

- 수량 : 1기

• 필터 교체는 차압으로
주기 결정

• 시스템 정압 계산시에는
말기차압으로 결정

- 가스점도(μ) = 1.76 × 10⁻⁶kg_f · sec/m²

= 1.72 × 10⁻⁵kg/m · sec (1kg_f=9.8N)

- 가스걸보기 여과속도(V) = 1.7m/min / 60sec/min = 0.028m/sec

$$\Delta P_b = 180 \times \frac{(1-\epsilon)^2}{\epsilon^3} \times \frac{L \times V \times \mu}{d_f^2} = 180 \times \frac{(1-0.75)^2}{0.75^3} \times \frac{0.001 \times 0.028 \times 1.72 \times 10^{-5}}{(1 \times 10^{-3})^2} = 128.43\text{mmAq}$$

여기서, - ε(공극률(먼지층)) : 0.75

- d_f = 1 × 10⁻⁵m

- μ(가스점도) = 1.72 × 10⁻⁵kg/m · sec = 1.72 × 10⁻⁵N · sec/m²

- V(가스걸보기 여과속도) = 0.028m/sec

- L(먼지퇴적층 두께) = 0.001m

I 시스템 압력 손실 계산

1) MAIN DUCT 설계

- 가스량(Q) : 450 m³/min

유속(V) : 20m/sec

- MAIN DUCT 직경 : $A = \frac{Q}{V}$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 450 \text{ m}^3/\text{min}}{20 \text{ m/sec} \times 60 \text{ sec/min} \times \pi}} \approx \phi 700$$

② 직관의 압력손실 $\phi 700(L=20\text{m})$ 직관의 경우

덕트 총 길이가 20M?

$$\Delta P_2 = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{r V^3}{2g} = 0.02 \times \frac{20}{0.7} \times \frac{1.18 \times 20^3}{2 \times 9.8} = 13.76 \text{ mmAq}$$

여기서, λ : 마찰계수 = 0.02, L : 관의 길이(m), D : 관의 직경(m)

$$V : \text{속도} = 20 \text{ m/sec}, r : \text{공기비중} = 1.29 \text{ kg/m}^3 \times \frac{273}{273 + 25} = 1.18$$

③ 곡관압력손실(ΔP_3) : 90° 곡관 수량 = 3EA

$$\Delta P_3 = \zeta \times P_v \times 4EA = 0.22 \times \frac{1.18 \times 20^3}{2 \times 9.8} \times 3EA = 15.89 \text{ mmAq}$$

여기서, ζ : 압력손실계수 = 0.22 (곡관의 반경비(R/D) = 2.5 적용시)

④ 합류관에 의한 압력손실

$$\Delta P = (\xi \times P_{v1}) + (\xi \times P_{v2})$$

* ΔP : 압력손실 (mmAq)

ξ : 압력손실계수 (인입각도 45°일 경우 주관 0.28, 지관 0.2)

P_{v1} : 주관의 속도압 (20.0m/sec 일 때 24.08mmAq)

P_{v2} : 지관의 속도압 (20.0m/sec 일 때 24.08mmAq)

합류관 수 : 8EA

$$\Delta P_4 = \{(0.28 \times 24.08 \text{ mmAq}) + (0.2 \times 24.08 \text{ mmAq})\} \times 8EA = 92.47 \text{ mmAq}$$

$$\begin{aligned} \text{⑤ 총압력손실}(\Delta PT) &= \Delta P_1 + \dots + \Delta P_4 = 130.52 + 13.76 + 15.89 + 92.47 \\ &= 252.64 \text{ mmAq} \end{aligned}$$

따라서, 설계시 총압력손실은 여유 고려하여 270mmAq로 산정함

3) 송풍기 사양

- 형 식 : TURBO

- 풍 량 : 450 m³/min

- 풍 압 : 270 mmAq

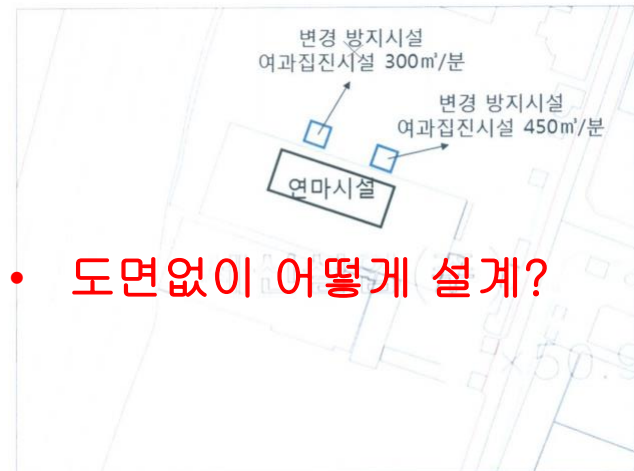
- 효 율 : 65%

- 동 력(HP)

$$\begin{aligned} \text{HP} &= \frac{\Delta P_T \times Q}{4500 \times \eta} \times 1.2 \\ &= \frac{270 \times 450}{4500 \times 0.65} \times 1.2 \\ &= 49.8 \text{ HP} \approx 50 \text{ HP로 선정.} \end{aligned}$$

- 필터 교체는 차압으로 주기 결정
- 시스템 정압 계산시에는 말기차압으로 결정

※ 따라서, 여유를 고려하여 송풍기(TURBO) = 450m³/min × 270mmAq × 50HP로 선정

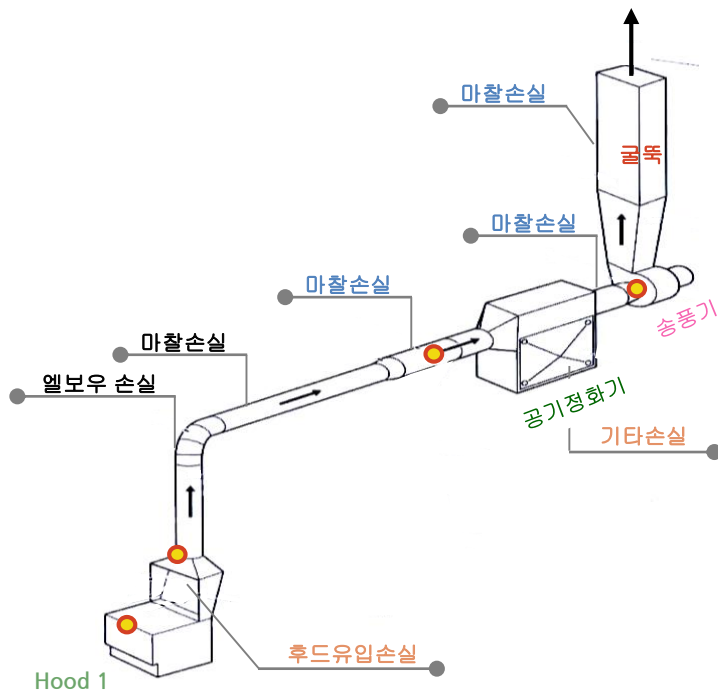


- 도면없이 어떻게 설계?

■ 환기 관련 용어 정리

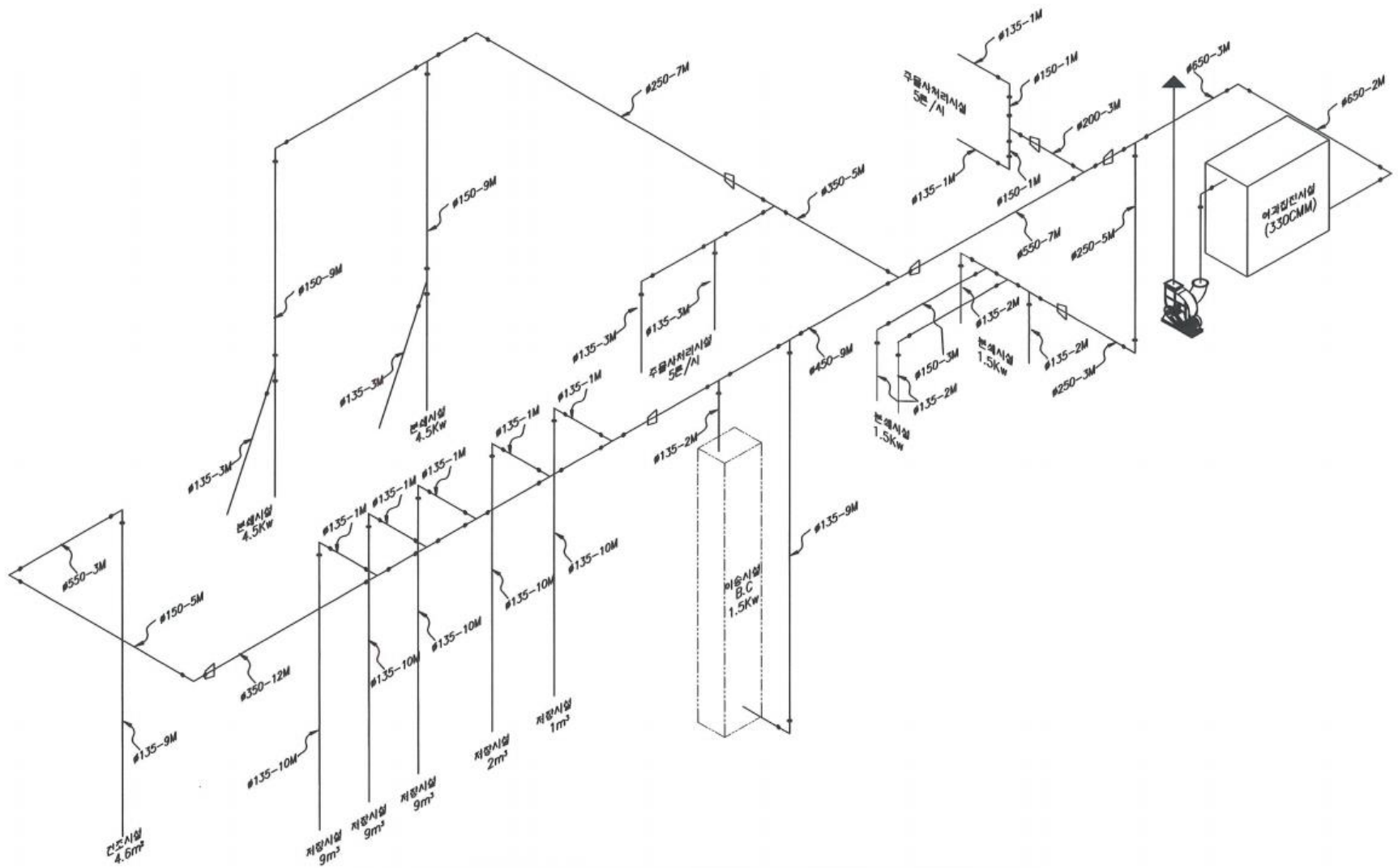
구성	관련 용어 정리	
송풍기 부분	송풍기 유량	<ul style="list-style-type: none"> 송풍기에서 배출되는 유량으로 연결된 모든 후드의 포집유량과 동일하거나 더 많게 설계해야 함
	송풍기 정압	<ul style="list-style-type: none"> 후드로 유입된 공기가 덕트와 공기정화기를 거쳐 굴뚝으로 토출 될 때 까지 발생하는 압력 손실을 극복하기 위한 힘(압력)을 말함 송풍기 정압, 시스템 압력손실, 송풍기 정격정압 등은 동일한 의미로 사용됨
	송풍기 성능곡선	<ul style="list-style-type: none"> 각각의 송풍기가 가지고 있는 특성으로 성능곡선 또는 특성 곡선이라고도 함 송풍기 정압 변화에 따라 유량의 증감을 측정하여 그래프로 표현한 것임 그래프에서 정압(FSP)는 덕트 부분에서 계산된 “압력손실”이고, 유량(Q)는 후드부분에서 계산된 “포집유량”임 <div data-bbox="962 629 1773 1300"> </div>

I 국소배기장치의 압력 손실 계산 방법



구분		계산 방법	비고																
후드 유량 계산		후드 풍량산정방법 참조																	
최소 반송속도 결정		오염물질 특성에 따른 덕트 반송속도표 참조																	
덕트 크기 결정		$A = \frac{Q}{V} \quad D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$																	
후드 정압		$SP_h = VP(1 + F_h)$ ※ Fh : 후드 유입손실계수 표 참조	덕트 내 속도압으로 속도 제곱에 비례함 VP= V ² /19.6																
덕트 압력 손실	마찰 손실	$H_f = \frac{f}{D} = a \frac{V^b}{Q^c}$ Q : 유량 (m3/s) D : 관 직경 V : 유속 (m/s)	<table><tr><th>덕트재질</th><th>a</th><th>b</th><th>c</th></tr><tr><td>알루미늄, 흑철, 스테인레스 스틸</td><td>0.0162</td><td>0.465</td><td>0.602</td></tr><tr><td>아연도강판</td><td>0.0155</td><td>0.533</td><td>0.612</td></tr><tr><td>주름관</td><td>0.0186</td><td>0.604</td><td>0.639</td></tr></table>	덕트재질	a	b	c	알루미늄, 흑철, 스테인레스 스틸	0.0162	0.465	0.602	아연도강판	0.0155	0.533	0.612	주름관	0.0186	0.604	0.639
			덕트재질	a	b	c													
			알루미늄, 흑철, 스테인레스 스틸	0.0162	0.465	0.602													
			아연도강판	0.0155	0.533	0.612													
주름관	0.0186	0.604	0.639																
곡관 손실	$\Delta p = K VP$ ※ 원형 및 사각 엘보우 압력손실표 참조																		
합류관 손실	$\Delta p = K VP$ ※ 합류관 유입손실표 참조																		

I 국소배기장치의 압력 손실 계산을 위한 필요 도면



● 현재 덕트 상태에서 정압 산정

1. 관구분	1-1	1-2	덕1	덕2	2	덕3	18	덕4	3	덕5	4	덕6	5	덕7	7	덕8	6-2	6-1	덕9	덕10	10	덕11	8	덕12	9	덕13	13	덕14
2. 송풍량 (㎥/min)	4.2	4.2	8.4	8.4	4.2	12.6	2.4	15.0	4.2	19.2	4.2	23.4	4.2	27.6	4.2	31.8	4.2	4.2	8.4	40.2	4.2	44.4	4.2	48.6	4.2	52.8	4.2	57.0
4. 관직경(mm)	100.0	100.0	100.0	200.0	100.0	200.0	75.0	170.0	100.0	200.0	100.0	230.0	100.0	200.0	100.0	200.0	100.0	95.0	100.0	200.0	100.0	200.0	100.0	200.0	100.0	200.0	100.0	200.0
6. 실제관유속(m/sec)	8.5	8.5	17.0	4.2	8.5	6.4	7.6	10.3	6.4	9.0	17.0	10.0	8.5	15.4	8.5	17.5	8.5	9.4	17.0	21.8	8.5	23.9	8.5	26.0	8.5	28.1	8.5	30.2
7. 관속도압(mmAq)	4.4	4.4	17.6	1.1	4.4	2.5	3.5	6.5	2.5	5.0	17.6	6.2	4.4	14.5	4.4	18.8	4.4	5.4	17.6	28.9	4.4	34.9	4.4	41.3	4.4	48.4	4.4	55.9
8. 후드유입손실계수	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0
9. 후드가속계수	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0
10. 후드유입손실	1.5	1.5	0.0	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	1.5	0.0	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0
11. 유입손실	6.6	6.6	0.0	0.0	6.6	0.0	5.2	0.0	3.7	0.0	26.5	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0	6.6	8.1	0.0	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0
12. 기타손실 (mmAq)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13. 후드정압	6.6	6.6	0.0	0.0	6.6	0.0	5.2	0.0	3.7	0.0	26.5	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0	6.6	8.1	0.0	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0
14. 관길이 (m)	2.5	1.0	4.0	1.0	5.0	1.0	8.5	1.0	6.0	1.0	6.0	0.5	5.0	0.5	6.5	0.5	1.0	2.3	6.5	1.0	10.0	0.3	6.8	6.0	6.5	1.5	7.5	0.5
15. 마찰계수 (Ht)	0.3	0.3	0.2	0.1	0.3	0.1	0.4	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.3	0.2	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1
16. 마찰손실	0.6	0.3	1.0	0.1	1.3	0.1	3.1	0.1	1.6	0.1	1.4	0.1	1.3	0.1	1.7	0.1	0.3	0.6	1.6	0.1	2.5	0.0	1.7	0.6	1.7	0.2	1.9	0.1
17. 90° 곡관의 개수	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	3.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	5.0	0.0	4.0	0.0	2.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0
18. 엘보손실계수	0.3	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	1.1	0.0	1.1	0.0	0.8	0.0	0.3	0.0	0.0	0.3	1.4	0.0	1.1	0.0	0.5	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0
19. 유입관 수	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0
20. 유입관손실계수	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0
21. 특수접속손실계수	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22. 속도압표현 관손실	0.9	0.3	1.2	1.1	1.5	1.1	3.4	1.1	2.6	1.1	2.5	1.1	2.1	1.1	1.9	1.1	0.3	0.9	3.9	1.1	3.6	1.0	2.3	1.6	1.9	1.2	2.2	1.1
23. 관손실(Duct Loss) (mmAq)	4.0	1.1	21.7	1.2	6.8	2.8	11.7	7.3	6.6	5.5	44.5	6.4	9.2	15.2	8.5	19.7	1.1	4.8	69.0	31.9	16.0	35.9	10.0	66.1	8.5	55.6	9.6	58.7
24. 관정압손실(Duct SP Loss)	10.6	7.7	21.7	1.2	13.4	2.8	17.0	7.3	10.3	5.5	71.0	6.4	15.8	15.2	15.1	19.7	7.7	12.9	69.0	31.9	22.6	35.9	16.6	66.1	15.1	55.6	16.2	58.7
25. 누적정압	0.0	0.0	32.3	33.6	0.0	36.3	0.0	43.6	0.0	49.1	0.0	55.6	0.0	70.8	0.0	90.5	0.0	0.0	81.9	122.4	0.0	158.3	0.0	224.4	0.0	279.9	0.0	338.6
26. 지배정압	0.0	0.0	32.3	33.6	0.0	36.3	0.0	43.6	0.0	49.1	0.0	55.6	0.0	70.8	0.0	90.5	0.0	0.0	81.9	122.4	0.0	158.3	0.0	224.4	0.0	279.9	0.0	338.6

정압계산 결과
설명

- 덕 10번 부터 관 유속이 증가하면서 관 속도압이 크게 증가됨
- 모든 압력손실은 $\Delta P = f \times VP$ 로 표현됨(압력손실 계수에 동압을 곱하면 압력손실값(mmAq)로 표현됨)
- 덕14번 부터 관 유속이 30m/s를 초과하고, 23번의 누적 정압도 급격하게 증가됨
- 현재 덕트를 유지할 경우 덕 14번(13번 후드에서 14번 덕트 사이 구간)에서 이미 누적 정압이 338mmAq로 송풍기 정압을 초과하게 됨

2. 설치 사례 2

2. 대기오염 배출·방지시설 설치 내역

가. 시설 내역

1) 대상 시설 전, 후 내역



기존 시설							변경 후 시설						
배출시설			방지시설				배출시설			방지시설			
시설명	용량	수량	시설명	용량	수량	설치년도	시설명	용량	수량	시설명	용량	수량	
주물사 처리시설 (분쇄시설) (분쇄시설) (저장시설) (저장시설) (저장시설) (건조시설) (이송시설_B, C)	5톤/시 1.5kw 4.5kw 9m³ 2m³ 1m³ 4.6m³ 1.5kw	1 1 1 3 1 1 1 1	여과집진 시설	330m³/분	1	1999	주물사 처리시설 (분쇄시설) (분쇄시설) (저장시설) (저장시설) (저장시설) (건조시설) (이송시설_B, C) 탈사시설 (변경신고 예정)	5톤/시 1.5kw 4.5kw 9m³ 2m³ 1m³ 4.6m³ 1.5kw	1	여과집진 시설	330m³/분	1	

2) 오염물질 개선계획 (* 배출허용기준 초과 여부 표시)

오염물질	b.자가측정 농도 (개선 전)	a.오염물질 발생농도 (이론산출)	c.개선 후 배출농도 (목표농도)	현 처리효율 (a-b) ÷ a	방지시설 개선효율 [(a-c) ÷ a]
먼지	2.4	81.32	16.26	97%	80%
크롬화합물	0.0108	0.0216	0.004	50%	80%
니켈 및 그 화합물	0.005	0.01	0.002	50%	80%

- 신설 방지시설의 효율이 낮다?

I 배출가스량 산정 방법의 문제

구분	배출시설명	용량 (단위기제)	관련사진
1	주물사처리시설	5톤/시	
	분쇄시설	1.5kw	
	분쇄시설	4.5kw	
	저장시설	9m³	
	저장시설	2m³	
	저장시설	1m³	
	건조시설	4.6m³	
	이송시설_B,C 탈사시설(변경신고예정)	1.5kw	



I 배출가스량 산정 방법의 문제

다. 설계 사양

1) 배출시설별 배기풍량 및 오염물질발생량 산정

- a) 명칭 및 용량 : 주물사처리시설(5톤/시), 분쇄시설(1.5kw, 4.5kw)
저장시설(9m³, 2m³, 1m³), 건조시설(4.6m³), 이송시설(1.5kw)
탈사시설(추후 대기 변경신고시 추가예정)
- b) 연료 및 동력사용 : 전기
- c) 운전 및 가동방법 : 주조과정 시 발생하는 먼지를 후드를 통해
여과집진시설로 유입, 처리함.

d) 배출가스량 산정

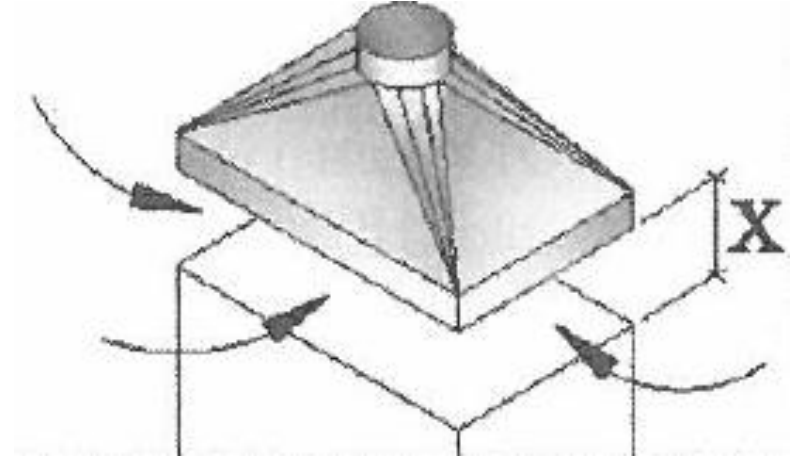
① 탈사시설(추후 대기 변경신고시 추가 예정)

HOOD 형식	개구면적	수 량	비 고
포위식 후드 (커텐설치예정)	1000 x 500	1EA	

A : 개구면적 (0.24m²)
V : 제어풍속 (0.7m/sec)

$$\begin{aligned} \circ \text{배출가스량}(Q) &= A \times V \times 60 \\ &= 0.5 \times 0.7\text{m/sec} \times 60\text{sec/min} \times 1\text{EA} \\ &= 21\text{m}^3/\text{분} \end{aligned}$$

- 제어거리 0.15M 캐노피 후드?
- 작업 불가함
- 후드 형태에 대한 그림이 없으니
알 수 없음



⑤ 분쇄시설(1.5kw, 4.5kw)

HOOD 형식	개구면적	수 량	비 고
캐노피형 후드	800 x 400	2EA	

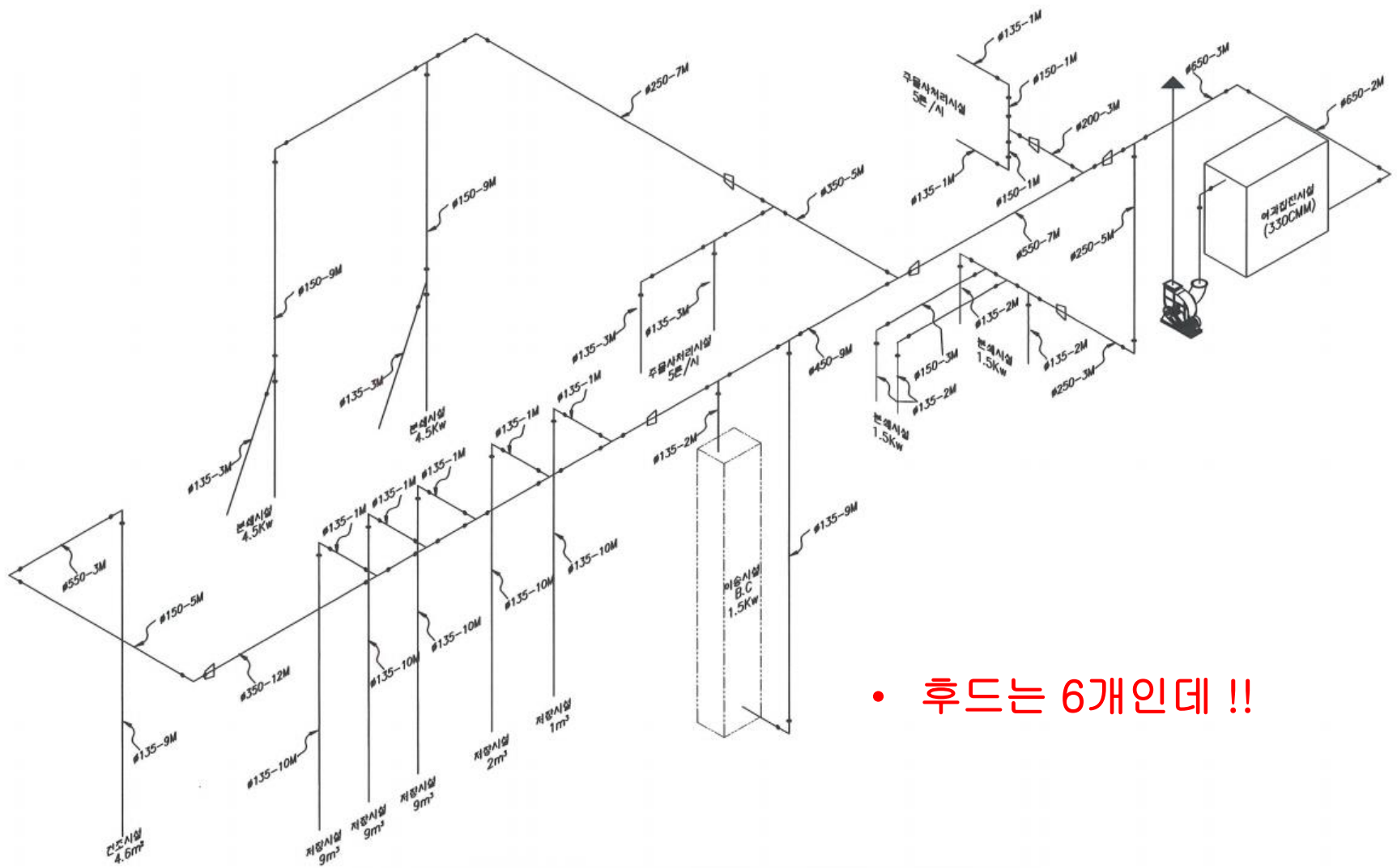
P : 오염원둘레 (2.4m)
D : 포집거리 (0.15m)

$$\begin{aligned} \circ \text{배출가스량}(Q) &= 1.4 \times P \times V \times D \\ &= 1.4 \times 1.2\text{m/sec} \times 2.4\text{m} \times 0.15\text{m} \times 60\text{sec/min} \times 2\text{EA} \\ &= 72.58\text{m}^3/\text{분} \end{aligned}$$

$$\therefore Q = 21 + 42.48 + 21.24 + 26.88 + 117.84 + 72.58 = 302.02\text{m}^3/\text{min}$$

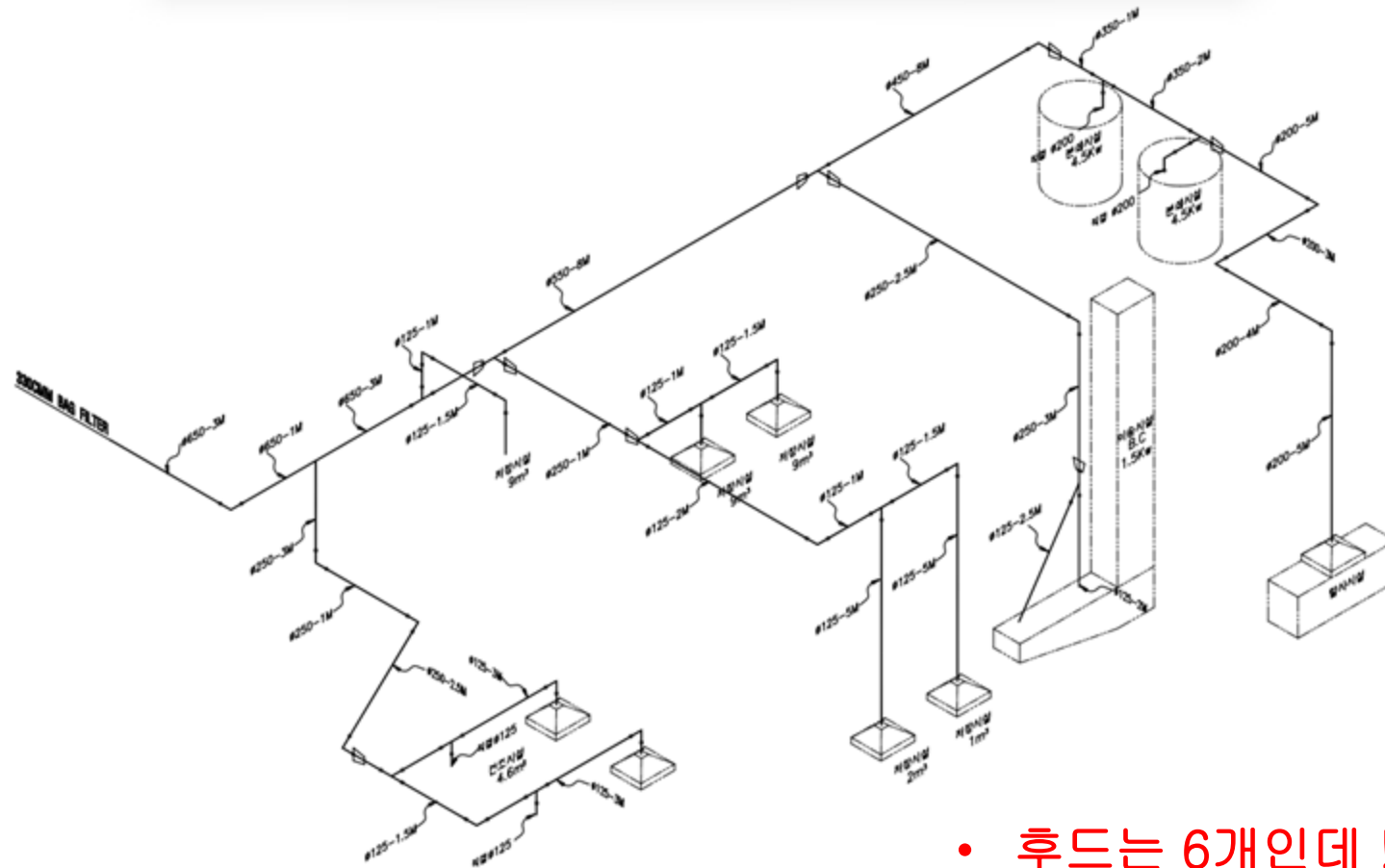
= 설계점 : 330m³/min(여유율고려)

I 국소배기장치의 압력 손실 계산을 위한 필요 도면



• 후드는 6개인데 !!

I 국소배기장치의 압력 손실 계산을 위한 필요 도면



• 후드는 6개인데 !!

방지시설 압력 손실 계산

나) 방지시설 본체의 설계 및 계산근거

- ① 처리가스량 : 330m³/min
- ② 수량 : 1기
- ③ 본체 여과속도(LV) : 2.63m/min (실 여과속도 1.6m/min)
(※대기오염방지시설 설계실무편람 제3장 표3-13 참조)

$$\begin{aligned}
 V_F &= A \times B \times C \times D \times E (m/min) \\
 &= 2.71 \times 1 \times 0.98 \times 0.9 \times 1.1 \\
 &= 2.63 m/min
 \end{aligned}$$

☞ 효율을 높이기 위해 설계점 V_F를 1.6m/min으로 함

A1 : 물질명별 변수 값(5.75 : 금속분)

$$A = A1 \times 60 \times 0.00785 = 2.71 (m/min)$$

B1 : 집진기의 설치용도별 변수값(82 : 집진기)

$$B = \left(\frac{38 + B1}{2} \right) \times \frac{1}{60} = 1$$

C : 집진기 내부 온도 보정치(ra : 표준공기비중량 1.2kg/m³)

$$r'a = 1.2931 \times \frac{273}{(273 + 25)} \times 0.968 = 1.17$$

$$C = \frac{r'a}{ra} = \frac{1.17}{1.2} = 0.98$$

D1 : 분진의 입도 보정치에 대한 변수 값(2.7 : 10μ~50μ)

$$D = \frac{D1}{3} = \frac{2.7}{3} = 0.9$$

E1 : 분진의 농도 보정치에 대한 변수 값(34 : 5g 이하 g/m³)

$$E = \left(\frac{E1}{38} \right)^{-0.9} = \left(\frac{34}{38} \right)^{-0.9} = 1.1$$

④ 본체 필요 여과면적(A)

$$A = \frac{\text{처리가스량}(Q)}{\text{여과속도}(LV)} = \frac{330 M^3 / MIN}{1.6 M / MIN} = 206.25 M^2$$

⑤ 단위 여과 BAG의 규격 : Ø160 x 3,500L

⑥ 단위 여과 BAG의 여과면적(a)

$$a = \pi \times 0.16 \times 3.5m = 1.76 m^2$$

⑦ 단위 여과 BAG의 수량(N)

$$N = \text{필요 여과면적}(A) \div \text{단위 여과 BAG의 여과면적}(a)$$

$$= 206.25 m^2 \div 1.76 m^2 = 117 EA \dots\dots\dots \underline{120EA \text{ 결정}}$$

-여과필터 교환 주기(T): ※ 12개월 사용 후 전량 교체함.

⑧ 탈진주기(t)

$$t = \frac{\Delta P - 59.8 V}{127 C_i \times V^2} = \frac{132.54 - (59.8 \times 0.0267)}{127 \times 81.32 \times 0.0267^2} = 17sec$$

ΔP : 여과집진기 압력손실 (132.54mmAq) - 후면 압력손실 참조

V : 여과속도 (0.0267m/sec)

C_i : 입구 먼지농도(81.32mg/Sm³) (측정기록부 기준)

☞ 이론상 탈진주기는 17sec이나 현장여건을 고려하여 설계 탈진주기를 15sec로 함

⑧ 단위 BAG의 배열 : 15열 x 8행 (120EA) 설치 예정

요구수량 < 설치수량 적정

- 실제 여과속도

$$V_a = \frac{Q}{A} = \frac{330 m^3 / min}{1.76 m^2 / ea \times 120 ea} = 1.6 m/min$$

다) 덕트의 설계 계산

- 인입 DUCT 규격 결정

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V \cdot 60}} = \sqrt{\frac{4 \times 330 M^3 / MIN}{\pi \times 18 M / SEC \times 60}} \approx 0.623 (\text{Ø}620)$$

- STACK 규격 결정

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V \cdot 60}} = \sqrt{\frac{4 \times 330 M^3 / MIN}{\pi \times 15 M / SEC \times 60}} \approx 0.683 (\text{Ø}700)$$

라) 압력손실 계산

a) 여과집진시설 압력손실(P₁)

$$\Delta P_1 (\text{BAG FILTER 압력손실}) = \Delta P_f (\text{무부하 압손}) + \Delta P_d (\text{부하 압손})$$

- 무부하 압력손실(ΔP_f)

$$\Delta P_f = \zeta_0 \frac{\mu U_s}{g_c} = 1.29 \times 10^7 \times \frac{1.82 \times 10^{-5} \times 0.0267}{9.8} = 0.64 \text{ mmAq}$$

ΔP_f : 무부하 압력손실 (mmAq)

ζ₀ : 여과천에서의 저항 (1.29×10⁷ : 테릴렌사(평직단섬유))

μ : gas의 점도 (점성계수 × 중력환산계수)

$$\mu = 1.86 \times 10^{-6} \times 9.8 = 1.82 \times 10^{-5} \text{ kg/m} \cdot \text{sec}$$

U_s : 여과속도 (m/sec)

$$U_s = \frac{1.6 \text{ m/min}}{60 \text{ sec/min}} = 0.0267 \text{ m/sec}$$

g_c : 중력 환산계수 (9.8 kg_m·m/kg_f·sec²)

- 부하 압력손실(ΔP_d)

$$\Delta P_d = \alpha \left(\frac{G_d}{A} \right) \frac{\mu U_s}{g_c} = 3.8 \times 10^9 \times 0.7 \times \frac{1.82 \times 10^{-5} \times 0.0267}{9.8} = 131.9 \text{ mmAq}$$

ΔP_d : 부하 압력손실 (mmAq)

α : 퇴적 dust층의 비저항 (m/kg_m)

$$\alpha = \frac{180 \cdot (1 - \zeta_p)}{D_{ps}^2 \cdot \rho_p \cdot \zeta_p^3} = \frac{180 \times (1 - 0.8)}{0.0000058^2 \times 550 \times 0.8^3} = 3.8 \times 10^9$$

ζ_p : 걸보기 공극율 (0.8 : 직포)

D_{ps} : 5.8×10⁻⁶m

ρ_p : dust 걸보기 비중 (0.55g/cc = 550kg/m³)

G_d/A = 0.7(m : 퇴적 dust 부하(kg_m/m²))로서 0.1~1.0 범위)

μ : gas의 점도 (점성계수 × 중력환산계수)

$$\mu = 1.86 \times 10^{-6} \times 9.8 = 1.82 \times 10^{-5} \text{ kg/m} \cdot \text{sec}$$

U_s : 여과속도 (0.0267m/sec)

g_c : 중력 환산계수 (9.8kg_m·m/kg_f·sec²)

- 여과집진기 압력손실

$$\Delta P_1 = \Delta P_f + \Delta P_d = 0.64 + 131.9 = 132.54 \text{ mmAq}$$

I 시스템 압력 손실 계산

c) 직관에서의 압력손실(P₂)

지름(mm)	길이(m)	개수(EA)	압력손실(mmAq)	비 고
ø200	17	1	33.73	
ø350	3	1	3.4	
ø450	8	1	7.05	
ø650	8	1	4.88	

$$P_2 = \lambda \frac{L}{D} \times P_V = 0.02 \times \frac{17}{0.2} \times 19.84 + 0.02 \times \frac{3}{0.35} \times 19.84 + 0.02 \times \frac{8}{0.45} \times 19.84 + 0.02 \times \frac{8}{0.65} \times 19.84 = 49.06 \text{ mmAq}$$

λ : 무차원상수(=4f=0.02)

D : 관의 지름(m)

L : 관의 길이(m)

P_V : 속도압

$$P_V = \frac{rV^2}{2g} = \frac{1.2 \times 18^2}{2 \times 9.8} = 19.84 \text{ mmAq}$$

r : 공기비중량(1.2) V : 덕트내 유속(18m/sec)

g : 중력가속도(9.8m/sec²)

- 후드는 6개인데 직관은 4개?
- 도면과 불일치

d) 곡관에서의 압력손실(P₃)

$$P_3 = \xi \times P_V \times \frac{\theta}{90} \times N = (0.27 \times 19.84 \times \frac{90}{90} \times 5) = 26.78 \text{ mmAq}$$

곡관압력손실계수 : ζ = 0.27(r/d = 2)

곡관 개수 : 90° 5EA,

e) 합류관에서의 압력손실(P₄)

$$P_4 = (\xi_1 \times P_V \times N = 0.2 \times 19.84 \times 6 = 23.81 \text{ mmAq}$$

주덕트압력손실계수 ζ₁ = 0.2

합류관 개수 : 6EA

e) 총 압력손실(P) = 132.54 + 49.06 + 26.78 + 23.81
= 232.19mmAq

☞ 여유율을 고려하여 총 압력손실을 300mmAq로 함.

마) 송풍기의 동력 계산

- 형식 : TURBO
- 풍량(Q) : 330m³/min
- 풍압(ΔP) : 300 mmAq
- 동력 : 4P x 220/380V x 30kw
- 재질 : SS400
- 수량 : 1기

▷ 송풍기 동력 산정

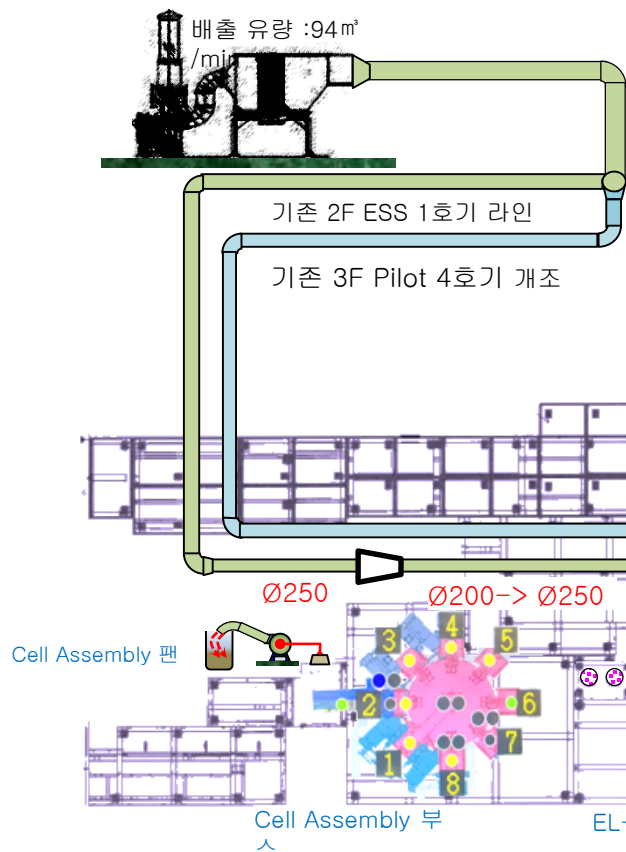
$$KW = \frac{\text{풍량}(Q) \times \text{풍압}(\Delta P)}{6120 \times \text{효율}(\eta)} \times \text{여유율}(\alpha)$$

$$= \frac{330 \text{ m}^3/\text{min} \times 300 \text{ mmAq}}{6120 \times 0.65} \times 1.2 = 29.86 \approx 30 \text{ kw}$$

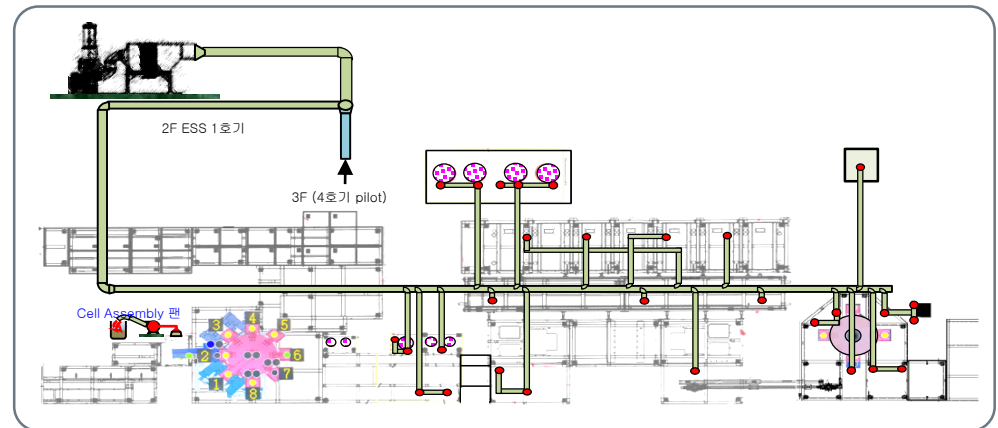
II. 시스템 압력손실 계산 방법

1. 덕트 재배치

개선방안 배기시스템 구성도



현재상태 배기시스템 구성도

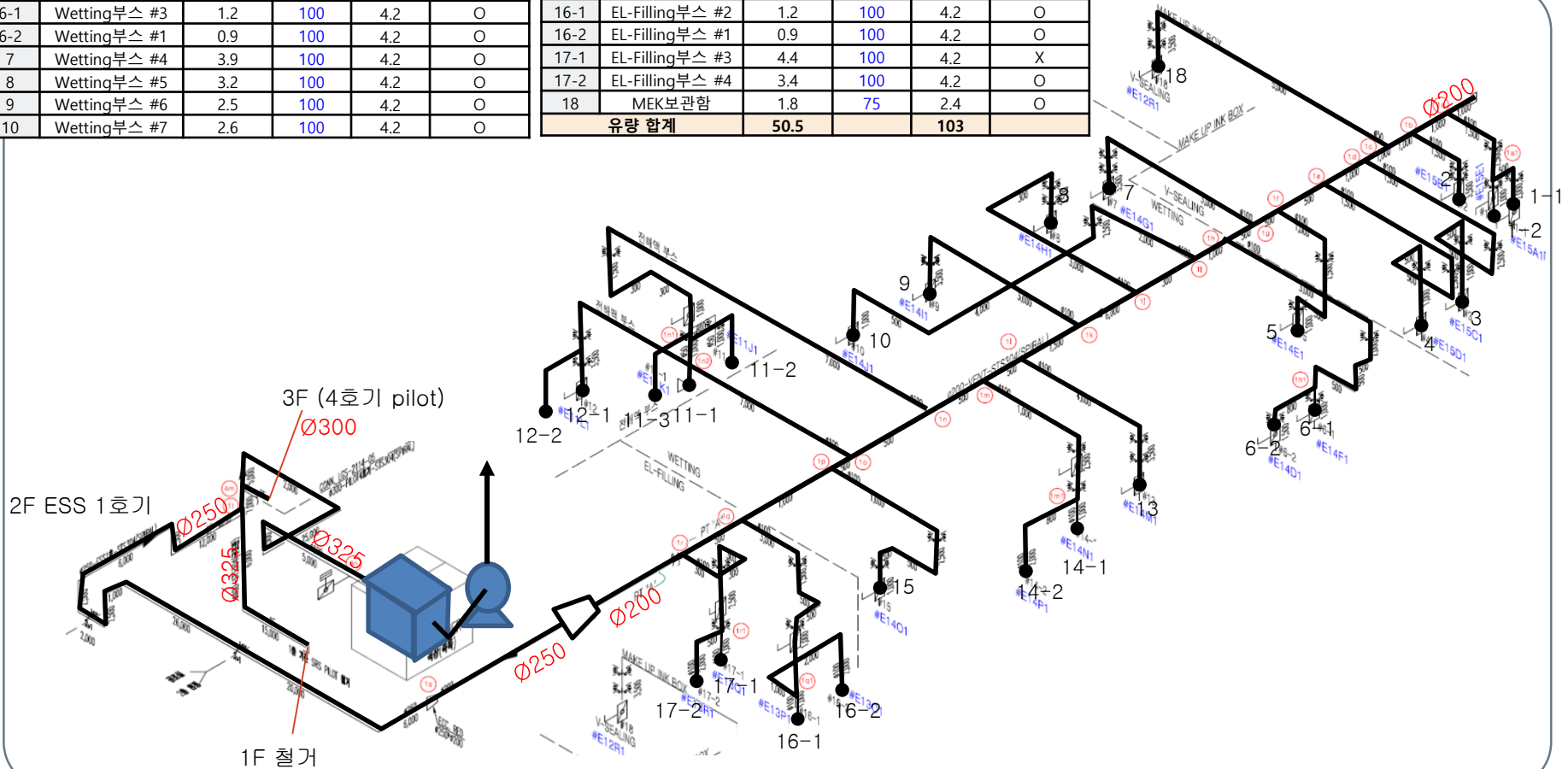


3. 후드 재설계 방안

후드번호	공정	설계유량 (m³/min)	덕트 (mm)	설계 유량 (m³/min) 반송속도 8m/s 기준	교체필요여부
1-1	V-Sealing 부스 #1	0.7	100	4.2	○
1-2	V-Sealing 부스 #5	0.8	100	4.2	○
2	V-Sealing 부스 #2	0.9	100	4.2	○
3-1	V-Sealing 부스 #3	0.7	50	1.1	○
3-2	잉크세척	0.05	40	0.7	○
3-3	마킹기	-	40	0.7	○
4-1	V-Sealing 부스 #4	1	100	4.2	○
4-2	V-Sealing 부스 #4	0.8	100	4.2	○
5	Wetting부스 #2	1.1	100	4.2	○
6-1	Wetting부스 #3	1.2	100	4.2	○
6-2	Wetting부스 #1	0.9	100	4.2	○
7	Wetting부스 #4	3.9	100	4.2	○
8	Wetting부스 #5	3.2	100	4.2	○
9	Wetting부스 #6	2.5	100	4.2	○
10	Wetting부스 #7	2.6	100	4.2	○

후드번호	공정	설계유량 (m³/min)	덕트 (mm)	설계 유량 (m³/min) 반송속도 8m/s 기준	교체필요여부
11-1	전해액탱크	1.2	75	2.4	○
11-2	전해액드럼부스#1	1.2	75	2.4	○
11-3	전해액드럼부스#1	2.6	75	2.4	X
12-1	전해액드럼부스#2	2.6	100	4.2	○
12-2	전해액드럼부스#2	2	100	4.2	○
13	Wetting부스 #8	2.8	100	4.2	○
14-1	Wetting부스 #9	1.1	80	2.7	○
14-2	Wetting부스 #11	1.4	100	4.2	○
15	Wetting부스 #10	3.5	100	4.2	○
16-1	EL-Filling부스 #2	1.2	100	4.2	○
16-2	EL-Filling부스 #1	0.9	100	4.2	○
17-1	EL-Filling부스 #3	4.4	100	4.2	X
17-2	EL-Filling부스 #4	3.4	100	4.2	○
18	MEK보관함	1.8	75	2.4	○
유량 합계		50.5		103	

현재상태 배기시스템 구성도



● 현재 덕트 상태에서 정압 산정

1. 관구분	1-1	1-2	덕1	덕2	2	덕3	18	덕4	3	덕5	4	덕6	5	덕7	7	덕8	6-2	6-1	덕9	덕10	10	덕11	8	덕12	9	덕13	13	덕14
2. 송풍량 (㎥/min)	4.2	4.2	8.4	8.4	4.2	12.6	2.4	15.0	4.2	19.2	4.2	23.4	4.2	27.6	4.2	31.8	4.2	4.2	8.4	40.2	4.2	44.4	4.2	48.6	4.2	52.8	4.2	57.0
4. 관직경(mm)	100.0	100.0	100.0	200.0	100.0	200.0	75.0	170.0	100.0	200.0	100.0	230.0	100.0	200.0	100.0	200.0	100.0	95.0	100.0	200.0	100.0	200.0	100.0	200.0	100.0	200.0	100.0	200.0
6. 실제관유속(m/sec)	8.5	8.5	17.0	4.2	8.5	6.4	7.6	10.3	6.4	9.0	17.0	10.0	8.5	15.4	8.5	17.5	8.5	9.4	17.0	21.8	8.5	23.9	8.5	26.0	8.5	28.1	8.5	30.2
7. 관속도압(mmAq)	4.4	4.4	17.6	1.1	4.4	2.5	3.5	6.5	2.5	5.0	17.6	6.2	4.4	14.5	4.4	18.8	4.4	5.4	17.6	28.9	4.4	34.9	4.4	41.3	4.4	48.4	4.4	55.9
8. 후드유입손실계수	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0
9. 후드가속계수	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0
10. 후드유입손실	1.5	1.5	0.0	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	1.5	0.0	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0
11. 유입손실	6.6	6.6	0.0	0.0	6.6	0.0	5.2	0.0	3.7	0.0	26.5	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0	6.6	8.1	0.0	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0
12. 기타손실 (mmAq)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13. 후드정압	6.6	6.6	0.0	0.0	6.6	0.0	5.2	0.0	3.7	0.0	26.5	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0	6.6	8.1	0.0	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0
14. 관길이 (m)	2.5	1.0	4.0	1.0	5.0	1.0	8.5	1.0	6.0	1.0	6.0	0.5	5.0	0.5	6.5	0.5	1.0	2.3	6.5	1.0	10.0	0.3	6.8	6.0	6.5	1.5	7.5	0.5
15. 마찰계수 (Ht)	0.3	0.3	0.2	0.1	0.3	0.1	0.4	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.3	0.2	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1
16. 마찰손실	0.6	0.3	1.0	0.1	1.3	0.1	3.1	0.1	1.6	0.1	1.4	0.1	1.3	0.1	1.7	0.1	0.3	0.6	1.6	0.1	2.5	0.0	1.7	0.6	1.7	0.2	1.9	0.1
17. 90° 곡관의 개수	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	3.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	5.0	0.0	4.0	0.0	2.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0
18. 엘보손실계수	0.3	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	1.1	0.0	1.1	0.0	0.8	0.0	0.3	0.0	0.0	0.3	1.4	0.0	1.1	0.0	0.5	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0
19. 유입관 수	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0
20. 유입관손실계수	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0
21. 특수접속손실계수	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22. 속도압표현 관손실	0.9	0.3	1.2	1.1	1.5	1.1	3.4	1.1	2.6	1.1	2.5	1.1	2.1	1.1	1.9	1.1	0.3	0.9	3.9	1.1	3.6	1.0	2.3	1.6	1.9	1.2	2.2	1.1
23. 관손실(Duct Loss) (mmAq)	4.0	1.1	21.7	1.2	6.8	2.8	11.7	7.3	6.6	5.5	44.5	6.4	9.2	15.2	8.5	19.7	1.1	4.8	69.0	31.9	16.0	35.9	10.0	66.1	8.5	55.6	9.6	58.7
24. 관정압손실(Duct SP Loss)	10.6	7.7	21.7	1.2	13.4	2.8	17.0	7.3	10.3	5.5	71.0	6.4	15.8	15.2	15.1	19.7	7.7	12.9	69.0	31.9	22.6	35.9	16.6	66.1	15.1	55.6	16.2	58.7
25. 누적정압	0.0	0.0	32.3	33.6	0.0	36.3	0.0	43.6	0.0	49.1	0.0	55.6	0.0	70.8	0.0	90.5	0.0	0.0	81.9	122.4	0.0	158.3	0.0	224.4	0.0	279.9	0.0	338.6
26. 지배정압	0.0	0.0	32.3	33.6	0.0	36.3	0.0	43.6	0.0	49.1	0.0	55.6	0.0	70.8	0.0	90.5	0.0	0.0	81.9	122.4	0.0	158.3	0.0	224.4	0.0	279.9	0.0	338.6

정압계산 결과
설명

- 덕 10번 부터 관 유속이 증가하면서 관 속도압이 크게 증가됨
- 모든 압력손실은 $\Delta P = f \times VP$ 로 표현됨(압력손실 계수에 동압을 곱하면 압력손실값(mmAq)로 표현됨
- 덕14번 부터 관 유속이 30m/s를 초과하고, 23번의 누적 정압도 급격하게 증가됨
- 현재 덕트를 유지할 경우 덕 14번(13번 후드에서 14번 덕트 사이 구간)에서 이미 누적 정압이 338mmAq로 송풍기 정압을 초과하게 됨

● 현재 덕트 상태에서 정압 산정

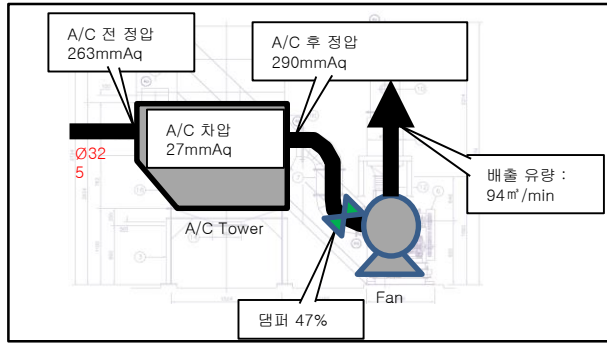
유량 (m³/min)	91
송풍기 정압 (mmAq)	1397

1. 관구분	14-1	14-2	덕15	덕16	11-1	11-2	덕17	덕18	12 [12]	덕19	15	덕20	16-1	16-2	덕21	덕22	17-1	17-2	덕23	덕24	덕25	덕26	A/C	덕27	FAN	ST
2. 송풍량 (㎥/min)	2.4	4.2	6.6	63.6	2.4	2.4	4.2	67.8	4.2	72.0	4.2	76.2	4.2	4.2	8.4	84.2	4.2	4.2	8.4	92.6	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0
4. 관직경(mm)	80.0	100.0	100.0	200.0	75.0	75.0	100.0	200.0	100.0	200.0	100.0	200.0	100.0	100.0	100.0	200.0	100.0	100.0	100.0	435.0	250.0	325.0		400.0		400.0
6. 실제관유속(m/sec)	6.6	8.5	12.7	33.4	7.6	7.6	8.5	35.5	8.5	37.7	8.5	39.8	8.5	8.5	17.0	44.0	8.5	8.5	17.0	10.2	30.9	18.3	0.0	12.1	0.0	12.1
7. 관속도압(mmAq)	2.7	4.4	9.9	68.3	3.5	3.5	4.4	77.3	4.4	86.8	4.4	96.9	4.4	4.4	17.6	118.6	4.4	4.4	17.6	6.4	58.4	20.5	0.0	8.9	8.9	8.9
8. 후드유입손실계수	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
9. 후드가속계수	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
10. 후드유입손실	1.5	1.5	0.0	0.0	1.5	1.3	0.0	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	1.5	0.0	0.0	1.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
11. 유입손실	4.0	6.6	0.0	0.0	5.2	4.4	0.0	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0	6.6	6.6	0.0	0.0	6.6	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12. 기타손실 (mmAq)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	0.0	0.0	
13. 후드정압	4.0	6.6	0.0	0.0	5.2	4.4	0.0	0.0	6.6	0.0	6.6	0.0	6.6	6.6	0.0	0.0	6.6	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
14. 관길이 (m)	0.1	2.8	3.5	0.5	1.0	1.8	10.1	0.5	10.5	0.5	4.5	1.0	4.0	5.0	5.5	0.5	2.5	1.0	3.4	20.0	80.5	44.0	0.0	2.0	0.0	2.2
15. 마찰계수 (Ht))	0.3	0.3	0.3	0.1	0.4	0.4	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.3	0.2	0.1	0.3	0.3	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1
16. 마찰손실	0.0	0.7	0.9	0.1	0.4	0.7	2.6	0.1	2.7	0.1	1.1	0.1	1.0	1.3	1.3	0.1	0.6	0.3	0.8	0.8	6.0	2.5	0.0	0.1	0.0	0.1
17. 90° 곡관의 개수	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	4.0	0.0	1.0	0.0	4.0	0.0	0.0	2.0	4.0	0.0	1.0	0.0	3.0	0.0	8.0	4.0	0.0	1.0	0.0	0.0
18. 엘보손실계수	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.3	1.1	0.0	0.3	0.0	1.1	0.0	0.0	0.5	1.1	0.0	0.3	0.0	0.8	0.0	2.2	1.1	0.0	0.3	0.0	0.0
19. 유입관 수	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20. 유입관손실계수	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.2	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21. 특수접속손실계수	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22. 속도압표현 관손실	0.0	1.0	2.1	1.1	0.4	0.9	3.8	1.1	2.9	1.1	2.2	1.1	1.0	1.8	3.4	1.1	0.9	0.3	2.6	1.8	8.2	3.6	0.0	0.4	0.0	0.1
23. 관손실(Duct Loss) (mmAq)	0.1	4.3	21.1	71.7	1.3	3.2	16.9	81.1	13.0	91.0	9.8	106.2	4.5	8.0	60.0	124.3	4.0	1.1	46.3	11.7	477.7	73.0	27.0	3.2	0.0	0.9
24. 관경압손실(Duct SP Loss)	4.1	10.9	21.1	71.7	6.5	7.6	16.9	81.1	19.6	91.0	16.4	106.2	11.1	14.6	60.0	124.3	10.6	7.7	46.3	11.7	477.7	73.0	27.0	3.2	0.0	0.9
25. 누적정압	0.0	0.0	32.1	410.3	0.0	0.0	23.4	491.3	0.0	582.3	0.0	688.5	0.0	0.0	74.6	812.8	0.0	0.0	56.9	824.4	1302.1	1375.1	1402.1	1405.3		0.9
26. 지배정압	0.0	0.0	32.1	410.3	0.0	0.0	23.4	491.3	0.0	582.3	0.0	688.5	0.0	0.0	74.6	812.8	0.0	0.0	56.9	824.4	1302.1	1375.1	1402.1	1405.3	0.0	0.0

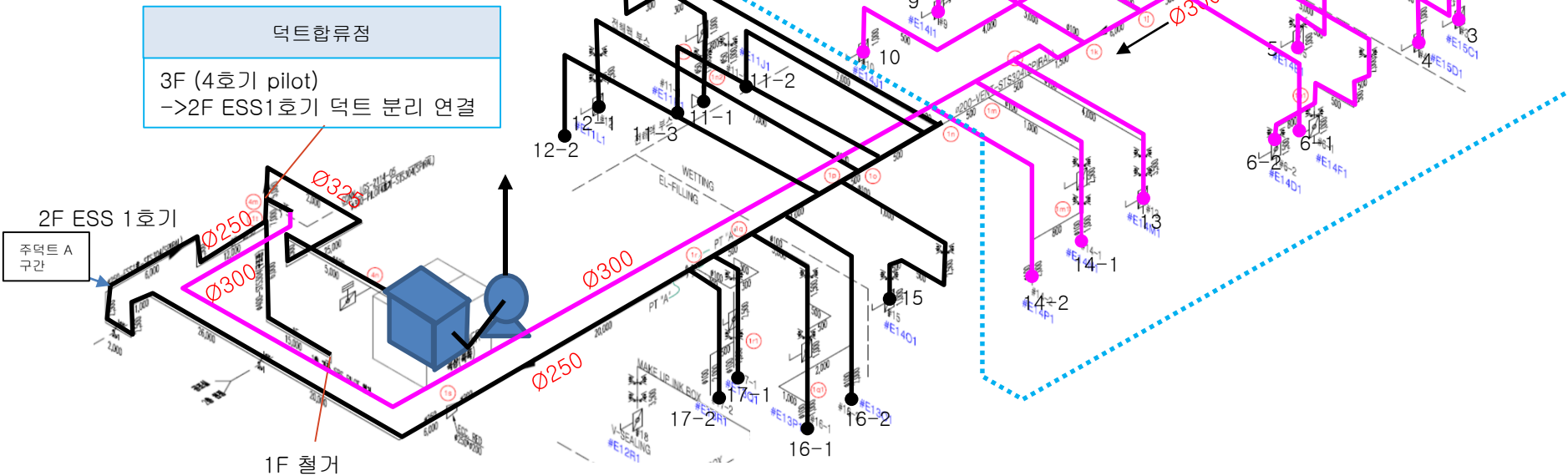
정압계산 결과
설명

- 현재 덕트 사용시 14번 후드까지 필요한 정압이 410mmAq로 송풍기 정압을 초과함
- 현재 덕트 사용 조건으로 송풍기 출구까지 필요한 정압을 계산하면 1397mmAq가 계산됨
- 즉, 현재 덕트를 그대로 사용할 수 없음

4. 덕트 재배치 방안



구분	정격	측정	효율 (%)	비고
유량 (m³/min)	125	94	75	댐퍼 47% -> 댐퍼 추가 개방
정압 (mmAq)	350	290	83	



● 기존 덕트 라인(후드 11-1 ~ 주덕트 합류점)

1. 관구분	11-1	덕1	11-2	덕2	11-3	덕3	12-1	덕4	12-2	덕5	15	덕6	16-2	덕7	16-1	덕8	17-1	덕9	17-2	주덕트 A구간	합류점
2. 송풍량 (㎥/min)	2.4	2.4	2.4	4.8	2.4	7.2	4.2	11.4	4.2	15.6	4.2	19.8	4.2	24.0	4.2	28.2	4.2	32.4	4.2	36.6	36.6
4. 관직경(mm)	75.0	250.0	75.0	250.0	75.0	250.0	100.0	250.0	100.0	250.0	100.0	250.0	95.0	250.0	100.0	250.0	100.0	250.0	100.0	250.0	250.0
6. 실제관유속(m/sec)	9.1	0.8	9.1	1.6	9.1	2.4	8.9	3.9	8.9	5.3	8.9	6.7	9.9	8.2	8.9	9.6	8.9	11.0	8.9	12.4	12.4
7. 관속도압(mmAq)	5.0	0.0	5.0	0.2	5.0	0.4	4.9	0.9	4.9	1.7	4.9	2.8	6.0	4.1	4.9	5.6	4.9	7.4	4.9	9.5	9.5
8. 후드유입손실계수	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0
9. 후드가속계수	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0
10. 후드유입손실	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	0.0
11. 유입손실	7.5	0.0	7.5	0.0	7.5	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	9.0	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	0.0
12. 기타손실 (mmAq)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13. 후드정압	7.5	0.0	7.5	0.0	7.5	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	9.0	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	0.0
14. 관길이 (m)	12.3	0.5	12.3	0.5	12.3	1.0	10.5	1.0	10.5	1.0	5.5	1.0	5.5	0.5	8.5	1.0	4.5	0.5	3.5	80.0	20.5
15. 마찰계수 (Ht))	0.4	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.1
16. 마찰손실	4.4	0.1	4.4	0.1	4.4	0.1	2.7	0.1	2.7	0.1	1.4	0.1	1.5	0.0	2.2	0.1	1.1	0.0	0.9	6.4	1.7
17. 90° 곡관의 개수	4.0	0.0	4.0	0.0	4.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	3.0	0.0	6.0	0.0	4.0	0.0	3.0	0.0	2.0	5.0	2.0
18. 엘보손실계수	1.1	0.0	1.1	0.0	1.1	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.8	0.0	1.6	0.0	1.1	0.0	0.8	0.0	0.5	1.4	0.5
19. 유입관 수	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0
20. 유입관손실계수	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0
21. 특수접속손실계수	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22. 속도압표현 관손실	5.5	0.1	6.5	0.1	6.5	0.1	3.9	0.1	3.9	0.1	3.2	0.1	4.1	0.0	4.2	0.1	3.0	0.0	2.4	7.8	2.2
23. 관손실(Duct Loss) (mmAq)	27.6	0.0	32.6	0.0	32.6	0.0	19.1	0.1	19.1	0.2	15.6	0.2	24.4	0.2	20.6	0.5	14.3	0.3	11.8	73.5	20.7
24. 관정압손실(Duct SP Loss)	35.1	0.0	40.1	0.0	40.1	0.0	26.4	0.1	26.4	0.2	22.9	0.2	33.4	0.2	27.9	0.5	21.6	0.3	19.1	73.5	20.7
25. 누적정압	0.0	35.1	0.0	40.2	0.0	40.2	0.0	40.3	0.0	40.4	0.0	40.6	0.0	40.8	0.0	41.3	0.0	41.6	0.0	115.1	135.7
26. 지배정압	0.0	35.1	40.1	40.2	40.2	40.2	40.2	40.3	40.3	40.4	40.4	40.6	40.6	40.8	40.8	41.3	41.3	41.6	41.6	115.1	135.7

정압계산 결과
설명

- 기존 덕트라인 Ø 200구간을 Ø 250으로 교체 후 정압 설계함
- 합류점까지 계산 결과 주 덕트 최고 속도는 12.4m/s이고, 합류점 까지의 정압은 135mmAq로 계산됨

● **신설 덕트(후드 1-1 ~ 합류점)**

1. 관구분	1-1	덕12	1-2	덕13	2	덕14	18	덕15	3	덕16	4-1	덕17	4-2	덕18	5	덕19	7	덕20	6-1	덕21	6-2	덕22	10	덕23	8	덕24	9	덕25	13	덕26	14-1	덕27	14-2	합류점
2. 송풍량 (㎥/min)	4.2	4.2	4.2	8.4	4.2	12.6	2.4	15.0	2.5	17.5	4.2	21.7	4.2	25.9	4.2	30.1	4.2	34.3	4.2	38.5	4.2	42.7	4.2	46.9	4.2	51.1	4.2	55.3	4.2	59.5	2.7	62.2	4.2	66.4
4. 관직경(mm)	100	300	100	300	100	300	75	300	75	300	100	300	100	300	100	300	100	300	100	300	100	300	100	300	100	300	100	300	100	300	80	300	100	300
6. 실제관유속(m/sec)	8.9	1.0	8.9	2.0	8.9	3.0	9.1	3.5	9.4	4.1	8.9	5.1	8.9	6.1	8.9	7.1	8.9	8.1	8.9	9.1	8.9	10.1	8.9	11.1	8.9	12.1	8.9	13.0	8.9	14.0	9.0	14.7	8.9	15.7
7. 관속도압(mmAq)	4.9	0.1	4.9	0.2	4.9	0.5	5.0	0.8	5.4	1.0	4.9	1.6	4.9	2.3	4.9	3.1	4.9	4.0	4.9	5.0	4.9	6.2	4.9	7.5	4.9	8.9	4.9	10.4	4.9	12.0	4.9	13.2	4.9	15.0
8. 후드유입손실계수	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.3	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0
9. 후드가속계수	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0
10. 후드유입손실	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.3	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0	1.5	0.0
11. 유입손실	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.5	0.0	8.2	0.0	6.1	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.4	0.0	7.3	0.0
12. 기타손실 (mmAq)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13. 후드정압	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.5	0.0	8.2	0.0	6.1	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.3	0.0	7.4	0.0	7.3	0.0
14. 관길이 (m)	4.5	0.5	3.5	1.0	5.0	1.0	8.5	1.0	6.0	1.0	6.0	0.5	6.0	1.0	3.0	1.0	6.5	0.5	7.5	0.5	6.5	1.0	10.0	0.5	6.8	6.0	6.5	1.5	7.5	0.5	4.5	0.5	6.3	95.0
15. 마찰계수 (Ht)	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.4	0.1	0.4	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1
16. 마찰손실	1.1	0.0	0.9	0.1	1.3	0.1	3.1	0.1	2.2	0.1	1.5	0.0	1.5	0.1	0.8	0.1	1.7	0.0	1.9	0.0	1.7	0.1	2.5	0.0	1.7	0.4	1.7	0.1	1.9	0.0	1.5	0.0	1.6	6.0

● 합류점 - 굴뚝

구간	유량 (m³/min)	정압 손실 (mmAq)
기존 덕트 라인(후드 11-1 ~ 주덕트 합류점)	36.6	135
신설 덕트(후드 1-1 ~ 합류점)	66.7	169

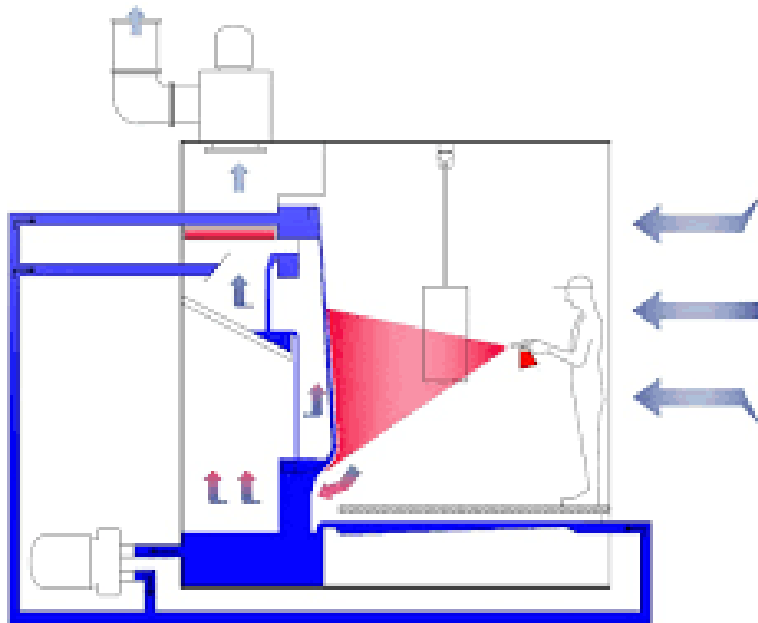
1. 관구분	합류점-AC입구	A/C	덕31	FAN(송풍기)	굴뚝
2. 송풍량 (m³/min)	103.0	103.0	103.0	103.0	103.0
4. 관직경(mm)	325.0		400.0		400.0
6. 실제관유속(m/sec)	20.7	0.0	13.7	0.0	13.7
7. 관속도압(mmAq)	26.2	0.0	11.4	11.4	11.4
8. 후드유입손실계수	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9. 후드가속계수	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10. 후드유입손실	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11. 유입손실	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12. 기타손실 (mmAq)	0.0	27.0	0.0	0.0	0.0
13. 후드정압	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14. 관길이 (m)	55.0	0.0	2.0	0.0	3.0
15. 마찰계수 (Ht)	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
16. 마찰손실	3.1	0.0	0.1	0.0	0.1
17. 90° 곡관의 개수	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18. 엘보손실계수	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
19. 유입관 수	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20. 유입관손실계수	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21. 특수접속손실계수	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22. 속도압표현 관손실	4.2	0.0	0.1	0.0	0.1
23. 관손실(Duct Loss) (mmAq)	109.0	27.0	1.0	0.0	1.5
24. 관정압손실	109.0	27.0	1.0	0.0	1.5
25. 누적정압	277.9	304.9	306.0		1.5
26. 지배정압	277.9	304.9	306.0	0.0	0.0
정압계산 결과 설명	<ul style="list-style-type: none"> 합류점의 지배정압은 신설 덕트라인 169mmAq임 송풍기 입구 정압이 306mmAq이므로 합류점에서 송풍기 입구까지 정압은 137mmAq임 송풍기 정압 = 송풍기 출구 정압 - 송풍기 입구 정압-송풍기 입구 동압 으로 계산됨 송풍기 정압 = 1.5-(-306)-11.4 = 296mmAq로 계산됨 				

구분	송풍기 정격 사양	국소배기 시스템 설계 결과	비고
유량 (m³/min)	125	103	기존 송풍기를 사용하여도 정압 및 유량을 만족함
정압 (mmAq)	350	296	

III. 도장 부스 환기 방안

1. 도장 부스와 대기오염

- 배출가스 유량 산정의 적정성
- 전처리 시설의 적정성
- 대기오염방지시설의 적정성
- 굴뚝 확산



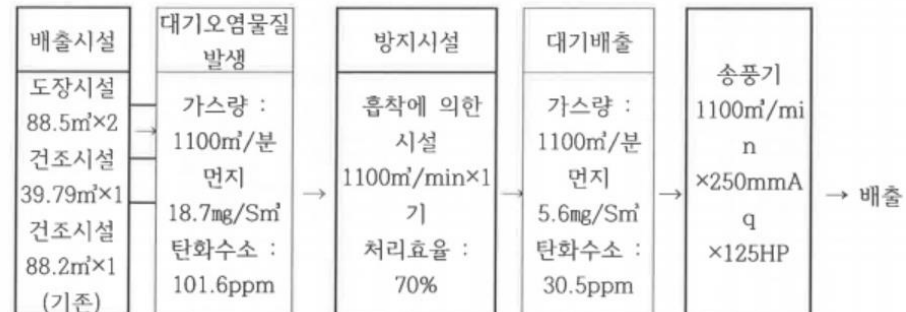
배출시설



방지시설



3) 처리계통도



• 도장 방법별 분류

도장방법별 분류

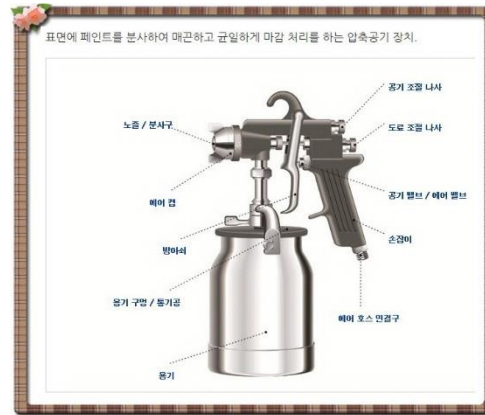


pixtastock.com - 73252120

■ Brush 도장

■ Roller Brush 도장

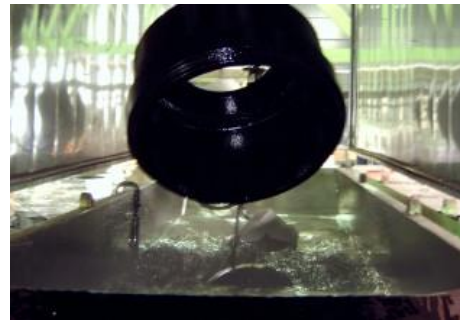
■ Air – Spray 도장



■ Airless – Spray 도장

■ Dipping 도장

■ Shower 도장



〈전착 도장〉

II. 배출가스량 산정 방법

1. 대기환경 감리 표준화

Ⅳ. 도장시설의 후드설계 및 배출가스량 산정

1. 배출가스량

구 분	배출가스량(Q)산정	덕트유속	페인트거름용필터	비 고
자동분무도장실 (auto spray paint booth)	$30.5\text{m}^3/\text{min} \cdot$ <u>분무실면적 m^2</u>	5~15m/sec	$30.5 \sim 152.5\text{m}^3/\text{min}$ $\cdot \text{filterm}^2$	분무실의 W×H (<u>개구부면적</u>)가 14 m^2 이상일 경우 $Q=15.25\text{m}^3/\text{min}/\text{m}^2$ 을 적용해도 무방함 0.25m/s
무공기분무도장실 (airless spray paint booth)	$18.3\text{m}^3/\text{min} \cdot$ <u>분무실면적 m^2</u> 0.3m/s	5~15m/sec	$30.5 \sim 152.5\text{m}^3/\text{min}$ $\cdot \text{filterm}^2$	
부스내의 작업 (work in booth)	$30.5\text{m}^3/\text{min} \cdot$ <u>분무실면적 m^2</u>	5~15m/sec	$30.5 \sim 152.5\text{m}^3/\text{min}$ $\cdot \text{filterm}^2$	
부스밖의 작업 (work outside booth)	$30.5 \sim 45.75\text{m}^3/\text{min} \cdot$ <u>분무실면적 m^2</u> 0.5 ~ 0.76m/s			



- 분무실 면적 = 바닥면적
- 개구부 면적 = 부스 단면적



2. ACGIH – 산업환기매뉴얼(원본)

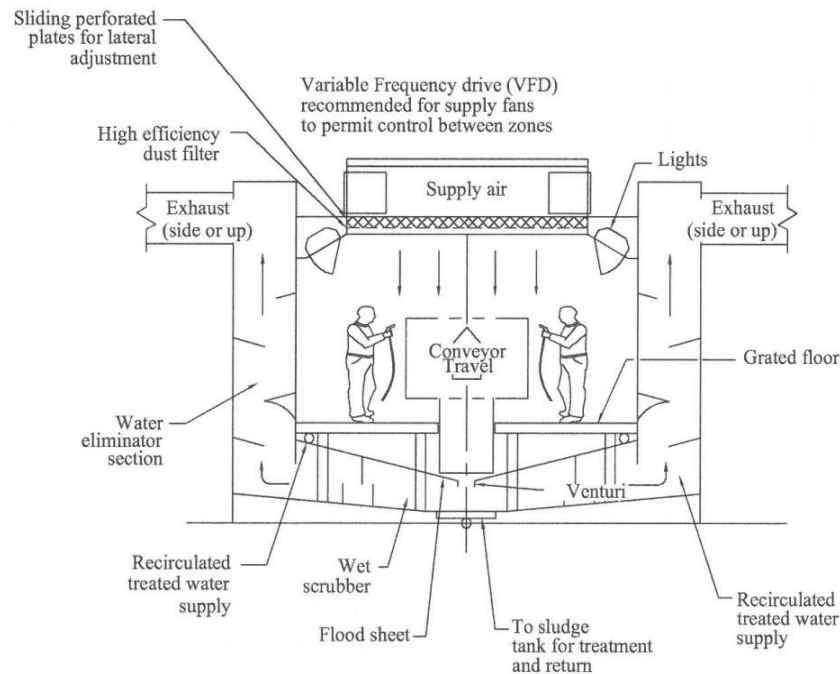


FIGURE VS-75-07

DOWN DRAFT AIRFLOW: 5' [1.5 m] ABOVE FLOOR		
50-70 fpm	[0.25-0.35 m/s]	Electrostatic and stationary bells
70-90 fpm	[0.35-0.45 m/s]	Robots and reciprocating bells
100-125 fpm	[0.50-0.63 m/s]	Manual painting zones (as shown)

Note: Above design values assume empty booth. Adjustments may be required to accommodate product shape and to control zone drift.

Notes:

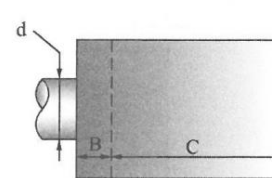
- For construction and safety consult NFPA (13.75.3, 13.75.4)
- Pressure drop through scrubber depends on Venturi design. Typically 6.5 "wg to 7.5 "wg [1,625-1,875 Pa] ΔP
- An appropriate NIOSH-certified respirator may be required for the operator.



TITLE
AUTOMATED/HIGH PROD.
WATER WASH DOWNDRAFT
PAINT BOOTH

FIGURE
VS-75-07
DATE
1-16

CHECK CODES, REGULATIONS, AND LAWS (LOCAL, STATE, AND NATIONAL)
TO ENSURE THAT DESIGN IS COMPLIANT.



- Split baffle or filters
 $B = 0.75 d$
Baffle area = $0.75 WH$
For filter area, see note 2

Air spray paint design data:

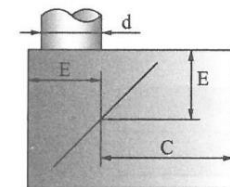
Any combination of duct connections and baffles may be used. Large, deep booths do not require baffles. Consult manufacturers for water-curtain designs. Use explosion proof fixtures and a non-sparking fan. Electrostatic spray booth requires automatic high-voltage disconnects for conveyor failure, fan failure or grounding.

Walk-in booth

W = work size + 6' [1.8 m]
 H = work size + 3' [0.9 m] (minimum = 7' [2.1 m])
 C = work size + 6' [1.8 m]
 $Q = 100 \text{ acfm/ft}^2$ [0.5 $\text{am}^3/\text{s/m}^2$] booth cross section
May be 75 acfm/ft^2 [0.4 $\text{am}^3/\text{s/m}^2$] for very large, deep booth. Operator may require a NIOSH certified respirator.
 $F_s = 1.78$; $F_h = 0.50$ for baffles
Other losses = Dirty Filter
Resistance + 0.50 VP_d (for filters)
Duct velocity = 2,000 fpm [10.00 m/s]

Airless electrostatic and HVLP spray paint design

$Q = 60 \text{ acfm/ft}^2$ [0.30 $\text{am}^3/\text{s/m}^2$] booth cross section, walk-in booth
 $Q = 60-100 \text{ acfm/ft}^2$ [0.30-0.50 $\text{am}^3/\text{s/m}^2$] of total open area, operator outside of booth



- Angular baffle
 $E = d + 6"$ [150 mm]
Baffle area = $0.40 WH$
For filter area, see note 2

Operator outside booth

W = work size + 2' [0.6 m]
 H = work size + 2' [0.6 m]
 $C = 0.75 \times$ larger front dimension
 $Q = 100-150 \text{ acfm/ft}^2$ [0.50-0.75 $\text{am}^3/\text{s/m}^2$] of open area, including conveyor openings.

Notes:

- Painter can walk into a large booth.
- Baffle arrangements shown are for air distribution only.
- Paint arresting filters usually selected for 100-500 fpm [0.5-2.5 m/s]. Consult filter manufacturer for specific details.
- For construction and safety, consult NFPA (13.75.3, 13.75.4)
- Water curtain systems have unique environmental liquid waste requirements. Before choosing, perform a life cost analysis.
- Object being painted may affect control flow. CFD or other analysis may be required.
- Toxic materials in paint require higher inlet velocity.

FIGURE VS-75-01



TITLE
LARGE PAINT BOOTH

FIGURE
VS-75-01
DATE
1-16

CHECK CODES, REGULATIONS, AND LAWS (LOCAL, STATE, AND NATIONAL)
TO ENSURE THAT DESIGN IS COMPLIANT.

3. 페인트 부스에 포착속도 적용 가능한가?

III. 포착속도(제어속도 : capture velocity)

배출원으로 배출되는 오염물질을 비산한계점 범위내의 어떤점에서 포착하여 후드로 몰아넣기 위하여 필요한 최소의 속도를 포착속도 또는 제어속도라 하고 그점을 포착점이라고 한다.

포위형 또는 부스형에서는 포착점을 후드의 개구면에 놓아야 하므로 이때는 포착속도가 개구면속도가 된다.

<표1-1> 일반적으로 사용되는 포착 또는 제어속도의 개략치

유해물질의 발생상태	공 정 예	포착 또는 제어속도
움직이지 않는 공기중에 실제 상거의 속도가 없는 상태로 유해물질이 발생하는 경우	용기의 액면으로부터 발생하는 가스, 증기, 흙 등	0.25~0.5m/sec
비교적 조용한 대기중에 낮은 속도로 유해물질이 비산하는 경우	booth식 hood에 있어서의 분무 도장작업, 간헐적인 용기 충전 작업, 낮은 속도의 컨베이어 작업, 도금작업, 용접작업, 산 세척작업	0.5~1.0m/sec
빠른 공기 이동이 있는 작업 장소에 활발히 유해물질이 비산하는 경우	booth식 hood에 있어서의 분무 도장작업, 함침(dipping) 도장 작업, 컨베이어의 낙하구 분쇄 작업, 파쇄기	1.0~2.5m/sec
대단히 빠른 공기 이동이 있는 작업장소에 아주 빠른 속도로 유해물질이 비산하는 경우	연삭작업, 분무작업, 텀블링 작업, 블라스트작업	2.5~10.0m/sec

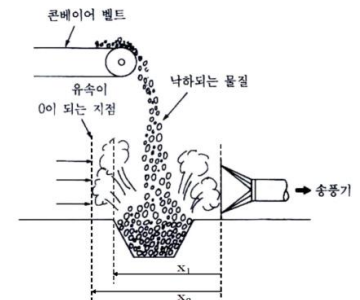
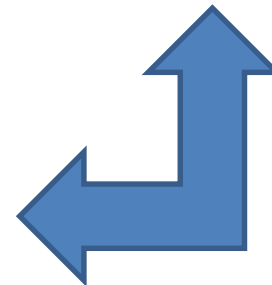
<표 1-1> ACGIH에서 권고하는 제어속도 범위

(단위:m/sec)

작업조건	작업공정 사례	제어속도
움직이지 않는 공기 중으로 속도 없이 배출됨	탱크에서 증발, 탈지 등	0.3~0.5
약간의 공기 움직임이 있고 낮은 속도로 배출됨	스프레이 도장, 용접, 도금, 저속 컨베이어 운반	0.5~1.0
발생기류가 높고 유해물질이 활발하게 발생함	스프레이도장, 용기충진, 컨베이어 적재, 분쇄기	1.0~2.5
고속기류 내로 높은 초기 속도로 배출됨	회전연삭, 블라스팅	2.5~10.0

* 제어속도 범위는 다음과 같은 경우를 고려하여 사용할 것

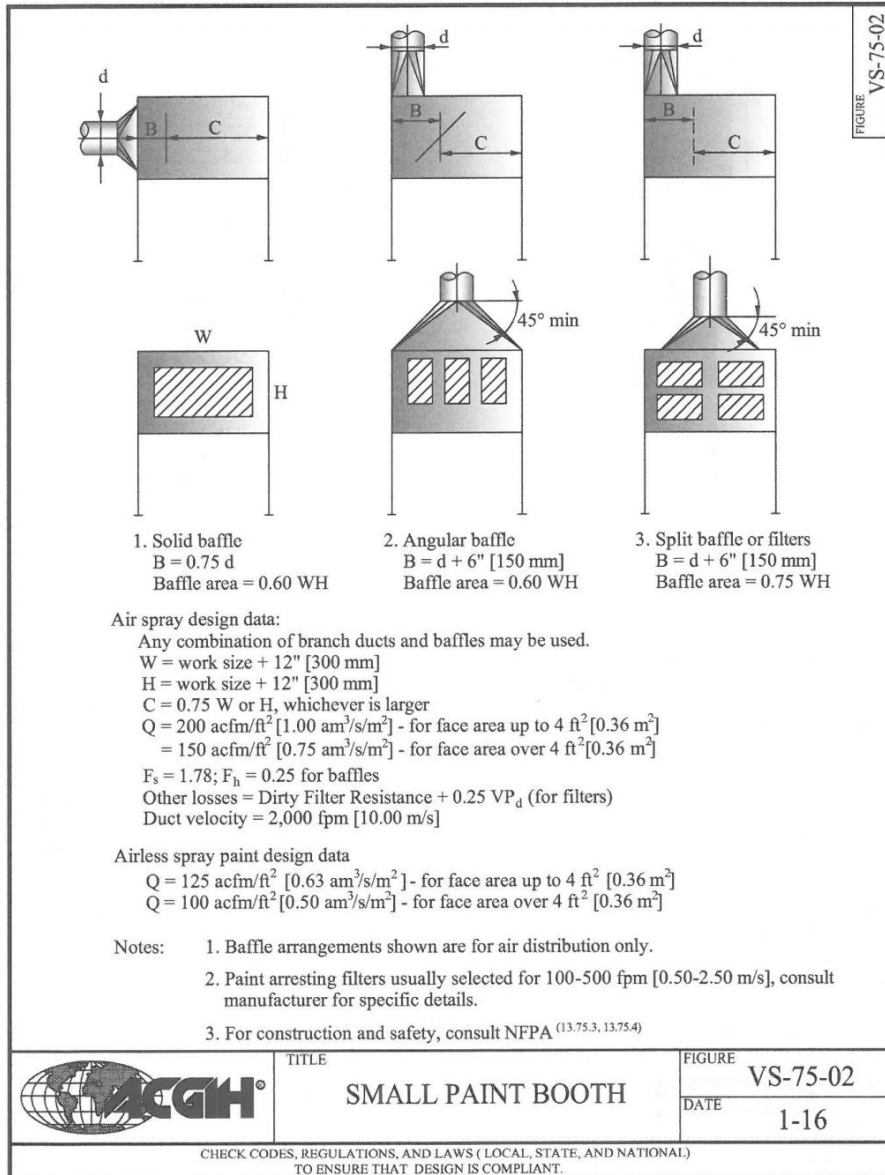
범위의 낮은 쪽	범위의 높은 쪽
<ol style="list-style-type: none"> 1. 작업장 내 기류가 낮거나 포착하기 좋을 때 2. 유해물질이 저독성일 때 3. 물품생산이 간헐적이고 생산량이 적을 때 4. 대형후드로 유동 공기량이 많을 때 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 작업장 내에 방해기류가 존재할 때 2. 유해물질이 고독성일 때 3. 생산량이 많고 유해물질 사용량이 많을 때 4. 소형 후드로 국소적일 때



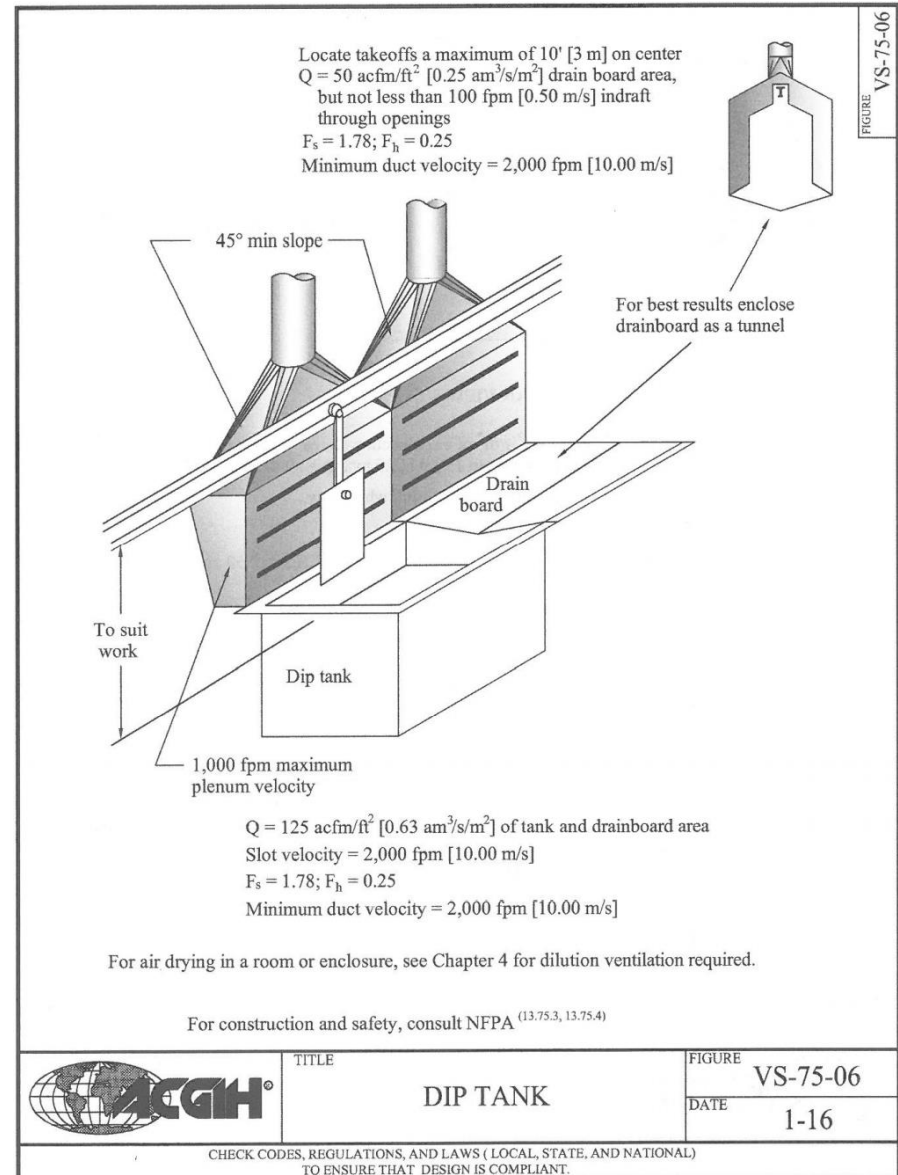
<그림 1-12> 제어속도 및 제어거리 (제어거리는 X₂로 설정해야 됨)

4. 기타 배출가스량 산정 방법

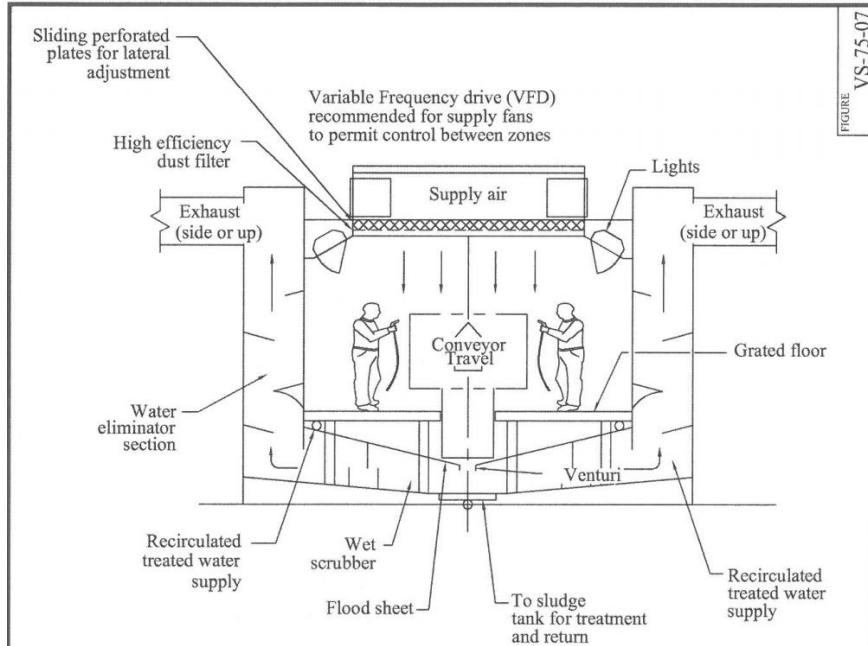
1) 소형 도장 부스



2) 침액식 도장 (dipping bath)



3) 자동차 도장 부스



DOWN DRAFT AIRFLOW: 5' [1.5 m] ABOVE FLOOR		
50-70 fpm	[0.25-0.35 m/s]	Electrostatic and stationary bells
70-90 fpm	[0.35-0.45 m/s]	Robots and reciprocating bells
100-125 fpm	[0.50-0.63 m/s]	Manual painting zones (as shown)

Note: Above design values assume empty booth. Adjustments may be required to accommodate product shape and to control zone drift.

Notes:

1. For construction and safety consult NFPA (13.75.3, 13.75.4)
2. Pressure drop through scrubber depends on Venturi design. Typically 6.5 "wg to 7.5 "wg [1,625-1,875 Pa] ΔP
3. An appropriate NIOSH-certified respirator may be required for the operator.

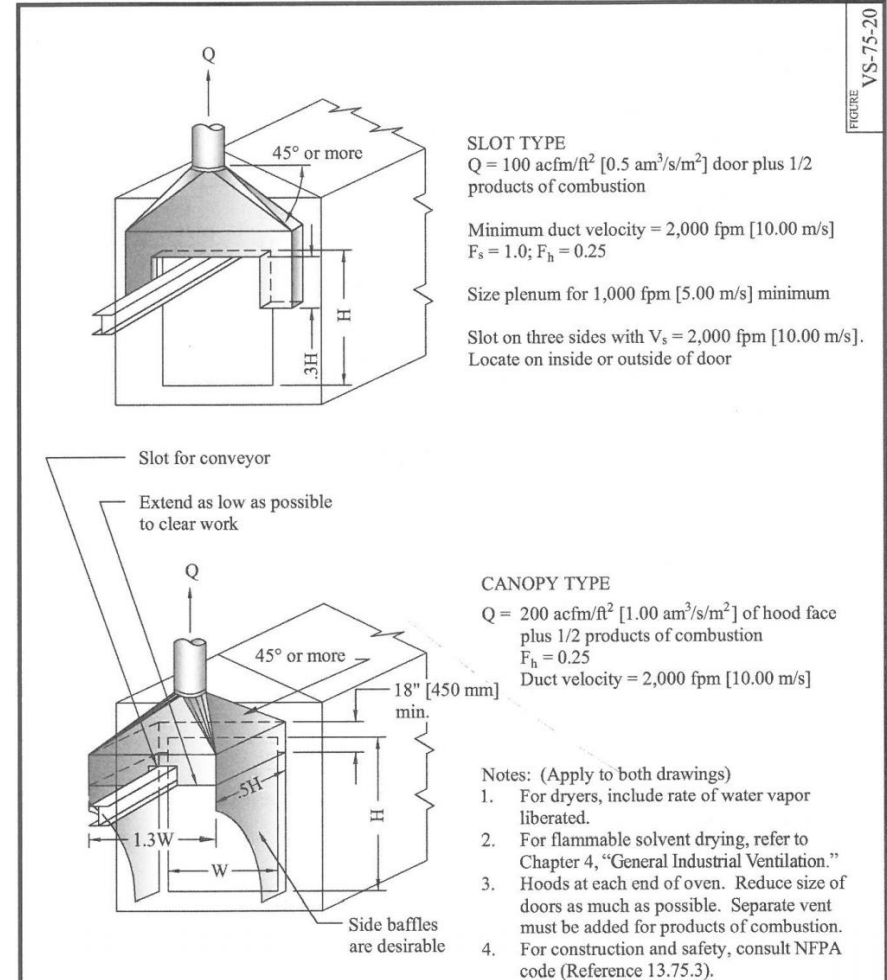


TITLE
AUTOMATED/HIGH PROD.
WATER WASH DOWNDRAFT
PAINT BOOTH

FIGURE VS-75-07
DATE 1-16

CHECK CODES, REGULATIONS, AND LAWS (LOCAL, STATE, AND NATIONAL)
TO ENSURE THAT DESIGN IS COMPLIANT.

4) 건조 입출구

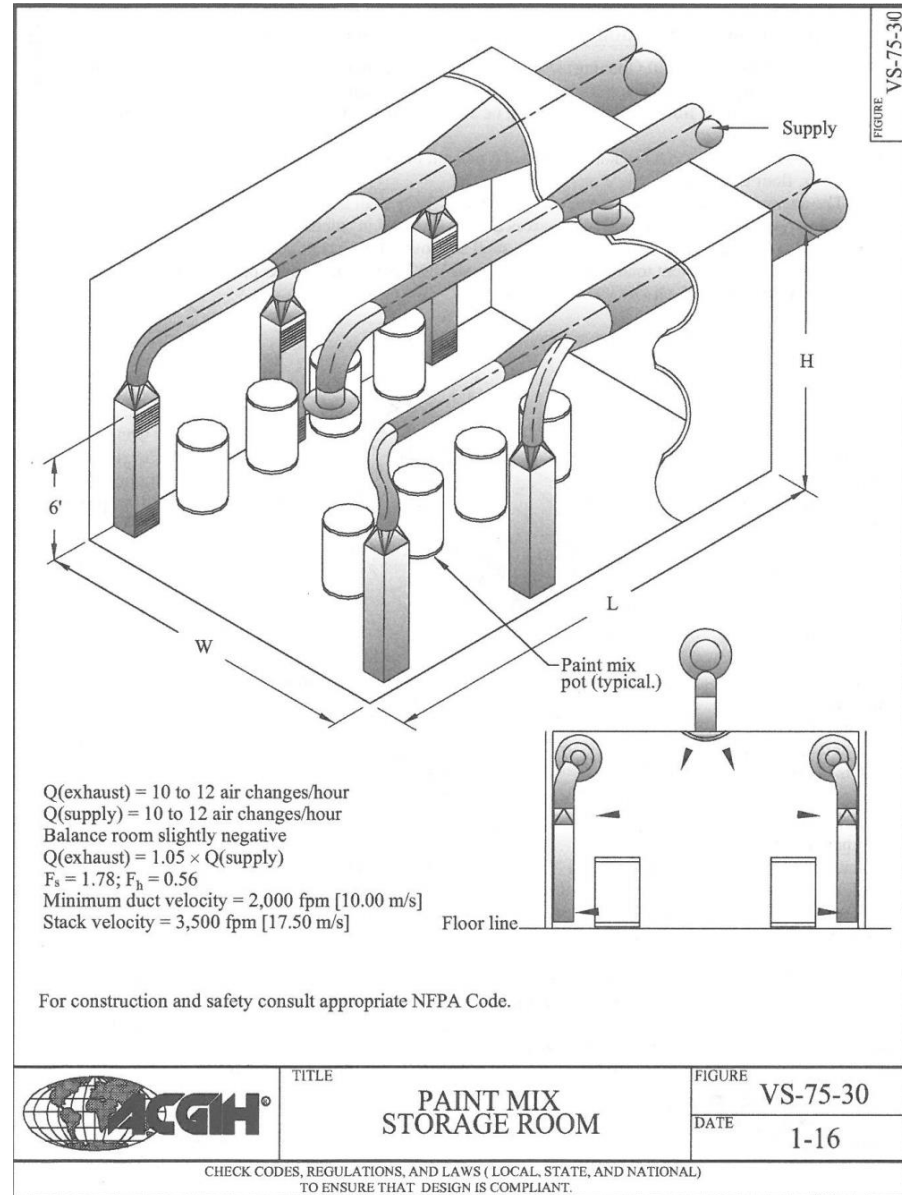


TITLE
DRYING OVEN
VENTILATION

FIGURE VS-75-20
DATE 1-16

CHECK CODES, REGULATIONS, AND LAWS (LOCAL, STATE, AND NATIONAL)
TO ENSURE THAT DESIGN IS COMPLIANT.

5) 도장 믹싱룸 (전체환기)



III. 활성탄 흡착탑 설계시 중요한 내용

1. 설계 근거

2. 방지시설 설계근거

1) 흡착탑 필요단면적(A)

- 공탑속도 : 0.5m/sec 이하

$$A = \frac{\text{유입가스량}}{\text{공탑속도}} \quad (\text{m}^2)$$

2) 활성탄 비중 : g/cc

3) 활성탄 중량대비 흡착능력(비) (max로)

4) 필요 활성탄 무게(W)

- 체류시간 : 1 sec이상

- W = 활성탄 필요 충전체적(V)

5) 활성탄 흡착층 두께(H)

- H = 공탑속도 × 체류시간(sec)

6) 활성탄 교환주기

$$T(\text{hr}) = [(3.74 \times 10^5 \times S \times W / (e \times Q \times M \times G)]$$

* T=재생 및 교환주기(hr)

* e=흡착효율(70% = 0.7)

* Q=처리가스량(m³/분)

* M=피흡착성분의 평균분자량(g/mol)

* G=피흡착성분의 농도(ppm)

* S=활성탄 단위중량당의 흡착량(kg/kg-흡착제)

* W=활성탄의 총중량(kg)

$$(3.75 \times 10^5) \times S \times W$$

$$E \times Q \times M \times G$$

S	: 오염물질에 대한 활성탄의 흡착율(량)	0.3kg/kg
W	: 활성탄의 충전량	330kg
E	: 흡착효율(60%)	0.6
Q	: 처리풍량 (380m³/min*(273/(273+20)))	354.06 Sm³/min
M	: 피흡착제 분자량	16 g/mol
G	: 피흡착제 입구 농도(THC)	49.41 ppm

2. 공탑속도와 체류시간 계산

○흡착 단면적 산정(A)

-배출가스량; 450m³/분

-공탑유속; 0.5m/sec이하

$$\begin{aligned}\text{-단면적(A)} &= \frac{Q}{v} \\ &= \frac{450\text{m}^3/\text{min}}{0.5\text{m}/\text{sec} \times 60\text{sec}/\text{min}} = 15.0\text{m}^2 \text{ 이상}\end{aligned}$$

$$\Rightarrow [985\text{W} \times 500\text{L} \times 100\text{t} \times 24\text{EA}] + [685\text{W} \times 500\text{L} \times 130\text{t} \times 9\text{EA}] + [950\text{W} \times 300\text{L} \times 150\text{t} \times 10\text{EA}] = 17.75 \text{ 로 설계}$$

○실제 공탑 속도(V')

$$\begin{aligned}\text{- (V')} &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{450\text{m}^3/\text{min} \times \text{min}/60\text{sec}}{17.75\text{m}^2} = \underline{\underline{0.42\text{m}/\text{sec}}}\end{aligned}$$

2. 공탐속도와 체류시간 계산

○충진층 높이

- 가스량 : $450\text{m}^3/\text{min}=7.5\text{m}^3/\text{sec}$
- 접촉시간 : 0.89sec 이상 1초 이상
- 체 적 : $7.5\text{m}^3/\text{sec} \times 0.89\text{sec} = 6.675\text{m}^3$
- 충진층높이 : $\frac{6.675\text{m}^3}{17.75\text{m}^2} = 0.376\text{m}$ (380T로 설계)
0.425m

○접촉시간(체류시간)

- 0.89sec 이상

체류시간 : 흡착에 필요한 최소 시간

: 실제 등온 흡착 실험 결과를 보면 1초보다 훨씬 긴 접촉 시간을 요구함

3. 활성탄 교체 주기 계산

- ◆ 활성탄 흡착탑 설계사양

: 도장 및 건조 작업 시 발생하는 탄화수소(THC) 흡착 제거

○ 흡착 단면적 산정(A)

▪ 배출가스량 : 380㎥/min

▪ 공탐유속 : 0.6m/s 이하

▪ 단면적(A) = Q/V

= 380㎥/min ÷ 0.6m/s ÷ 60sec/min

= 10.56㎡ 이상

※ 흡착단면 = [915W*500L*24EA] = 10.98㎡ >> 10.56㎡ 으로 설계

○ 실제 공탐 속도(V')

- (V') = Q / A

= 380㎥/min ÷ min/60sec ÷ 10.98㎡

= 0.576m/sec

○ 활성탄 흡착제 충전량 산정

- 활성탄량 = 흡착탑 단면적(A) * 충전고(H) * 활성탄밀도

= (0.915m * 0.5m * 0.06m * 24set * 500kg/㎥)

= 약 330 kg (329.4kg)

○ Activated Carbon 교환주기(T)

-> T =
$$\frac{(3.75 * 10^5) * S * W}{E * Q * M * G}$$

S : 오염물질에 대한 활성탄의 흡착율 0.3

W : 활성탄의 충전량 330kg

E : 흡착효율(60%) 0.6

Q : 처리풍량 (380㎥/min*(273/(273+20))) 354.06 S㎥/min

M : 피흡착제 분자량 16

G : 피흡착제 입구 농도(THC) 49.41 ppm

-> T =
$$\frac{(3.75 * 10^5) * 0.3 * 330}{0.6 * 354.06 * 16 * 49.41} = 221.04hr$$

= 73 일 < 1일 3시간 가동기준 >

∴ 활성탄은 일 3시간 가동기준으로 73일 주기로 전량 교환함

▪ 실제 교체 주기가 이보다 훨씬 짧은 것으로 판단됨

(1) 활성탄 교체 주기 계산

1) THC 발생 조건

◆ 배출예상오염물질의 농도 산출방법 및 근거

【신설 방지시설 이룬 배출오염물질 농도】

- 배출예상오염물질

i) 먼지

: 도장 작업 시 사용된 페인트의 고형분함량이 과잉분무량에 의하여 전량 먼지로 발생함.

ii) THC

: 도장 작업 시 사용되는 페인트 및 신나 성분 중 휘발성화합(용제:SOLVENT) 전량이 도장 공정에서 탄화수소로 발생

- 산출근거

① 표준상태가스량 : 419.28Sm³/분

② 배출시설 가동시간 : 1시간/일

③ 원료투입량

페인트 : 4L/일 (비중: 1.2kg/L)
신나 : 2L/일 (비중: 0.91kg/L)

[현재 원료사용량 참조]

④ 도료의 성상 :

도료명	물 질 명	휘발성	분자량	함량	고형분/ 휘발분	물질별 합계	평균 분자량
(도료) 유니탄 에보니 블랙Ⅱ	폴리머	×	—	20—40	69% (90/130)	—	—
	이산화티타늄	×	—	0—25			
	카본블랙	×	12.01	0—25			
비중 1.2	n-butyl acetate	○	116.16	15—25	31% (40/130)	—	
	Xylene	○	106.16	5—15			
(신나) 비중 0.91	톨루엔	○	92	71—80	100% (109/109)	—	
	에틸아세테이트	○	130	10—20			
	부틸셀룰로솔부	○	118	5—9			

도장시설에 의한 먼지 배출농도 산출

페인트 사용량 : 4L/일

페인트 비중 : 1.2kg/L

페인트 성분중 고형분 함량 : 69%

과잉분무율(Over Spray) : 50% (평표면일 때)

표준상태가스량 : 232.94Sm³/분

가동시간 : 1시간/일

$$\Rightarrow \text{먼지발생량} : 4\text{L/일} \times 0.69(69\%) \times 1.2\text{kg/L} \times 0.5(50\%) \times \text{일/1hr} \\ = 1.656\text{kg/hr}$$

※먼지(도료분진)발생농도(C)

$$C = \frac{1.656\text{kg/hr} \times \text{hr/60min} \times 10^6\text{mg/kg}}{419.28\text{m}^3/\text{분}} = \underline{\underline{65.83\text{mg/Sm}^3}}$$

2) 과잉 분무롤(Over Spray)?

(가) 피도물의 크기



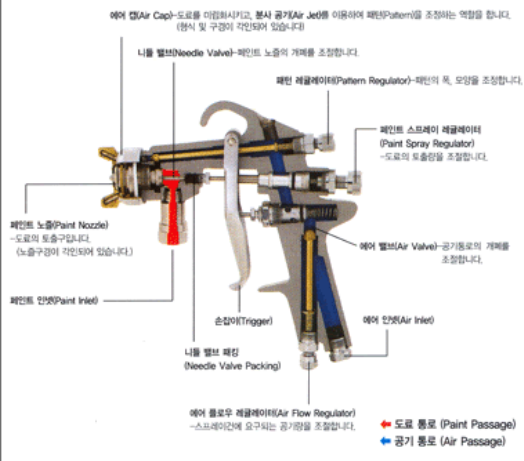
(나) Over Spray 발생량

Spray System	% Efficiency
Air	15-20
Airless	25-45
Air-assisted airless	35-65
Electrostatic air	55-75
Electrostatic air-assisted airless	65-85
HVLP (high volume low pressure)	65-80
LVLP (low volume low pressure)	65-80
Electrostatic discs and bells	80-90



스프레이건 구조와 기능

· 스프레이건은? 압축 공기를 이용하여 도료를 분사, 피도장물에 부착시키는 도장기기를 말합니다.



<표1-10> 분사방식 및 분무표면에 따른 과잉 분무 백분율

분 무 방 식	평 표 면	책상다리 표면	세장 표면
air atomization	50	85	90
airless	20 to 25	90	90
electrostatic	5		
disse	5	5 to 10	5 to 10
airless	20	30	30
air-atomized	25	35	35

3) 아래 예문은 대기오염 제어기준에 의거 표면도장시설에서의 유기용제에 의한 배출 농도를 예시했다.

특히 flash-off time의 증가에 따른 각종 유기용제의 부쓰내 휘발량에 유의
하기를 바란다.

(2) 활성탄 교체 주기 계산 사례

1) THC 발생 조건

◆ 배출예상오염물질의 농도 산출방법 및 근거

【신설 방지시설 이룬 배출오염물질 농도】

- 배출예상오염물질

i) 먼지

: 도장 작업 시 사용된 페인트의 고형분함량이 과잉분무량에 의하여 전량 먼지로 발생함.

ii) THC

: 도장 작업 시 사용되는 페인트 및 신나 성분 중 휘발성화합(용제:SOLVENT) 전량이 도장 공정에서 탄화수소로 발생

- 산출근거

① 표준상태가스량 : 419.28Sm³/분

② 배출시설 가동시간 : 1시간/일

③ 원료투입량

페인트 : 4L/일 (비중: 1.2kg/L)
신나 : 2L/일 (비중: 0.91kg/L)

[현재 원료사용량 참조]

④ 도료의 성상 :

도료명	물 질 명	휘발성	분자량	함량	고형분/ 휘발분	물질별 합계	평균 분자량
(도료) 유니탄 에보니 블랙Ⅱ	폴리머	×	—	20-40	69% (90/130)	—	—
	이산화티타늄	×	—	0-25			
	카본블랙	×	12.01	0-25			
비중 1.2	n-butyl acetate	○	116.16	15-25	31% (40/130)	—	
	Xylene	○	106.16	5-15			
(신나) 비중 0.91	톨루엔	○	92	71-80	100% (109/109)	—	
	에틸아세테이트	○	130	10-20			
	부틸셀룰로솔부	○	118	5-9			

도장시설에 의한 먼지 배출농도 산출

페인트 사용량 : 4L/일

페인트 비중 : 1.2kg/L

페인트 성분중 고형분 함량 : 69%

과잉분무율(Over Spray) : 50% (평표면일 때)

표준상태가스량 : 232.94Sm³/분

가동시간 : 1시간/일

$$\Rightarrow \text{먼지발생량} : 4\text{L/일} \times 0.69(69\%) \times 1.2\text{kg/L} \times 0.5(50\%) \times \text{일/1hr} \\ = 1.656\text{kg/hr}$$

※먼지(도료분진)발생농도(C)

$$C = \frac{1.656\text{kg/hr} \times \text{hr/60min} \times 10^6\text{mg/kg}}{419.28\text{m}^3/\text{분}} = \underline{\underline{65.83\text{mg/Sm}^3}}$$

2) THC 발생량 계산

(1) 과잉분무량과 flash off

페인트중 탄화수소 농도

$$E = (S \times M) + (S \times (1 - M) \times F)$$

$$= (1.488\text{kg/일} \times 0.5) + (1.488\text{kg/일} \times (1 - 0.5) \times 0.36) = 1.0118\text{kg/일}$$

$$= 1.0118\text{kg/일} \times 1\text{일/1hr} \times 1\text{hr/60min} \times 10^6\text{mg/kg} = \underline{16,864\text{mg/min}}$$

E : 도장시설에서의 VOC(유기용제) 발생량

S : 유기용제 분무량 (4L/일 \times 1.2kg/L = 4.8kg/일)

페인트 성분중 용제류 함량 : max 31%, 4.8kg/일 \times 0.31 = 1.488kg/일

M : 과잉분사량 (50%)

F : Flash-Off량 (36%)

피도물에서 증발된 유기용제

$$\text{단위환산} = \frac{\text{mg}}{\text{Sm}^3} \times \frac{22.4}{\text{분자량}} = \text{ppm}$$

$$= \frac{16,864\text{mg/min}}{419.28\text{Sm}^3/\text{min}} \times \frac{22.4\text{m}^3}{16\text{kg}} = 56.31\text{ppm} \quad (\text{메탄CH}_4(16\text{kg/몰}) \text{ 환산기준})$$

* 신나중 탄화수소 농도*

$$E = (S \times M) + (S \times (1 - M) \times F)$$

$$= (1.82\text{kg/일} \times 0.5) + (1.82\text{kg/일} \times (1 - 0.5) \times 0.36) = 1.2376\text{kg/일}$$

$$= 1.2376\text{kg/일} \times 1\text{일/1hr} \times 1\text{hr/60min} \times 10^6\text{mg/kg} = \underline{20,627\text{mg/min}}$$

E : 도장시설에서의 VOC(유기용제) 발생량

S : 유기용제 분무량 (2L/일 \times 0.91kg/L = 1.82kg/일)

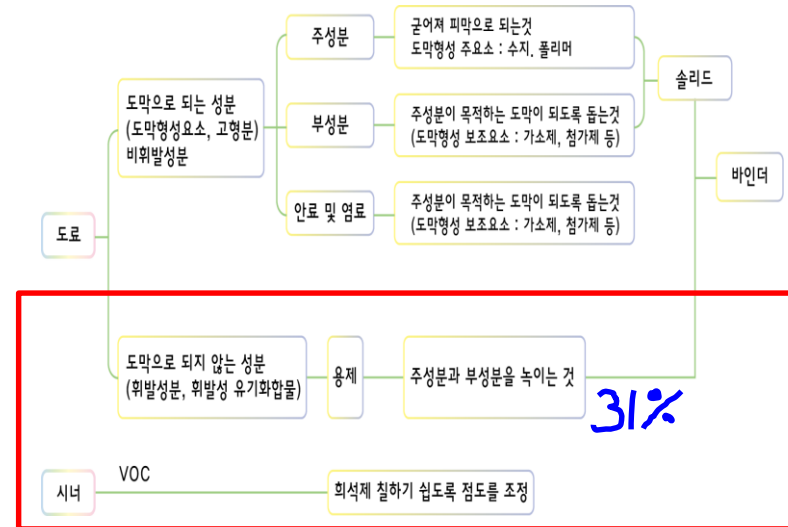
신나 성분중 용제류 함량 : 100%, 1.82kg/일

M : 과잉분사량 (50%)

F : Flash-Off량 (36%)

$$\text{단위환산} = \frac{\text{mg}}{\text{Sm}^3} \times \frac{22.4}{\text{분자량}} = \text{ppm}$$

$$= \frac{20,627\text{mg/min}}{419.28\text{Sm}^3/\text{min}} \times \frac{22.4}{16} = 68.87\text{ppm} \quad (\text{메탄CH}_4(16\text{kg/몰}) \text{ 환산기준})$$



※도장 작업시 THC 발생량※

$$\text{도료중 총탄화수소} + \text{신나중 총탄화수소} = 56.31\text{ppm} + 68.87\text{ppm} = \underline{125.18 \text{ ppm}}$$

(2) Flash off란? 대기환경 감리 표준화

3) 아래 예문은 대기오염 제어기준에 의거 표면도장시설에서의 유기용제에 의한 배출 농도를 예시했다.

특히 flash-off time의 증가에 따른 각종 유기용제의 부쓰내 휘발량에 유의 하기를 바란다.

(예1) 콘베어화된 air-atomized 전기 분무식 부쓰에서 일일 환원성 알키드에나멜 페인트를 15gallons(순수에나멜 4갤런 및 톨루엔(신너)10갤런)이 평판에 분사되며 2분간 도장 후 건조실로 이송된다.

알키드에나멜의 휘발분은 53%(중량비)

53%(체적비)

무 게 : 9.7lb/gal

희석안된 페인트의 유기용제는 xylene 58%(체적비)이며 포화지방족 탄화수소는 42%(체적비)이다

톨루엔 신너 : 7.2lb/gal일 때

(해) 1) 분사실 및 건조실에서의 유기용제 발생량 총 유기용제 분무량은

$$S=(G)(p_1)(V)+T(p_2)$$

S = 유기용제 분사량 lb/day

$$V : \text{휘발량} = \frac{\%(\text{휘발분중량비})}{100}$$

G : 희석전 페인트 분무량 : gal/day

p_1 : 희석전 페인트의 밀도 : lb/gal

T : 첨가신너량 gal/day

p_2 : 신너의 밀도 lb/day

$$S = (5)(9.7)(0.53)+(10)(7.2) = 25.6+72 = 97.6\text{lb/day}$$

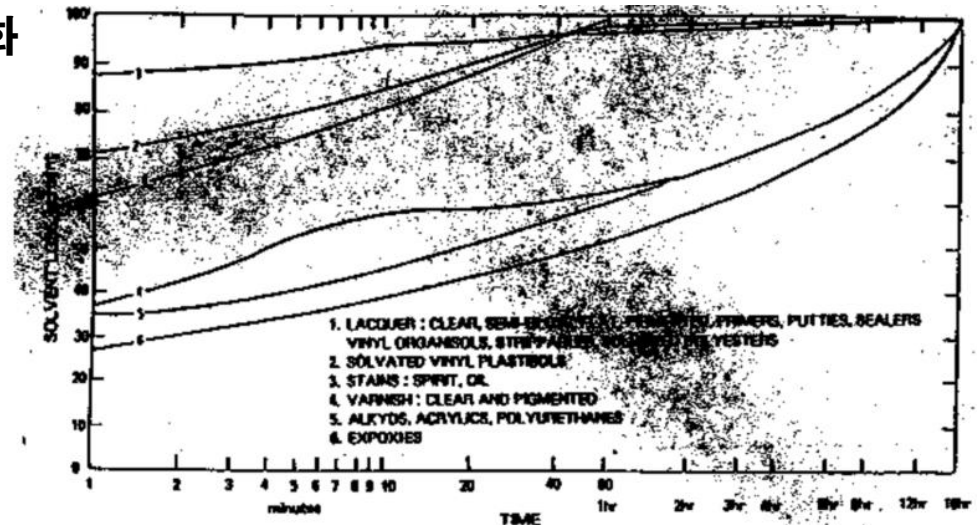
페인트 부쓰 및 flash off 지역에서의 유기용제 발생량은

$$E = (S)(M)+(S)(1-M)F \text{로 구할 수 있다.}$$

* 유기용제 분사량 lb/day

$$M = \text{과잉분사량} = \frac{\% \text{과잉분무}}{100}$$

$$F = \text{flash off} = \frac{\% \text{flash-off}}{100}$$



[그림1-10] flash-off 시간에 따른 유기용제 증발 곡선

<표1-10>에서 air atomized 전기 분무로 평면판 일때 과잉 분사율은 25%이며
[그림1-10] 에서 flash off 2분후의 유기용제 손실율은 36%이므로

$$E=(97.6)(0.25)+(97.6)(1-0.25)(0.36)=50.8\text{lb/day}$$

• && flash off가 위 그래프와 같다면 =
도장 공장 망함!!!

- 도장 후 12시간 자연건조?
- 속건성 페인트 개발
- Flash off가 90% 이상이어야 피도물 이동 가능함

- 다른 인허가 서류의 flash off 오류

1. 대기오염 방지시설 설계사양서 보완

1) 오염물질 산출 및 예상처리효율 산정보완

- 현재 페인트 사용량 기준으로 THC 이론적 산출 농도를 계산하여 제출

- 페인트 일 사용량 : 67ℓ/일

페인트 비중 : 1.11kg/ℓ

- 신너 일 사용량 : 26ℓ/일

신너 비중 : 0.75kg/ℓ

- 페인트 구성 성분 중 탄화수소(THC)농도 산정

- 페인트 사용량(G) : 67ℓ/일

- 페인트 비중(p1) : 1.11kg/ℓ

- 페인트 내 유기용제 함유량(V1) : 50%

- 탄화수소류 배출량 계산

$$\therefore \text{탄화수소류 사용량}(S) = G \times V1 \times p1 = 67 \times 0.5 \times 1.11 = 37.19\text{kg/일}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \text{탄화수소류 배출량}(E) &= S \times M + S(1 - M) \times F \\ &= 37.19 \times 0.5 + 37.19 \times (1-0.5) \times 0.36 \\ &= 25.289\text{kg/일} \end{aligned}$$

- S : 탄화수소류 사용량(kg/일)

- F : 도장시설에서의 휘발율(0.36)

- M : 과잉분무율 : 50%

$$\begin{aligned} \therefore \text{분당 배출량} &= 25.289\text{kg/일} \times 1\text{일}/7\text{시간} \times 1\text{시간}/60\text{min} \times 10^6\text{mg/kg} \\ &= 60,211.9\text{mg/min} \end{aligned}$$

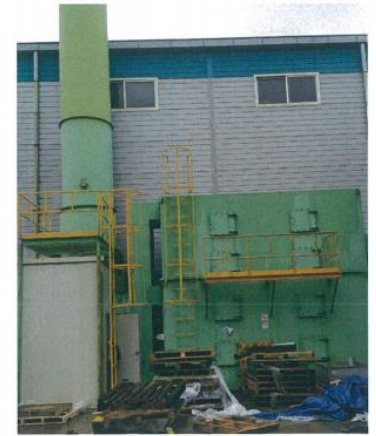
∴ 탄화수소류 배출농도 :

$$C = \frac{60,211.9\text{mg/min}}{1,282.55\text{m}^3/\text{min}} \times \frac{22.4}{16} = 65.72\text{ppm}$$

※ 페인트 구성성분 중의 THC 농도 = 65.72ppm



배출시설



방지시설



배출시설



방지시설

3) 신너의 주성분이 메탄?

* 신나중 탄화수소 농도*

$$E = (S \times M) + (S \times (1 - M) \times F)$$

$$= (1.82\text{kg/일} \times 0.5) + (1.82\text{kg/일} \times (1 - 0.5) \times 0.36) = 1.2376\text{kg/일}$$

$$= 1.2376\text{kg/일} \times 1\text{일/1hr} \times 1\text{hr/60min} \times 10^6\text{mg/kg} = \underline{20,627\text{mg/min}}$$

E : 도장시설에서의 VOC(유기용제) 발생량

S : 유기용제 분무량 (2L/일 \times 0.91kg/L = 1.82kg/일)

신나 성분중 용제류 함량 : 100%, 1.82kg/일

M : 과잉분사량 (50%)

F : Flash-Off량 (36%)

$$\text{단위환산} = \frac{\text{mg}}{\text{Sm}^3} \times \frac{22.4}{\text{분자량}} = \text{ppm}$$

$$= \frac{20,627\text{mg/min}}{419.28\text{Sm}^3/\text{min}} \times \frac{22.4}{16} = \underline{68.87\text{ppm}} \quad (\text{메탄CH}_4(16\text{kg/몰}) \text{ 환산기준})$$

3. 구성성분의 명칭 및 함유량

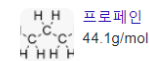
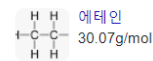
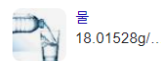
화학물질명	이 명	CAS 번호	함유량(%)
자일렌 ; 다이메틸벤젠	Xylene	1330-20-7	31~41
톨루엔	Toluene	108-88-3	22~32
탄산 다이메틸	Dimethyl carbonate	616-38-6	17~27
아세톤	Acetone	67-64-1	8~18
2-메톡시-1-메틸에틸 아세테이트 ; 1-메톡시-2-프로필 아세테이트	Propylene glycol methyl ether acetate	108-65-6	1~10
4-메틸-2-펜탄온 ; 2-메틸아이소뷰틸 케톤	4-Methyl-2-pentanone	108-10-1	1~10
2-뷰톡시에탄올 ; 에틸렌 글라이콜 모노뷰틸 에테르	2-Butoxyethanol	111-76-2	1~10

메테인 / 몰 질량

16.04g/mol

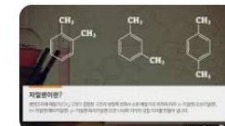


관련 검색어

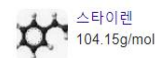
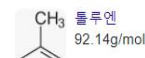


자일렌 / 몰 질량

106.16g/mol



관련 검색어



피드백

4) 활성탄 교체 주기 계산

○활성탄 흡착제 충전량 산정

$$\begin{aligned} \text{-활성탄량} &= \text{흡착탑단면적(A)} \times \text{충진고(H)} \times \text{활성탄밀도} \times 500\text{kg/m}^3 \\ &= [(0.985\text{m} \times 0.5\text{m} \times 0.1\text{m} \times 24\text{set}) + (0.685\text{m} \times 0.5\text{m} \times 0.13\text{m} \times 9\text{set}) + (0.95\text{m} \times 0.3\text{m} \times 0.15\text{m} \times 10\text{set})] \times 500\text{kg/m}^3 \\ &= \underline{\text{약 } 1005 \text{ kg}} \quad (1005.1\text{kg}) \end{aligned}$$

○Activated Carbon 교환 주기(T)

$$\rightarrow T = (3.75 \times 10^5) * \frac{S * W}{E * Q * M * G}$$

- S : 오염물질에 대한 활성탄의 흡착율(Retentivates, 0.3)
- W : 활성탄의 충전량(1005kg)
- E : 흡착 효율 (60%=0.6)
- Q : 처리 풍량 (450m³/분*(273/(273+20))=419.28Sm³/분)
- M : 피흡착제 분자량 (16) ~~106~~
- G : 피흡착제 입구 농도 (THC 125.18ppm) [이론 발생 농도]

$$= (3.75 \times 10^5) * \frac{0.3 * 1005}{0.6 * 419.28 * 16 * 125.18} = 224.39\text{hr}$$

$$= 224\text{일} < 1\text{일 } 1\text{시간 가동기준}>$$

∴ 활성탄은 일 1시간 가동기준으로 224일 주기로 전량 교환함.

5). 활성탄 교환 주기 (활성탄 재생시설을 가동하지 않았을 경우)

흡착에 의한 시설로서 처리되는 대기 오염 물질 중 악취발생 물질인 Toluene의 농도가 휘발성 유기화합 물질의 농도보다 높으므로 활성탄 교체주기를 악취 발생 농도로 산정한다.

활성탄 교체주기는 Pilot test를 통해 파괴 곡선을 작도하여 산정 하는 것이 원칙이나 아래 식에 의하여 활성탄의 교체주기를 산정한다.

$$T = \frac{3.74 \times 10^5 \times S \times W}{e \times M \times Q \times G}$$

Where, T : 재생시간 (Hr)

e : 흡착효율 (50%)

S : 활성탄 유효 흡착율 (0.7)

W : 활성탄 량 (250 kg)

M : 용질의 분자량 (92.13)

Q : 유입 가스량 (366.4Sm³/min)

G : 피흡착성분의 농도(14.2ppm)

$$T = \frac{3.74 \times 10^5 \times 0.7 \times 250}{0.5 \times 92.13 \times 366.4 \times 14.2} = 273.1$$

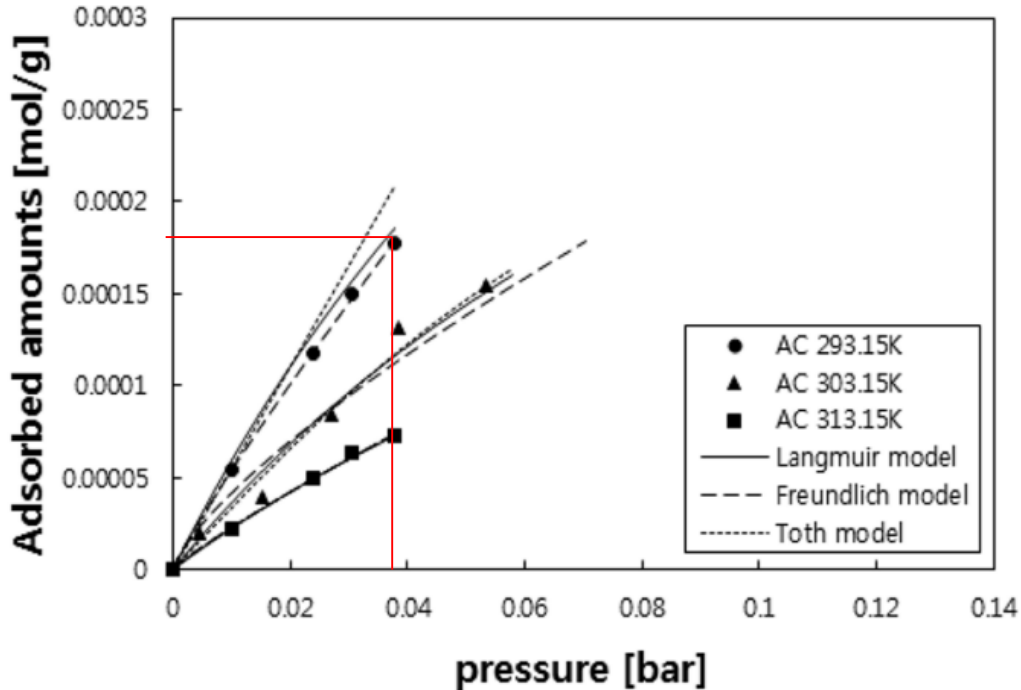
$$= 273.1 \text{ Hr} / (4 \text{ Hr/D}) = 68.3 \text{ 일} \quad \therefore 2.7 \text{ 개월}$$

활성탄과 제올라이트 13X에서 벤젠, 톨루엔 및 자일렌 증기의 흡착 및 확산 특성

정민영 · 서성섭*

홍익대학교 화학공학과
04066 서울특별시 마포구 와우산로 94
(2019년 2월 19일 접수, 2019년 3월 31일 수정본 접수, 2019년 4월 2일 채택)

Adsorption and Diffusion Characteristics of Benzene, Toluene, and Xylene Vapors on Activated Carbon and Zeolite 13X



(c)

Fig. 2. Equilibrium isotherms for BTX vapors on activated carbon with different temperatures. (a) benzene, (b) toluene, (c) xylene; (●: 298.15 K, ▲: 303.15 K, ■: 313.15 K)

○Activated Carbon 교환 주기(T)

$$\rightarrow T = (3.75 * 10^{-5}) * \frac{S * W}{E * Q * M * G}$$

- S : 오염물질에 대한 활성탄의 흡착율(Retentivates, 0.3)
- W : 활성탄의 총진량(1005kg)
- E : 흡착 효율 (60%=0.6)
- Q : 처리 풍량 (450m³/분*(273/(273+20))=419.28Sm³/분)
- M : 피흡착제 분자량 (16)
- G : 피흡착제 입구 농도 (THC 125.18ppm) [이론 발생 농도]

- 흡착율의 의미 : 활성탄 1kg에 흡착할 수 있는 용제의 양 kg
- 메탄 16g/mol, 자일렌 106g/mol
- 인허가 서류의 흡착률 0.3? 0.7?
- 옆에 논문을 보면 활성탄 1g에 흡착 가능한 최대 자일렌은 0.00018mol
- 자일렌 중량 = 0.00018mol*106g/mol=0.019g
- \$\$\$\$\$ 실제 활성탄에 대한 자일렌 흡착률은 0.3이 아닌 0.019임
- 즉, 현재 인허가 서류에 활성탄 흡착탑의 수명(교환주기)은 16배 정도 과대 평가됨

5) 재계산 해볼까요?

페인트중 탄화수소 농도

$$E = (S \times M) + (S \times (1 - M) \times F)$$

$$= (1.488\text{kg/일} \times 0.5) + (1.488\text{kg/일} \times (1 - 0.5) \times 0.36) = 1.0118\text{kg/일}$$

$$= \frac{1.488\text{ kg/일}}{1.0118\text{ kg/일}} \times 1\text{일/1hr} \times 1\text{hr/60min} \times 10^6\text{mg/kg} = 16,864\text{mg/min}$$

1.488 kg/일

24,800 mg/min

E : 도장시설에서의 VOC(유기용제) 발생량

S : 유기용제 분무량 (4L/일 \times 1.2kg/L = 4.8kg/일)

페인트 성분중 용제류 함량 : max 31%, 4.8kg/일 \times 0.31= 1.488kg/일

M : 과잉분사량 (50%)

F : Flash-Off량 (36%)

$$\text{단위환산} = \frac{\text{mg}}{\text{Sm}^3} \times \frac{22.4}{\text{분자량}} = \text{ppm}$$

$$= \frac{24,800\text{ mg/min}}{16,864\text{ mg/min}} \times \frac{22.4\text{m}^3}{16\text{kg}} = 56.31\text{ppm}$$

(메탄CH₄(16kg/몰) 환산기준)
자일렌 기준

12.5 ppm

주제와 신너는 도장부스에서
100% 배출됨

* 신나중 탄화수소 농도*

$$E = (S \times M) + (S \times (1 - M) \times F)$$

$$= (1.82\text{kg/일} \times 0.5) + (1.82\text{kg/일} \times (1 - 0.5) \times 0.36) = 1.2376\text{kg/일}$$

$$= \frac{1.82\text{ kg/일}}{1.2376\text{ kg/일}} \times 1\text{일/1hr} \times 1\text{hr/60min} \times 10^6\text{mg/kg} = 20,627\text{mg/min}$$

1.82 kg/일

30,333 mg/min

E : 도장시설에서의 VOC(유기용제) 발생량

S : 유기용제 분무량 (2L/일 \times 0.91kg/L = 1.82kg/일)

신나 성분중 용제류 함량 : 100%, 1.82kg/일

M : 과잉분사량 (50%)

F : Flash-Off량 (36%)

$$\text{단위환산} = \frac{\text{mg}}{\text{Sm}^3} \times \frac{22.4}{\text{분자량}} = \text{ppm}$$

$$= \frac{30,333\text{ mg/min}}{20,627\text{ mg/min}} \times \frac{22.4\text{m}^3}{16\text{kg}} = 68.87\text{ppm}$$

(메탄CH₄(16kg/몰) 환산기준)
15.2 ppm

※도장 작업시 THC 발생량※

$$\text{도료중 총탄화수소} + \text{신나중 총탄화수소} = \frac{12.5\text{ ppm}}{56.31\text{ ppm}} + \frac{15.2\text{ ppm}}{68.87\text{ ppm}} = \frac{27.7\text{ ppm}}{125.18\text{ ppm}}$$

5) 재계산 해볼까요?

○활성탄 흡착제 충전량 산정

$$\begin{aligned} \text{-활성탄량} &= \text{흡착탑단면적(A)} \times \text{충진고(H)} \times \text{활성탄밀도} \times 500\text{kg/m}^3 \\ &= [(0.985\text{m} \times 0.5\text{m} \times 0.1\text{m} \times 24\text{set}) + (0.685\text{m} \times 0.5\text{m} \times 0.13\text{m} \times 9\text{set}) + (0.95\text{m} \times 0.3\text{m} \times 0.15\text{m} \times 10\text{set})] \times 500\text{kg/m}^3 \\ &= \underline{\text{약 } 1005 \text{ kg}} \quad (1005.1\text{kg}) \end{aligned}$$

○Activated Carbon 교환 주기(T)

$$\rightarrow T = (3.75 \times 10^5) \times \frac{S \times W}{E \times Q \times M \times G}$$

-S : 오염물질에 대한 활성탄의 흡착율(Retentivities, 0.3)

-W : 활성탄의 충전량(1005kg)

-E : 흡착 효율 (60%=0.6)

-Q : 처리 풍량 (450m³/분*(273/(273+20))=419.28Sm³/분)

-M : 피흡착제 분자량 (16) ~~106~~

-G : 피흡착제 입구 농도 (THC ~~125.18~~ppm) [이론 발생 농도]
27.7 ppm

$$= (3.75 \times 10^5) \times \frac{0.3 \times 1005}{0.6 \times 419.28 \times 16 \times 125.18} = 224.39\text{hr}$$

= 224일 <1일 1시간 가동기준>

$$\frac{3.75 \times 10^5 \times 0.3 \times 1005}{0.6 \times 419.2 \times 106 \times 27.7} = 153\text{hr}$$

∴ 활성탄은 일 1시간 가동기준으로 224일 주기로 전량 교환함.

- 활성탄 흡착탑의 현실
- 대기오염방지시설 설계실무편람에 있는 내용과 의미를 정확하게 이해해야 정확한 설계가 가능합니다.